УЧРЕЖДЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ЛИМНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РАН LIMNOLOGICAL INSTITUTE OF THE SIBERIAN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

ПЯТАЯ ВЕРЕЩАГИНСКАЯ БАЙКАЛЬСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ THE FIFTH VERESHCHAGIN BAIKAL CONFERENCE

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ ШКОЛА ДЛЯ МОЛОДЕЖИ «ЭКОЛОГИЯ КРУПНЫХ ВОДОЕМОВ И ИХ БАССЕЙНОВ» INTERNATIONAL SCIENTIFIC SCHOOL FOR YOUNG RESEARCHERS «ECOLOGY OF WATER BODIES AND THEIR BASINS»

16-й ОБЪЕДИНЕННЫЙ СЕМИНАР ПО ПРОБЛЕМАМ ИЗУЧЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОСАЖДЕНИЙ ИЗ АТМОСФЕРЫ НЕ 16-th JOINT SEMINAR ON REGIONAL DEPOSITION PROCESSES IN THE ATMOSPHERE

> – 9 октября, 2010 – 9 October, 2010

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ И СТЕНДОВЫХ СООБЩЕНИЙ ABSTRACTS

> ИРКУТСК, 2010 IRKUTSK, 2010

УЧРЕЖДЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ЛИМНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РАН

LIMNOLOGICAL INSTITUTE OF THE SIBERIAN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

ПЯТАЯ ВЕРЕЩАГИНСКАЯ БАЙКАЛЬСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ THE FIFTH VERESHCHAGIN BAIKAL CONFERENCE

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ ШКОЛА ДЛЯ МОЛОДЕЖИ «ЭКОЛОГИЯ КРУПНЫХ ВОДОЕМОВ И ИХ БАССЕЙНОВ» INTERNATIONAL SCIENTIFIC SCHOOL FOR YOUNG RESEARCHERS «ECOLOGY OF WATER BODIES AND THEIR BASINS»

16 ОБЪЕДИНЕННЫЙ СЕМИНАР ПО ПРОБЛЕМАМ ИЗУЧЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОСАЖДЕНИЙ ИЗ АТМОСФЕРЫ THE 16-th JOINT SEMINAR ON REGIONAL DEPOSITION PROCESSES IN THE ATMOSPHERE

> 4 – 9 октября, 2010 4 – 9 October, 2010

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ И СТЕНДОВЫХ СООБЩЕНИЙ ABSTRACTS

> ИРКУТСК, 2010 IRKUTSK, 2010

ПЯТАЯ ВЕРЕЩАГИНСКАЯ БАЙКАЛЬСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ, МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ ШКОЛА ДЛЯ МОЛОДЕЖИ «ЭКОЛОГИЯ КРУПНЫХ ВОДОЕМОВ И ИХ БАССЕЙНОВ», 16 ОБЪЕДИНЕННЫЙ СЕМИНАР ПО ПРОБЛЕМАМ ИЗУЧЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОСАЖДЕНИЙ ИЗ АТМОСФЕРЫ: Тезисы докладов и стендовых сообщений (Иркутск 4-9 октября 2010 г.). – Иркутск: Издательство ОАО «Иркутская областная типография №1», 2010, 300с.

Верещагинская Байкальская конференция является традиционной и проходит раз в пять лет. Она названа в честь Г.Ю. Верещагина, одного из крупнейших лимнологов мира, пионера лимнологических исследований в России, основателя первой Байкальской лимнологической станции АН СССР, преобразованной позднее в Лимнологический институт СО РАН (ЛИН СО РАН). Начиная с 1989 г. на базе Лимнологического института СО РАН собираются специалисты разного профиля, занимающиеся исследованием озера Байкал и других озер мира.

В рамках Пятой Верещагинской Байкальской конференции пройдет 16-ый Объединенный семинар по проблемам изучения региональных осаждений из атмосферы. Главной целью RDPA является обеспечение международного форума для долговременного обмена информацией о техническом и научном вкладе в решение и оценку насущных экологических проблем, и сотрудничество соседних стран, направленное на эффективное решение этих проблем.

В программе конференции будут представлены лекции ведущих ученых в рамках Международной научной школы для молодежи «Экология крупных водоемов и их бассейнов», проводимой для молодых ученых, аспирантов и студентов. Целью Школы является развитие и совершенствование системы подготовки специалистов высшей квалификации в области наук о Земле, биологии, генетики, биохимии, экологии и рационального природопользования, привлечение молодежи к участию в научных междисциплинарных исследованиях в области экологии крупных водоемов и их бассейнов, развитие сотрудничества с российскими и зарубежными научными центрами и университетами.

В сборнике конференции представлены материалы по следующим направлениям: Проблемы видообразования в древних замкнутых экосистемах: молекулярные и классические подходы и модели; Эволюция генов, геномика, метагеномный анализ биологических сообществ; Круговорот и механизмы ассимиляции кремния в водных экосистемах и разнообразие диатомовых водорослей; Микроорганизмы: распространение и симбиотические взаимоотношения в водных экосистемах; Перенос природных и антропогенных веществ в атмосфере и на границе раздела вода-воздух; Гидрофизика и гидрохимия в глубоких водоемах, биогеохимия бентосных сообществ; Озерные, морские и ледовые высокоразрешающие летописи палеоклиматов.

THE FIFTH VERESHCHAGIN BAIKAL CONFERENCE, INTERNATIONAL SCIENTIFIC SCHOOL FOR YOUNG RESEARCHERS «ECOLOGY OF WATER BODIES AND THEIR BASINS», THE 16-th JOINT SEMINAR ON REGIONAL DEPOSITION PROCESSES IN THE ATMOSPHERE: Abstracts (Irkutsk, 4-9 October 2010). – Irkutsk. – 300p.

The Vereshchagin Baikal Conference is traditional and held every 5 years. It was named in honour of G.Yu. Vereshchagin, one of the prominent limnologists, a pioneer of limnological investigations in Russia and a founder of the first Baikal Limnological Station of the Russian Academy of Sciences reorganized later into Limnological Institute of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (LIN SB RAS). Beginning from 1989, specialists of different disciplines who study Lake Baikal and other lakes of the world, come to participate in the Conference held by Limnological Institute.

The 16th Joint Seminar on Regional Deposition processes in the Atmosphere will be held within the framework of the V Vereshchagin Baikal Conference. The major goal of RDPA is to provide an international forum for continued exchange of information related to technical and scientific advances in coping and assessing the vital environmental issues and to cooperate among neighboring countries for effectively resolving these issues.

It is planned to organize International Scientific School on "Ecology of Large Water Bodies and Their Basins" for young students, postgraduates and researchers with the participation of leading scientists. In the framework of Vereshchagin conference will be organized International scientific school for young people «Ecology of large basins and its drainage area». The goal of school is development and perfection of study system of the highest qualification specialists in the field of Earth science, biology, genetics, biochemistry, ecology and nature management; bringing in young people for interdisciplinary researches in field of the ecology of large basins and its drainage area; developing collaboration between Russian and foreign scientific centers and universities.

The abstracts of the Conference comprises materials on the following aspects: Speciation problems in ancient closed systems: molecular and classical approaches and models; Evolution of genes, genomics, meta-genome analysis of biological communities; Cycle and mechanisms of silicon assimilation in aquatic ecosystems and diatom diversity; Microorganisms: distribution and symbiotic relations in aquatic ecosystems; Transport of natural and anthropogenic substances in atmosphere and on the interface water-air; Hydrophysics and hydrochemistry of deep water bodies; biogeochemistry of benthic communities; Lacustrine, marine and glacial high-resolution records of paleoclimates.

ISBN 978-5-7971-0151-2

© ЛИН СО РАН, 2010 Коллектив авторов, 2010 Печатается в авторской редакции



УЧРЕЖДЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ЛИМНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Конференция проводится при финансовой поддержке:



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Министерства образования и науки РФ, ГК № 02.741.11.2199



Российского Фонда фундаментальных исследований, грант № 10-05-06099-г

Научный комитет конференции:

М.А. Грачев – Председатель, Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия Н.Л. Добрецов – Ин-т геологии и минералогии им. В.С.Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия М.И. Кузьмин – Институт геохимии СО РАН им. А.П. Виноградова, Иркутск, Россия Р.И. Нигматулин – Институт океанологии РАН им. П.П. Ширшова, Москва, Россия А.П. Лисицын – Институт океанологии РАН им. П.П. Ширшова, Москва, Россия Д.С. Павлов – Институт проблем экологии и эволюции РАН им. А.Н.Северцева, Москва, Россия Н.Н. Филатов – Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия А.К. Тулохонов – Байкальский институт природопользования СО РАН, Улан-Удэ, Россия М.В. Панченко – Институт оптики атмосферы СО РАН, Томск, Россия В.А. Фиалков – Байкальский музей ИНЦ СО РАН, пос. Листвянка, Россия **Л.С. Бузолева** – Дальневосточный государственный университет, Владивосток, Россия Х. Акимото – Центр по исследованию кислотных выпадений, Япония Т.-С. Ан – Кангвонский национальный университет, Чунчеон, Южная Корея **Д. Вильямс** – Отдел Ботаники Музея естественной истории, Лондон, Великобритания Я.Х. Йим – Полярный биоцентр Корейского полярного исслед. института, Юж.Корея С.-У. Парк – Сеульский национальный университет, Сеул, Южная Корея

<u>Рабочий комитет конференции:</u>

Т.В. Ходжер – председатель С.И. Беликов Т.И. Земская Е.В. Лихошвай О.А. Тимошкин А.П. Федотов Д.Ю. Щербаков М.Н. Шимараев И.Б. Мизандронцев В.В. Дрюккер Е.П. Чебыкин Н.Г. Гранин С.В. Кирильчик

Технический комитет конференции

Д.Г. Бабанин Г. И. Нагорная Е.С. Троицкая Т.А. Ходжер А.Н. Гурулев О.В. Коцарь Ю.В. Каплюкова Е.М. Тимошкина И.А. Липко Ю.С. Букин



LIMNOLOGICAL INSTITUTE OF THE SIBERIAN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

The conference is sponsored by:



MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE RUSSIAN FEDERATION Ministry of Education and Science of the Russian Federation, SC № 02.741.11.2199



Russian Foundation for Basic Research, grant № 10-05-06099-г

Steering Committee:

M.A. Grachev - Chairman, Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia N.L. Dobretsov – Sobolev's Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia M.I. Kuzmin - Vinogradov's Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia R.I. Nigmatulin - Shirshov's Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia AI.P. Lisitsyn - Shirshov's Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia D.S. Pavlov - Severtsev's Institute of Ecology and Evolution RAS, Moscow, Russia N.N. Filatov - Institute of Northern Water Problems RAS, Petrozavodsk, Russia A.K. Tulokhonov – Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, Russia M.V. Panchenko - Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia L.S. Buzoleva – Far-Eastern Federal University, Vladivostok, Russia V.A. Fialkov – Baikal Museum SB RAS, Irkutsk, Russia H. Akimoto - Director General ADORC, Japan T.-S. Ahn - Kangwon National University, Chuncheon, South Korea D. Williams - Botany Department, Natural History Museum, London, UK Y.H. Yim - Korean Polar Research Institute, South Korea S.-U. Park - Seoul National University, Seoul, South Korea

Local Steering Committee:

T.V. Khodzher – Chairman S.I. Belikov T.I. Zemskaya E.V. Likhoshway O.A. Timoshkin A.P. Fedotov D.Yu. Sherbakov M.N. Shimaraev I.B. Mizandronstev V.V. Drucker E.P. Chebykin N.G. Granin S.V. Kirilchik

Local Organizing Committee:

D.G. Babanin G.I. Nagornaya E.S. Troitskaya T.A. Khodzher. A.Y. Gurulev O.V. Kotsar Yu.V. Kaplyukova E.M. Timoshkina I.A. Lipko Yu.S. Bukin

Averina E.S., Radnaeva L.D., Grahl-Nielsen O. MODERN STATISTICAL METHODS OF THE ANALYSIS FOR RESEARCH OF TROPHIC RELATIONS IN LAKE BAIKAL Аверина Е.С., Раднаева Л.Д., Грахл-Нилсен О. ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ	18
АНАЛИЗА В ИССЛЕДОВАНИИ ТРОФИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ ОЗЕРА БАЙКАЛ	19
Barkhatov Y.V., Khromechek E.B., Rogozin D.Y. DISTRIBUTION OF PHYTOFLAGELLATES AND CILIATES IN THE CHEMOCLINE REGION OF THE SALINE MEROMICTIC LAKE SHUNET	20
Boiko S.I., Rozhkova N. A., Kulikova N.N., Saibatalova E.V., Paradina L.F., Smirnova E.V., Timoshkin O.A., Khanaev I.V., Suturin A.N. CHEMICAL ELEMENT COMPOSITION OF TRICHOPTERANS BAICALINA BELLICOSA MART. DOMINATING IN THE LITTORAL ZONE OF SOUTHERN BAIKAL	21
Ханаев И.В., Сутурин А.Н. ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ РУЧЕЙНИКОВ <i>BAICALINA BELLICOSA</i> МАRT., ДОМИНИРУЮЩИХ В ЛИТОРАЛИ ЮЖНОГО БАЙКАЛА	22
Сhernyaev G.A. INFLUENCE OF NICTIMERAL MIGRATIONS OF GOLOMYANKAS (COMEPHORIDAE) ON THE BIOLOGICAL PRODUCTION OF PELAGIC ECOSYSTEM OF BAIKAL LAKE	
Glyzina O.Yu., Glyzin A.V., Lubochko S.A. ROLE OF EXPERIMENTAL AQUARIUMS IN STUDIES OF BAIKAL HYDROBIONTS	
Глызина О.Ю., Глызин А.В. , Любочко С.А. РОЛЬ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ АКВАРИУМНЫХ УСТАНОВОК В ИЗУЧЕНИИ БАЙКАЛЬСКИХ ГИДРОБИОНТОВ	
Itskovich V.B., Belikov S.I., Kaluzhnaya O.V. STUDY OF THE BIODIVERSITY OF DEEP-WATER SPONGES OF LAKE BAIKAL BY MOLECULAR METHODS	25
Klimenkov I.V., Pastukhov M.V., Kositsyn N.S. ULTRASTRUCTURAL SPECIFIC CHARACTERISTICS OF OLFACTORY RECEPTOR NEURONS IN DEEPWATER FISHES FROM LAKE BAIKAL	25
Клименков И.В., Пастухов М.В., Косицын Н.С. УЛЬТРАСТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОБОНЯТЕЛЬНЫХ РЕЦЕПТОРНЫХ НЕЙРОНОВ ГЛУБОКОВОДНЫХ РЫБ ОЗЕРА БАЙКАЛ	26
Klishko O.K. ORIGINATION AND SPECIATION BY DISTANCE OF MOLLUSKS (BIVALVIA, UNIONIDAE) IN THE LAKES-REFUGE OF TRANSBAIKALIA	27
Клишко О.К. ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ВИДООБРАЗОВАНИЕ МОЛЛЮСКОВ (BIVALVIA, UNIONIDAE) В ВОДОЕМАХ-РЕФУГИУМАХ ЗАБАЙКАЛЬЯ	28
Klishko O.K., Berdnikov N.V. BIOLOGICAL DIAGNOSTICS AND ESTIMATION OF ECOLOGICAL CONDITION OF BOTTOM INVERTEBRATES	29
СОСТОЯНИЯ ДОННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ	
Мамкаев Ю.В. БАЙКАЛЬСКИЙ ПОЛИГОН ВИДООБРАЗОВАНИЯ И ПОБЛЕМЫ ЭВОЛЮЦИОННОЙ ТЕОРИИ	
Mamontov A.M., Sorokovikov A.V., Mamontov A.A., Yakhnenko M.S., Kotov A.N.baikal GOLOMYANKAS (COMEPHORIDAE): AGE AND SIZE STRUCTURE AND DISTRIBUTION	33
Мамонтов А.М., Сороковиков А.В., Мамонтов А.А., Яхненко М.С., Котов А.Н. ГОЛОМЯНКИ (СОМЕРНОВИАЕ) БАЙКАЛА: РАЗМЕРНО-ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА И ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ	34
Naumova T.V., Gagarin V.G. NEMATODE FAUNA OF THE LAKE BAIKAL - STATE-OF-THE ART AND PROSPECTS IN RESEARCH	34
Наумова Т.В., Гагарин В.Г. ФАУНА НЕМАТОД ОЗЕРА БАЙКАЛ – СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ НОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	35
Nikonova A.A., Dzyuba Ye.V., Gorshkov A.G. PRESENT-DAY LEVELS OF ACCUMULATION OF PCBS IN BAIKAL OMUL AND BAIKAL SEAL	36
Никонова А.А., Дзюба Е.В., Горшков А.Г. СОВРЕМЕННЫЕ УРОВНИ НАКОПЛЕНИЯ ПХБ В БАЙКАЛЬСКОМ ОМУЛЕ И БАЙКАЛЬСКОЙ НЕРПЕ	36
Nikonova A.A., Smolin I.N, Dzyuba Ye.V., Gorshkov A.G. RESENT-DAY LEVELS OF PCB ACCUMULATION IN BAIKAL OMUL DURING FEEDING AND SPAWNING PERIODS	37
Никонова А.А., Смолин И.Н., Горшков А.Г., Дзюба Е.В. СОВРЕМЕННЫЕ УРОВНИ НАКОПЛЕНИЯ ПХБ В БАЙКАЛЬСКОМ ОМУЛЕ В НАГУЛЬНЫЙ И НЕРЕСТОВЫЙ ПЕРИОДЫ	
Paradina L.F., Natyaganova A.V., Kamaltynov R.M., Chuparina Ye.V., Sokol'nikova Yu.V. THE COMPARISON OF ELEMENTAL COMPOSITION OF TWO AMPHIPODS SPECIES OF BAIKALIAN ORIGIN FROM DIFFERENT AREAL SITES	39
Парадина Л.Ф., Натяганова А.В., Камалтынов Р.М., Чупарина Е.В., Сокольникова Ю.В. СРАВНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ДВУХ ВИДОВ АМФИПОД БАЙКАЛЬСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ИЗ РАЗНЫХ РАЙОНОВ АРЕАЛА	
Paradina L.F., Nikulina I.G., Pavlova L.A., Chuparina Ye.V., Semiturkina N.A., Suturin A.N. THE PECULIARITIES OF CHEMICAL ELEMENTS DISTRIBUTION IN BAIKAL SPONGE <i>LUBOMIRSKIA BAICALENSIS</i>	40
Парадина Л.Ф., Никулина И.Г., Павлова Л.А., Чупарина Е.В., Семитуркина Н.А., Сокольникова Ю.В., Н.Н. Пахомова, Сутурин А.Н. ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В БАЙКАЛЬСКОЙ ГУБКЕ LUBOMIRSKIA BAICALENSIS	41

Politov D.V., Baldina S.N., Gordon N.Yu. MODES OF SPECIATION IN PALEARCTIC COREGONIDS Политов Д.В., Балдина С.Н., Гордон Н.Ю. МЕХАНИЗМЫ ВИДООБРАЗОВАНИЯ У СИГОВЫХ РЫБ ПАЛЕАРКТИКИ	
Proviz V.I. SPECIATION OF ENDEMIC CHIRONOMIDS OF THE GENUS SERGENTIA KIEFF. (DIPTERA, CHIRONOMIDAE) FROM LAKE BAIKAL	
Protopopova M.V., Pavlichenko V.V., Axenov-Gribanov D.V., Shahtanova N.S. & Timofeyev M.A. INCREASE OF LACTATE CONTENT IN ENDEMIC BAIKAL AMPHIPODS BY HIGH TEMPERATURE AND CADMIUM CHLORIDE	
Rusinek O.T. COMPARATIVE ZOOGEOGRAPHICAL ANALYSIS OF THE KHOVSGOL FISH PARASITES AND BAIKAL FISH PARASITES	
БАЙКАЛА Rusinek O.T., Ufimtsev G.F., Fialkov V.A. "THE BAIKAL GO" (SCIENTIFIC SURVEY ON LAKE BAIKAL) AS REFLECTION OF INTERDISCIPLINARY APPROACH TO STUDIES OF NATURAL OBJECTS Русинек О.Т., Уфимцев Г.Ф., Фиалков В.А. «БАЙКАЛЬСКИЙ ХОД» (НАУЧНАЯ ЭКСКУРСИЯ ПО БАЙКАЛУ)	46
КАК ОТРАЖЕНИЕ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО ПОДХОДА В ИЗУЧЕНИИ ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ Smirnov V.V., Smirnova-Zalumi N.S., Sukhanova L.V. G.Yu. Vereshchagin's views on speciation in baikal Смирнов В.В., Смирнова-Залуми Н.С., Суханова Л.В. Г.Ю. ВЕРЕЩАГИН И ПРОБЛЕМА ВИДООБРАЗОВАНИЯ В	
БАЙКАЛЕ Smirnova-Zalumi N.S., Sukhanova L.V., Tolstikova L.I., Smirnov V.V. DYNAMICAL ASPECT OF INTRASPECIFIC	
РОLYMORPHISM OF BAIKAL OMUL <i>COREGONUS AUTUMNALIS MIGRATORIUS</i> (GEORGI) Смирнова-Залуми Н.С., Суханова Л.В., Толстикова Л.И., Смирнов В.В. ДИНАМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ВНУТРИВИДОВОГО ПОЛИМОРФИЗМА БАЙКАЛЬСКОГО ОМУЛЯ <i>COREGONUS AUTUMNALIS MIGRATORIUS</i> (GEORGI)	
Shatilina Zh.M., Gubanov M.V., Zadereev E.S., Bedulina D.S., Protopopova M.V., Axenov-Gribanov D.V., Sapozhnikova E.A. and Timofeyev M.A. VARIATION OF BIOCHEMICAL MECHANISMS IN <i>GAMMARUS LACUSTRIS</i> SARS FROM CONTRAST ENVIRONMENTS POPULATIONS	49
Теterina V.I., Mamontov A.M., Kirilchik S.V. INTRASPECIFIC STRUCTURE OF BAIKAL OILFISH SPECIES REVEALED BY MOLECULAR-GENETIC AND BIOLOGICAL ANALYSIS	
Tikhonova Ye.N., Kupchinsky A.B. COMPARATIVE CHARACTERISTICS AND INTRASPECIFIC VARIABILITY OF <i>GAMMARUS LACUSTRIS</i> Sars, 1863 FROM PRE-BAIKALIAN WATER BODIES Тихонова Е.Н., Купчинский А.Б. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ВНУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ <i>GAMMARUS LACUSTRIS</i> SARS, 1863 ПРИБАЙКАЛЬСКИХ ВОДОЁМОВ	
Timofeyev M.A., Bedulina D.S., Protopopova M.V., Pavlichenko V.V., Axenov-Gribanov D.V., Shatilina Z.M. CELLULAR MECHANISMS OF THERMAL STRESS DEFENSE IN TWO AMPHIPOD SPECIES WITH DIFFERENT THERMOTOLERANT ABILITY	52
Tsegmid B., Nergui S. DIVERSITY OF BLUE-GREEN ALGAE IN MONGOLIA	52
Tyagun M.L. GLOBAL CLIMATE CHANGES AND PRODUCTIVITY OF BAIKAL OMUL (<i>COREGONUS</i> <i>MIGRATORIUS</i> GEORGI)	53
Тягун М.Л. ГЛОБАЛЬНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И ПРОДУКЦИОННЫЕ КАЧЕСТВА БАЙКАЛЬСКОГО ОМУЛЯ (<i>COREGONUS MIGRATORIUS</i> GEORGI)	54
RELATED BAIKAL FISH TAXA AS REVEALED BY FRACTAL ANALYSIS Тягун М.Л., Головко А.А. СТРУКТУРНЫЕ РАЗЛИЧИЯ МИКРОРЕЛЬЕФА ОТОЛИТА БЛИЗКИХ И ДАЛЬНЕРОДСТВЕННЫХ БАЙКАЛЬСКИХ ИХТИОТАКСОНОВ МЕТОДОМ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА	
Уакhnenko V.M. ULTRASTRUCTURAL FEATURES OF SOME BAIKAL FISH IMMUNOCYTES	57
Zaidykov I.Yu., Maior T.Yu., Naumova E.Yu., Sukhanova L.V., Kirilchik S.V. APPROBATION OF GENETIC AND MORPHOLOGICAL METHODS FOR POPULATION STUDIES OF <i>EPISCHURA BAICALENSIS</i> (COPEPODA, CALANOIDA)	50
САLANOIDA) Зайдыков И.Ю., Майор Т.Ю., Наумова Е.Ю., Суханова Л.В., Кирильчик С.В. АПРОБАЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ И МОРФОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ПОПУЛЯЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ <i>EPISCHURA BAICALENSIS</i> (СОРЕРОДА, CALANOIDA)	
Zarei-Darki B.ALGOLOGICAL DIVERSITY OF THE HYPERSALINE ORUMIEH LAKE (IRAN)	60
2. EVOLUTION OF GENES, GENOMICS, META-GENOME ANALYSIS OF BIOLOGICAL COMMUNITIES. ЭВОЛЮЦИЯ ГЕНОВ, ГЕНОМИКА, МЕТАГЕНОМНЫЙ АНАЛИЗ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ	60
Annenkova N.V., Belykh O.I., Belikov S.I. DINOFLAGELLATE GENETIC DIVERSITY DURING SPRING ICE-	60

Baldina S.N., Gordon N.Yu., Isaeva O.A., Politov D.V. GENETIC RELATIONSHIPS OF WHITEFISH <i>COREGONUS</i> SPP. OF THE OB' RIVER AND YENISEI RIVER BASINS
Балдина С. Н., Гордон Н. Ю., Исаева, О.А. , Политов Д. В. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ СВЯЗИ СИГОВ <i>COREGONUS</i> (TELEOSTEI, SALMONIFORMES, COREGONIDAE) БАССЕЙНОВ ОБИ И ЕНИСЕЯ
Bychenko O.S., Azhikina T.L., Belomestnikch T.V., Sukhanova L.V.BAIKAL WHITEFISHES (COREGONIDAE) AS AN OBJECT OF ECOLOGICAL GENOMICS
Быченко О.С., Ажикина Т.Л., Беломестных Т.В., Суханова Л.В. БАЙКАЛЬСКИЕ СИГОВЫЕ (COREGONIDAE) КАК ОБЪЕКТ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ГЕНОМИКИ
Bukin Y.S. SOFTWARE FOR SIMULATION OF THE BROKEN GENE FLOW IN ONE-DIMENSIONAL POPULATIONS
Букин Ю.С. ПРОГРАМНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРЕРЫВИСТЫХ ПОТОКОВ ГЕНОВ В ОДНОМЕРНЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ
Bukin Yu.S., Kravtsova L.S., Kaigorodova I.A., Novikov A.V., Fazalova V.P., Peretolchina T.E., Pudovkina T.A., Petunina Zh.V., Sherbakov D.Yu.COMPARATIVE ANALYSIS OF INTRASPECIFIC GENETIC POLYMORPHISM IN ENDEMIC INVERTEBRATES FROM LAKE BAIKAL
Букин Ю.С., Кравцова Л.С., Кайгородова И.А., Новиков А.В., Фазалова В.Р., Перетолчина Т.Е., Пудовкина Т.А., Петунина Ж.В., Щербаков Д.Ю. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВНУТРИВИДОВОГО ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОЛИМОРФИЗМА У ЭНДЕМИЧНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ БАЙКАЛА
Butina T.V., Trukhan I.S., Belikov S.I. PHYLOGENETIC DIVERSITY OF CANINE DISTEMPER VIRUS IN LAKE BAIKAL SEAL (<i>PHOCA SIBIRICA</i>) POPULATION
ПЛОТОЯДНЫХ В ПОПУЛЯЦИИ БАЙКАЛЬСКОЙ НЕРПЫ (<i>PHOCA SIBIRICA</i>)
 SPECIATION IN LANDLOCKED LAKES (ON THE EXAMPLE OF TRANSBAIKALIAN CHARRS)
Gordon N.Yu., Baldina S.N., Matveev A.N., Politov D.V. SYMPATRIC FORMS OF WHITEFISHES OF TRANSBAIKALIAN LAKE ORON
Kaluzhnaya O.B., Itskovich V.B., Solovarov I.S., Belikov S.I. SILICATEIN GENES – THE POSSIBLE MOLECULAR MARKERS FOR THE IDENTIFICATION OF CLOSELY RELATED SPONGE SPECIES
Kaluzhnaya O., Terkina I., Itskovich V. DIVERSITY OF BACTERIA ASSOCIATED WITH LAKE BAIKAL SPONGES AND IDENTIFICATION OF POLYKETIDE SYNTHASE GENES IN SPONGE-DERIVED STRAIN <i>Pseudomonas</i> <i>fluorescens</i> 28Bb-06
Kulakova N.V., Kaluzhnaya O.V., Itskovich V.B., Belikov S.I.DIVERSITY OF POLIKETIDE SYNTHASE GENES ISOLATED FROM METAGENOMIC DNA SPONGE LUBOMIRSKIA BAICALENSIS
Luczynski M., Mamontov A.M., Yakhnenko V.M. GENETIC STRUCTURE AND RELATIONSHIPS BETWEEN POPULATIONS OF SIBERIAN PIDSCHIANS
Люцинский М., Мамонтов А.М., Яхненко В.М. ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И ВЗАИМООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ СИГАМИ-ПЫЖЬЯНАМИ СИБИРИ
Madyarova Ye.V., Teterina V.I., Sukhanova L.V., Yakhnenko V.M., Bogdanov B.E., Kiril'chik S.V. STUDY OF INTRASPECIFIC GENETIC POLYMORPHISM IN SAND SCULPINS AND STONE SCULPINS
Мадьярова Е.В., Тетерина В.И., Суханова Л.В., Яхненко В.М., Богданов Б.Э., Кирильчик С.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ВНУТРИВИДОВОГО ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОЛИМОРФИЗМА ПЕСЧАНОЙ И КАМЕННОЙ ШИРОКОЛОБОК76
Maikova O.O., Belikov S.I. SOME FEATURES OF BAIKAL SPONGE MITOCHONDRIAL GENOME 77 ORGANIZATION
Natyaganova A.V., Klimenkov I.V., Khanaev I.V.CHROMATIN ELIMINATION IN AMPHIPODS (CRUSTACEA, MALACOSTRACA)
ИАLACOSTRACA)
Nazarova A.F. THE GEOGRAPHY OF PROCESSES OF DIFFERENTIATION OF NORTHERN MONGOLOIDS, CAUCASOIDS AND ANCESTORS OF AMERICAN INDIANS80НазароваА.Ф. ГЕОГРАФИЯ ПРОЦЕССОВ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ СЕВЕРНЫХ МОНГОЛОИДОВ, ЕВРОПЕОИДОВ И ПРЕДКОВ АМЕРИКАНСКИХ ИНДЕЙЦЕВ
Nevado B., Fazalova V., Backeljau T., Hanssens M. and Verheyen E. REPEATED UNIDIRECTIONAL INTROGRESSION OF NUCLEAR AND MITOCHONDRIAL DNA BETWEEN FOUR CONGENERIC TANGANYIKAN CICHLIDS
Pavlichenko V.V., Luckenbach T., Axenov-Gribanov D.V., Protopopova M.V., Timofeyev M.A. IDENTIFICATION OF P- GLYCOPROTEIN GENE SEQUENCE OF PALEARCTIC AMPHIPOD SPECIES <i>GAMMARUS LACUSTRIS</i> SARS

Politov D.V., Gordon N.Yu., Mamontov A.M. GENETIC DIFFERENTIATION OF OMUL AND LACUSTRINE WHITEFISH (<i>COREGONUS</i> SPP.) OF LAKE BAIKAL BY ALLOZYME LOCI BY MULTIVARIATE ANALYSIS	
Роtapova U.V., Belikov S.I. SIMULATION OF THE MOLECULAR EVOLUTION OF TICK-BORNE ENCEPHALITIS VIRUS GENOME AND ESTIMATION OF DIVERGENCE TIMES Потапова У.В., Беликов С.И. МОДЕЛИРОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ЭВОЛЮЦИИ ГЕНОМА ВИРУСА КЛЕЩЕВОГО ЭНЦЕФАЛИТА С РАССЧЕТОМ ВРЕМЕНИ ДИВЕРГЕНЦИИ	
Sherbakov D.Yu., Kravtsova L.S., Bukin Yu.S., Kaygorodova I.A., Novikov A.V., Pudovkina T.A., Petunina J.A., Fazalova V.R., Peretolchina T.E.HOW STABLE ARE THE COMMUNITIES OF BENTHIC INVERTEBRATES OF LAKE BAIKAL?	85
Щербаков Д.Ю., Кравцова Л.С., Букин Ю.С., Кайгородова И.А., Новиков А.В., Пудовкина Т.А., Петунина Ж.А., Фазалова В.Р., Перетолчина Т.Е. НАСКОЛЬКО СТАБИЛЬНЫ СООБЩЕСТВА БЕНТОСНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ БАЙКАЛА?	
3. CYCLE AND MECHANISMS OF SILICON ASSIMILATION IN AQUATIC ECOSYSTEMS AND DIATOM DIVERSITY. КРУГОВОРОТ И МЕХАНИЗМЫ АССИМИЛЯЦИИ КРЕМНИЯ В ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ И РАЗНООБРАЗИЕ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ.	87
Andreyev D.S. MAGNETIZATION OF COLLOIDAL PARTICLES: FROM SILICA MICROSPHERES TO DIATOM FRUSTULES	
Andreyev D.S. NANOCRYSTALLYNE, ZINC-ASSOSIATED INCLUSIONS OBSERVED IN DIATOM FRUSTULES AFTER ELECTRON BEAM IRRADIATION	
Annenkov V.V., Danilovtseva E.N., Basharina T.N., Zelinskii S.N., Likhoshway Ye.V. & Grachev M.A. INFLUENCE OF CHEMICAL ANALOGS OF SILICONE ON GROWTH AND CELL STRUCTURE OF DIATOM <i>SYNEDRA ACUS</i>	
ХИМИЧЕСКИХ АНАЛОГОВ КРЕМНИЯ НА РОСТ И СТРУКТУРУ КЛЕТОК ДИАТОМЕИ <i>SYNEDRA ACUS</i>	
МІСROSCOPY (LAKE BAIKAL) Башенхаева М.В., Шишлянников С.М., Захарова Ю.Р., Лихошвай Е.В. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АССОЦИАЦИЙ БАКТЕРИЙ С ДИАТОМОВЫМИ СООБЩЕСТВАМИ ОЗЕРА БАЙКАЛ В ПЕРИОД ПОДЛЕДНОГО ЦВЕТЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ СВЕТОВОЙ И ЭПИФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ МИКРОСКОПИИ	
Bedoshvili E.D., Basharina T.N. MORPHOGENESIS OF SILICEOUS VALVE IN A PENNATE DIATOM CYMBELLA VENTRICOSA AGARDH	
Бедошвили Е.Д., Башарина Т.Н. МОРФОГЕНЕЗ КРЕМНИСТОЙ СТВОРКИ У ПЕННАТНОЙ ДИАТОМОВОЙ ВОДОРОСЛИ <i>СУМВЕLLA VENTRICOSA</i> AGARDH	
Bedoshvili E.D., Likhoshway E.V.CYTOLOGY OF DIATOMS Бедошвили Е.Д., Лихошвай Е.В. ЦИТОЛОГИЯ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ	93 94
Bruckner C.G., Grossart HP., Kroth P.G. INTERACTIONS BETWEEN DIATOMS AND BACTERIA DURING BIOFILM FORMATION	
Firsova A.D., Usol'tseva M.V., Vorobyova S.S., Maslennikova M.M. STOMATOCYSTS OF CHRYSOPHYTA IN MIOCENE DEPOSITS OF VITIM PLATEAU	95
Фирсова А.Д., Усольцева М.В., Воробьева С.С., Масленникова М.М. СТОМАТОЦИСТЫ ЗОЛОТИСТЫХ ВОДОРОСЛЕЙ В МИОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВИТИМСКОГО ПЛОСКОГОРЬЯ	
Galachyants Y. METAGENOMICS ANALYSIS OF THE BACTERIAL COMMUNITY ASSOCIATED WITH DIATOM ALGA SYNEDRA ACUS.	97
Golokhvast K.S., Pamirsky I.E., Panichev A.M. HOMOLOGY OF BACTERIA PROTEINS, DIATOMS AND SPONGES PARTICIPATING IN BIOMINERALIZATION, AND HUMAN AND OTHER ANIMALS PROTEINS	98
Koval'chuk Yu.L., Poltarukha O.P. TAXONOMIC COMPOSITION OF FOULING MICROALGAE IN THE NEAR SHORE ZONE OF NYACHANG GULF OF SOUTH CHINA SEA	99
Ковальчук Ю.Л., Полтаруха О.П. ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ОБРАСТАНИЯ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ЗАЛИВА НЯЧАНГ ЮЖНО-КИТАЙСКОГО МОРЯ	99
Kurilkina M.I., Zakharova Yu.P., Petrova D.P., Likhoshway E.V. STUDIES ON RELATIONSHIPS OF THE DIATOM SYNEDRA ACUS SUPS. RADIANS WITH MICROORGANISMS ISOLATED FROM LAKE BAIKAL	
Makarevich O.Yu., Pomazkina G.V., Rodionova E.V. REPRESENTATIVES OF THE FAMILIES ACHNANTHACAE AND ACHNANTHIDIACE (BACILLARIOPHYTA) IN THE LITTORAL ZONE OF LAKE BAIKAL Макаревич О. Ю., Помазкина Г. В., Родионова Е. В. ПРЕДСТАВИТЕЛИ СЕМЕЙСТВ ACHNANTHACAE И ACHNANTHIDIACE (BACILLARIOPHYTA) В ЛИТОРАЛИ ОЗ. БАЙКАЛ	
Marchenkov A.M, Petrova D.P. IDENTIFICATION OF PROTEINS OF AQUAPORINES IN PROTEIN EXTRACTS FROM THE DIATOM ALGA SYNEDRA ACUS	
Марченков А.М, Петрова Д.П. ИДЕНТИФИКАЦИЯ БЕЛКОВ АКВАПОРИНОВ В БЕЛКОВЫХ ФРАКЦИЯХ ИЗ ДИАТОМОВОЙ ВОДОРОСЛИ SYNEDRA ACUS	

Mikhailov I.S., Shishlyannikov S.M. EFFECT OF GLUCOSE, GLYCERIN AND CASEIN HYDROLYSATE ON GROWTH OF <i>SYNEDRA ACUS</i> FROM LAKE BAIKAL UNDER CONDITIONS OF MIXOTROPHIC CULTIVATION Михайлов И.С., Шишлянников С.М. ВЛИЯНИЕ ГЛЮКОЗЫ, ГЛИЦЕРИНА И ГИДРОЛИЗАТА КАЗЕИНА НА РОСТ <i>SYNEDRA ACUS</i> ИЗ ОЗЕРА БАЙКАЛ ПРИ МИКСОТРОФНЫХ УСЛОВИЯХ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ	
Mitrofanova E., Schwikowski M. DIATOM ALGAE IN THE LATEST SNOW AND SURFACE ICE OF GLACIER TSAMBAGARAV (NORTH-WEST MONGOLIA) Митрофанова Е., Швиковски М. ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРОСЛИ В СВЕЖЕВЫПАВШЕМ СНЕГЕ И ПОВЕРХНОСТНОМ ЛЬДЕ С ЛЕДНИКА ЦАМБАГАРАВ (СЕВЕРО-ЗАПАДНАЯ МОНГОЛИЯ)	
Petrova D.P. DETECTION OF SILICIC ACID TRANSPORT (SIT) PROTEINS AND AQUAPORINS IN PROTEIN EXTRACTS FROM THE DIATOM SYNEDRA ACUS Петрова. Д.П. ОБНАРУЖЕНИЕ БЕЛКОВ ТРАНСПОРТА КРЕМНИЕВОЙ КИСЛОТЫ (SIT) И АКВАПОРИНОВ В БЕЛКОВЫХ ЭКСТРАКТАХ ИЗ ДИАТОМОВОЙ ВОДОРОСЛИ SYNEDRA ACUS	108
Petrova D.P., Pozdnyak E.I. THEORETICAL ANALYSIS OF AMINO ACID SEQUENCES OF AQUAPORIN-LIKE PROTEINS OF DIATOMS	109
петрова д.п., поздняк е.и. теоретический анализ аминокислотных последовательностей АКВАПОРИН-ПОДОБНЫХ БЕЛКОВ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ Polyakova Ye.I., Abramova E.N., Astakhova L., Kassens H., Hölemann J. SPRING SEA-ICE ALGAL AND ICE-EDGE	110
PHYTOPLANKTON COMMUNITIES FROM THE LAPTEV SEA POLYNYA IN 2008 Popovskaya G.I., Usol'tseva M.V., Bessudova A.Yu. SPRING PHYTOPLANKTON OF LAKE BAIKAL IN 2007-2009	110 111
Поповская Г.И., Усольцева М.В., Бессудова А.Ю. ВЕСЕННИЙ ФИТОПЛАНКТОН БАЙКАЛА В 2007-2009 ГГ	
(BACILLARIOPHYTA) IN THE LITTORAL ZONE OF LAKE BAIKAL	
(BACILLARIOPHYTA) В ЛИТОРАЛИ ОЗ. БАЙКАЛ Shishlyannikov S.M., Zakharova Yu.R., Volokitina N.A., Mikhailov I.S., Petrova D.P., Likhoshway Ye.V., Grachev M.A. A PROTOCOL FOR OBTAINING AN AXENIC CULTURE OF THE DIATOM SYNEDRA ACUS SUBSP. RADIANS	
FROM LAKE BAIKAL Шишлянников С.М., Захарова Ю.Р., Волокитина Н.А., Михайлов И.С., Петрова Д.П., Лихошвай Е.В., Грачев М.А. ПРОТОКОЛ ПОЛУЧЕНИЯ АКСЕНИЧНОЙ КУЛЬТУРЫ ДИАТОМОВОЙ ВОДОРОСЛИ SYNEDRA ACUS SUBSP. RADIANS ИЗ ОЗЕРА БАЙКАЛ	
Tauson V.L., Belozerova O.Yu., Mekhanikova I.V., Mikhlin Yu.L., Akimov V.V., Kargin V.F., Mazurova E.V., Lipko S.V., Likhoshway Ye.V. STRUCTURE AND ELEMENT COMPOSITION OF MANDIBLE IN ENDEMIC AMPHIPODS (CRUSTACEA, AMPHIPODA) FROM LAKE BAIKAL BY THE DATA OF ELECTRON MICROSCOPY AND ELECTRON MICROPROBE ANALYSIS	
Таусон В.Л., Белозерова О.Ю., Механикова И.В., Михлин Ю.Л., Акимов В.В., Каргин В.Ф., Мазурова Е.В., Липко С.В., Лихошвай Е.В. СТРОЕНИЕ И ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ МАНДИБУЛЫ БАЙКАЛЬСКИХ ЭНДЕМИЧНЫХ АМФИПОД (CRUSTACEA, АМРНІРОДА) ПО ДАННЫМ МЕТОДОВ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ И ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА	
Usoltseva M.V., Dubrovina Yu.F., Vorobyeva S.S., Rasskazov S.V. DOMINANT SPECIES OF DIATOMS IN MIOCENE SEDIMENTS OF THE VITIM PLATEAU (ZABAIKALYE)	
Усольцева М.В., Дубровина Ю.Ф., Воробьева С.С., Рассказов С.В. ДОМИНИРУЮЩИЕ ВИДЫ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ В МИОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВИТИМСКОГО ПЛОСКОГОРЬЯ (ЗАБАЙКАЛЬЕ)	116
Zaidykov I.Yu., Naumova E.Yu. THE SILICEOUS CROWNS OF MANDIBLES OF THE <i>EPISCHURA</i> SPECIES (COPEPODA, CALANOIDA)	117
Зайдыков И.Ю., Наумова Е.Ю. КРЕМНИЕВЫЕ КОРОНКИ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА <i>ЕРІSCHURA</i> (COPEPODA, CALANOIDA)	118
4. MICROORGANISMS: DISTRIBUTION AND SYMBIOTIC RELATIONS IN AQUATIC ECOSYSTEMS. МИКРООРГАНИЗМЫ: РАСПРОСТРАНЕНИЕ И СИМБИОТИЧЕСКИЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ В ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ	118
Barkhutova D.D., Danilova E.V., Zaitseva S.V., Namsaraev B.B. STRUCTURE AND FUNCTIONAL ACTIVITY OF MICROBIAL COMMUNITIES IN HYDROTHERMS OF BAIKAL RIFT ZONE	118
Бархутова Д.Д., Данилова Э.В., Зайцева С.В., Намсараев Б.Б. СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ В ГИДРОТЕРМАХ БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ ЗОНЫ	120
Belkova N.L., Dolgikh N.V. DETERMINATION OF THE TARGET GROUPS OF MICROORGANISMS DOMINATED IN WATER AND BIOFILMS ON ARTIFICIAL SUBSTRATE IN NATURAL EXPERIMENT Белькова Н.Л., Долгих Н.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕЛЕВЫХ ГРУПП МИКРООРГАНИЗМОВ, ДОМИНИРУЮЩИХ В ВОДЕ И БИОПЛЕНКАХ НА ИСКУССТВЕННОМ СУБСТРАТЕ В УСЛОВИЯХ ПРИРОДНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА	
Belkova N.L., Matyugina E.B. STRUCTURE AND DIVERSITY OF MICROBIAL COMMUNITIES FROM FRESHWATER OLIGOTROPHIC ECOSYSTEMS	122
ОЛИГОТРОФНЫХ ЭКОСИСТЕМ	123
ANABAENA SPECIES IN LAKE KOTOKEL (BAIKAL LAKE REGION)	123
SOURCES OF THEIR POLLUTION	124

Бузолева Л.С. САНИТАРНО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ВОД ПРИМОРСКОГО КРАЯ
Chernitsyna S.M., Likhoshway A.V., Lomakina A.V., Pavlova O.N., Zemskaya T.I., Sitnikova T.Ya. BIOLOGICAL COMMUNITY OF BITUMINOUS STRUCTURES FROM THE OIL INGRESS SITE NEAR GOREVOY UTYOS CAPE, CENTRAL BAIKAL
Черницына С.М., Лихошвай А.В., Ломакина А.В., Павлова О.Н., Земская Т.И., Ситникова Т.Я. БИОЛОГИЧЕСКОЕ СООБЩЕСТВО БИТУМНЫХ ПОСТРОЕК ИЗ РАЙОНА НЕФТЕПРОЯВЛЕНИЯ У М. ГОРЕВОЙ УТЕС, СРЕДНИЙ БАЙКАЛ
Chernogor L.I., Denikina N.N., Belikov S.I. STUDIES OF EUKARYOTIC MICROFLORA ASSOCIATED WITH THE BAIKAL SPONGES
Черногор Л.И., Деникина Н.Н., Беликов С.И. ИССЛЕДОВАНИЕ АССОЦИИРОВАННОЙ ЭУКАРИОТИЧЕСКОЙ МИКРОФЛОРЫ БАЙКАЛЬСКИХ ГУБОК
Galanina E.V., Polteva A.V. PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF <i>AEROMONAS</i> SALMONICIDA STRAIN, ISOLATED FROM THE SPAWNING PINK SALMON OF SOUTHERN SAKHALIN ISLAND
Галанина Е.В., Полтева А.В. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ШТАММА <i>AEROMONAS SALMONICIDA</i> , ВЫДЕЛЕННОГО ОТ НЕРЕСТОВОЙ ГОРБУШИ ЮГА О. САХАЛИН
Garankina V.P., Dagurova O.P., Dambaev V.B. FUNCTIONING OF MICROBIAL COMMUNITY IN SHALLOW BAYS OF LAKE BAIKAL
Гаранкина В.П., Дагурова О.П., Дамбаев В.Б. ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА В СОРАХ ОЗЕРА БАЙКАЛ
Danilova E.V., Osipova I.P., Barkhutova D.D. PARTICIPATION MICROBIAL COMMUNITIES OF THE HYDROTHERM HOITO-GOL (EASTERN SAYAN) IN MINERAL FORMATION
ГОЛ (ВОСТОЧНЫЙ САЯН) В МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИИ
Dutova N.V., Drucker V.V., Kovadlo A.S. INVESTIGATION OF VIRUSES IN LAKE BAIKAL WATER USING ELECTRONIC MICROSCOPY
Дутова Н.В., Дрюккер В.В., Ковадло А.С. ЭЛЕКТРОННО-МИКРОСКОПИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВИРУСОВ В ВОДЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ
Yochan Joung, Haneul Kim and Kiseong Joh THE STRUCTURE OF BACTERIAL COMMUNITIES IN SOLAR SALTERN AS REVEALED BY PYROSEQUENCING OF 16S RRNA GENES
Khanaeva T.A., Suslova M.Yu., Zemskaya T.I., Parfenova V.V., Molodin V.I., Pilipenko A.S., Partzinger G. STUDY OF CULTURABLE MICROBIAL COMMUNITY FROM THE SAMPLES TAKEN AT EXCAVATIONS OF BURIAL MOUNDS OLON-KURIN-GOL (MONGOLIA)
Ханаева Т.А., Суслова М.Ю., Земская Т.И., Парфенова В.В., Молодин В.И., Пилипенко А.С., Парцингер Г. ИССЛЕДОВАНИЕ КУЛЬТИВИРУЕМОГО МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА ОБРАЗЦОВ, ВЗЯТЫХ ПРИ РАСКОПКАХ КУРГАНОВ ОЛОН-КУРИН-ГОЛ (МОНГОЛИЯ)
Kravchenko O.S., Parfenova V.V. ROLE OF <i>ENTEROCOCCUS</i> BACTERIA IN ASSESSMENT OF WATER QUALITY
Lazareva Ye.V., Bryanskaya A.V., Taran O.P., Zaykovsky V.I., Petrova I.V., Zhmodik S.M., Barkhutova D.D. MINERALS FORMATION AND ELEMENTS ACCUMULATION IN A THERMOPHILLIC MICROBIAL COMMUNITY
Likhoshvay Al.V., Khanaeva T.A., Lomakina A.V., Gorshkov A.G., Pavlova O.N., Zemskaya T.I., Grachev M.A., Slepenchuk M.V. BACTERIA OF THE GENUS <i>RHODOCOCCUS</i> FROM BITUMEN CONSTRUCTIONS AT LAKE BAIKAL BOTTOM
Лихошвай Ал.В., Ханаева Т.А., Ломакина А.В., Горшков А.Г., Павлова О.Н., Земская Т.И., Грачёв М.А., Слепенчук М.В. БАКТЕРИИ ИЗ БИТУМНЫХ ПОСТРОЕК НА ДНЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ, ДЕГРАДИРУЮЩИЕ НЕФТЬ
Lomakina A.V., Pavlova O.N., Shubenkova O.V., Morozov I.V., Zemskaya T.I. DIVERSITY OF PURE CULTURES AND NATURAL MICROBIAL COMMUNITY FROM TWO SITES OF NATURAL OIL SEEPS AT LAKE BAIKAL: ANALYSIS OF NUCLEOTIDE SEQUENCES OF 16S rRNA GENE
Ломакина А.В., Павлова О.Н., Шубенкова О.В., Морозов И.В., Земская Т.И. РАЗНООБРАЗИЕ ЧИСТЫХ КУЛЬТУР И ПРИРОДНОГО МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА В ДВУХ РАЙОНАХ ЕСТЕСТВЕННЫХ ВЫХОДОВ НЕФТИ
НА ОЗЕРЕ БАЙКАЛ ПО ДАННЫМ АНАЛИЗА СТРУКТУРЫ НУКЛЕОТИДНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ГЕНА 16S pPHK
Maksimenko S.Yu., Zemskaya T.I. MICROBIAL COMMUNITIES IN INFLOW AREAS OF LARGE TRIBUTARIES INTO LAKE BAIKAL
Максименко С.Ю., Земская Т.И. ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ ЗОН ВПАДЕНИЯ КРУПНЫХ ПРИТОКОВ В ОЗ. БАЙКАЛ
Maksimova E.A., Maksimov V.V., Schetinina E.V., Kraykivskaya O.V. MICROBIOLOGIC ASPECTS OF STABILITY OF THE ECOSYSTEM OF BAIKAL BY RESULTS OF REGIME STATIONARY SUPERVISION ON THE POINT № 1 IN THE BOLSHYE KOTY
Максимова Э.А., Максимов В.В., Щетинина Е.В., Крайкивская О.В. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УСТОЙЧИВОСТИ ЭКОСИСТЕМЫ БАЙКАЛА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РЕЖИМНЫХ СТАЦИОНАРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НА ТОЧКЕ №1 В БОЛЬШИХ КОТАХ

Mamaeva Ye.V., Suslova M.Yu., Pavlova O.N., Parfenova V.V., Zemskaya T.I. STUDY OF THE DIVERSITY OF TOTAL MICROBIAL COMMUNITY FROM BOTTOM SEDIMENTS IN KARA SEA BY MOLECULAR BIOLOGY METHODS	145
Мамаева Е.В., Суслова М.Ю., Павлова О.Н., Парфенова В.В., Земская Т.И. ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗНООБРАЗИЯ СУММАРНОГО МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА ДОННЫХ ОСАДКОВ ШЕЛЬФА КАРСКОГО МОРЯ МОЛЕКУЛЯРНО-БИОЛОГИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ	
Nebesnykh I.A., Sukhanova Ye.V., Denikina N.N., Bel'kova N.L., Chernogor L.I., Dzyuba Ye.V. INVESTIGATION OF CONTAMINATION OF SALMONIDS WITH PROTOZOA OF THE GENUS <i>SPIRONUCLEUS</i>	146
ЗАРАЖЕННОСТИ ЛОСОСЕВИДНЫХ РЫБ ПРОСТЕЙШИМИ РОДА SPIRONUCLEUS	147
Nemtseva N., Yatsenko-Stepanova T., Bukharin O. SYMBIOTIC INTERACTIONS OF MICRORGANISMS IN NATURAL AQUATIC BIOCOENOSES Немцева Н.В., Яценко-Степанова Т.Н., Бухарин О.В. СИМБИОТИЧЕСКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПРИРОДНЫХ ВОДНЫХ БИОЦЕНОЗАХ	
Pavlova O.N., Fedorova G.A., Shishlyannikova T.A., Korneva E.S., Bukin S.V., Lomakina A.V., Zemskaya T.I. FIRST RESULTS ON SEARCH OF HYDROCARBON OXIDIZING BACTERIA, PRODUCERS OF SURFACTANTS, ISOLATED FROM LAKE BAIKAL	
Земская Т.И. ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОИСКА УГЛЕВОДОРОДОКИСЛЯЮЩИХ БАКТЕРИЙ, ИЗОЛИРОВАННЫХ ИЗ ОЗ. БАЙКАЛ – ПРОДУЦЕНТОВ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ	150
Pomazkina G.V., Kravtsova L.S., Sorokovikova E.G.STRUCTURE OF EPIPHYTON COMMUNITIES ON LAKE BAIKAL SUBMERGED MACROPHYTES	151
Rogozin D.Y., Genova S.N., Zykov V.V., Chernetsky M.Y. ECOLOGY OF PHOTOTROPHIC SULFUR BACTERIA RELATED WITH LIMNOLOGICAL CONDITIONS IN MEROMICTIC LAKES OF KHAKASSIA (RUSSIA) Рогозин Д.Ю., Генова С.Н., Зыков В.В., Чернецкий М.Ю. ЭКОЛОГИЯ ФОТОТРОФНЫХ СЕРНЫХ БАКТЕРИЙ И	151
ЕЕ СВЯЗЬ С ЛИМНОЛОГИЧЕСКИМИ ХА́РАКТЕРИСТИКАМИ В МЕРОМИКТИЧЕСКИХ ОЗЕРАХ ХАКАСИИ (РОССИЯ)	152
Shubenkova O.V., Pavlova O.N, Lomakina A.V., Pogodaeva T.V., Zemskaya T.I. MICROBIAL COMMUNITIES FROM THE SEDIMENTS IN THE AREA OF SURFACE BEDDING OF GAS HYDRATES NEAT BOL'SHOYE GOLOUSTNOYE SETTLEMENT	153
Шубенкова О.В., Павлова О.Н., Ломакина А.В., Погодаева Т.В., Земская Т.И. МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА ОСАДКОВ В РАЙОНЕ ПРИПОВЕРХНОСТНОГО ЗАЛЕГАНИЯ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ У П. БОЛЬШОЕ ГОЛОУСТНОЕ	154
Sitnikova T. Ya., Tulupova Yu.R., Khanaev I.V., Parfenova V.V. BACTERIA OF THE FAMILY SPIROCHETACEAE IN THE CRYSTALLINE STALK OF PROSOBRANCHIAL MOLLUSK <i>BENEDICTIA BAICALENSIS</i> (GASTROPODA: HYDROBIOYDEA) LAKE BAIKAL ENDEMIC	154
Ситникова Т. Я., Тулупова Ю. Р., Ханаев И. В., Парфенова В. В. БАКТЕРИИ СЕМЕЙСТВА SPIROCHETACEAE В КРИСТАЛЛИЧЕСКОМ СТЕБЕЛЬКЕ ПЕРЕДНЕЖАБЕРНОГО МОЛЛЮСКА <i>BENEDICTIA BAICALENSIS</i> (GASTROPODA: HYDROBIOYDEA) ЭНДЕМИКА ОЗЕРА БАЙКАЛ	
Sukhanova Ye.V., Dzyuba Ye.V., Denikina N.N., Bel'kova N.L. FORMATION OF ASSOCIATED MICROFLORA DURING ONTOGENY OF BAIKAL OMUL	156
Суханова Е.В., Дзюба Е.В., Деникина Н.Н., Белькова Н.Л. СТАНОВЛЕНИЕ АССОЦИИРОВАННОЙ МИКРОФЛОРЫ В ОНТОГЕНЕЗЕ БАЙКАЛЬСКОГО ОМУЛЯ	156
Sukhanova Ye.V., Dzyuba Ye.V., Denikina N.N., Nikiforova T.I., Bel'kova N.L. EXPERIENCE IN CULTIVATION OF <i>MYCOPLASMA</i> FROM THE INTESTINE OF BLACK BAIKALIAN GRAYLING	157
Суханова Е.В., Дзюба Е.В., Деникина Н.Н., Никифорова Т.И., Белькова Н.Л. ОПЫТ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ <i>МУСОРLASMA</i> ИЗ КИШЕЧНИКА ЧЕРНОГО БАЙКАЛЬСКОГО ХАРИУСА	158
Suslova M.Yu., Zakharova Yu.R., Sorokovikova Ye.G., Parfenova V.V. STUDY OF THE ULTRASTRUCTURE OF SILICATED Fe-OXIDIZING BACTERIA	158
Суслова М.Ю., Захарова Ю.Р., Сороковикова Е.Г., Парфенова В.В. ИССЛЕДОВАНИЕ УЛЬТРАСТРУКТУРЫ ОКРЕМНЕННЫХ Fe-ОКИСЛЯЮЩИХ БАКТЕРИЙ	
Tsyrenova D.D., Namsaraev B.B. DIVERSITY OF ALKALIPHILIC CYANOBACTERIA OF SOUTHERN TRANSBAIKALIA	160
Цыренова Д.Д., Намсараев Б.Б. РАЗНООБРАЗИЕ АЛКАЛОФИЛЬНЫХ ЦИАНОБАКТЕРИЙ ЮЖНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ	
THE 16-th JOINT SEMINAR ON REGIONAL DEPOSITION PROCESSES IN THE ATMOSPHERE. 16-й Объединенный семинар по проблемам изучения региональных осаждений из атмосферы	162
5. TRANSPORT OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC SUBSTANCES IN ATMOSPHERE AND ON THE INTERFACE WATER-AIR.ПЕРЕНОС ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРЕ И НА ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА ВОДА-ВОЗДУХ.	
Arshinov M.Yu.,, Belan B.D., Paris JD., Ciais Ph., Nedelec Ph. DISTRIBUTION OF NANOAEROSOL	

Arshinova V.G., Belan B.D, Simonenkov D.V., Rasskazchikova T.M., Fofonov A.V. SPATIAL DISTRIBUTION OF ATMOSPHERIC COMPOUNDS OVER LAKE BAIKAL ACCORDING TO AIRBORNE SOUNDING IN JULY 2008	
Ауигzhanaev A.A., Zhamsueva G.S., Zayakhanov A.S., Tsydypov V.V. SYNCHRONOUS MEASUREMENTS OF SURFACE OZONE NEAR THE "WATER-ATMOSPHERE" INTERFACE IN LAKE BAIKAL	66
Bashenkhaeva N.V. ORGANIC MATTER IN SNOW COVER OF THE BAIKAL REGION	
Вігуцкоч Yu., Zagaynov V., Agranovski I., Uvarova L., Kostin V., Kiselev D.M., Kazarova T., Krivenko I. ATMOSPHERIC AEROSOLS OVER RIVERS OF CENTRAL RUSSIA	
Воndarenko N.A, Belykh O.I., Golobokova L.P., Artemyeva O.V., Logacheva N.F., Tikhonova I.V., Terkina I.A., Kostornova T.Ya., Parfenova V.V., Khodzher T.V. EXTREMOPHILOUS COMMUNITIES AND CHEMISTRY OF THE ULTRAPURE ICE IN LAKE BAIKAL, SIBERIA	
Golobokova L.P., Netsvetaeva O.G., Khodzher T.V.QUANTIFICATION OF DRY AND WET DEPOSITIONS IN THE 17 ВАІКАL REGION	
Gromov S.A.ESTIMATION OF DRY DEPOSITION CONTRIBUTION TO ATMOSPHERIC ACIDIFIED COMPOUNDS FLUXES OVER SIBERIA, FAR EAST AND EUROPEAN PART OF RUSSIA	
 Domysheva V.M., Sakirko M.V., Pestunov D.A., Panchenko M.V. SPRING DYNAMICS OF THE CO₂ EXCHANGE IN LITTORAL ZONE OF LAKE BAIKAL Домышева В.М., Сакирко М.В., Пестунов Д.А., Панченко М.В. ВЕСЕННЯЯ ДИНАМИКА ГАЗООБМЕНА СО₂ В ЛИТОРАЛИ ОЗЕРА БАЙКАЛ 	
Filippova U.G., Golobokova L.P., Khodzher T.V., Chipanina E.V.STUDY OF SIZE FRACTIONS OF THE ATMOSPHERIC AEROSOL NEAR THE MAJOR SOURCES OF ATMOSPHERIC POLLUTION IN THE IRKUTSK REGION	75
Филиппова У.Г., Голобокова Л.П., Ходжер Т.В., Чипанина Е.В.ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗМЕРНЫХ ФРАКЦИЙ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ ВБЛИЗИ ОСНОВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ	76
Jungwoo Lee, Seehyung Lee, & Eui-Chan Jeon A STUDY ON THE METHOD OF DEVELOPING COUNTRY-SPECIFIC EMISSION FACTOR	77
Kozlov V.S., Kabanov D.M., Panchenko M.V., Pol'kin V.V., Sakerin S.M., Khodzher T.V., Golobokova L.P., Turchinovich Yu. S.EFFECT OF CONTINENTAL EMISSIONS ON THE AEROSOL CHARACTERISTICS OVER SEA SURFACE	
Kuimova L.N., Sherstyankin P.P., Yakimova N.I. ON ULTRA-POLAR ARCTIC INTRUSIONS OF AIR MASSES DURING COLD AND WARM WINTERS AND GLACIAL REGIME OF LAKE BAIKAL	
Leonova G.A., Bobrov V.A., Preiss Yu. I. BIOGEOCHEMICAL BARRIERS (PLANKTON, PEAT, SAPROPEL) ON THE PATH OF FLOWS OF CHEMICAL ELEMENTS FROM ATMOSPHERE	
Makukhin V.L., Yanchenko N.I. EXPERIMENTAL STUDY AND NUMERICAL SIMULATION OF WINTER PROPAGATION, TRANSFORMATION AND DEPOSITION OF SULFUR AND FLUORINE COMPOUNDS IN THE AREAS OF SHELEKHOV AND BRATSK CITIES	82
Malygina N.S., Papina T.S., Zinchenko G.S., Bezuglova N.N., Schwikowski M. REGIONAL CLIMATIC EFFECTS OF GLOBAL ATMOSPHERIC CIRCULATION IN ALTAI	34
Малыгина п.с., Папина п.с., Sинченко п.с., везуплова п.п., Швиковски м. Региональные КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ГЛОБАЛЬНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ НА АЛТАЕ	35
METALLURGICAL COMPLEX'S EMISSIONS (the city of Shelekhov)	36

Маринайте И.И., Горшков А.Г. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПАУ В ЗОНЕ РАССЕИВАНИЯ ВЫБРОСОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА (Г. ШЕЛЕХОВ)	187
Naguslaev S.A., Zhamsueva G. S, Zayakhanov A.S. THE RESULTS OF MEASUREMENTS OF AEROSOL OPTICAL THICKNESS OVER THE SOUTHEAST COAST OF LAKE BAIKAL	187
Нагуслаев С.А., Жамсуева Г.С., Заяханов А.С. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ АЭРОЗОЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОЛЩИ АТМОСФЕРЫ НА ЮГО-ВОСТОЧНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ ОЗ. БАЙКАЛ	187
Nasrtdinov I.M., Zhuravleva T.B., Kabanov D.M., Sakerin S.M. AEROSOL OPTICAL DEPTH AND AEROSOL RADIATIVE FORCING IN SITUATIONS OF FOREST SMOKES AND SPRING MAXIMUM OF ATMOSPHERIC TURBIDITY IN TWO REGIONS OF THE ASIAN PART OF RUSSIA	
МАКСИМУМА ЗАМУТНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ В ДВУХ РАЙОНАХ АЗИАТСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ Netsvetaeva O.G. RESULTS OF LONGTERM STUDIES OF THE CHEMISTRY OF SNOW COVER ON THE	188
SOUTHEASTERN COAST OF LONGTERM STODIES OF THE CHEMISTRY OF SNOW COVER ON THE SOUTHEASTERN COAST OF LAKE BAIKAL	
Netsvetaeva O.G., Khodzher T.V., Zimnik E.A., Sez'ko N.P., Dolya I.N. PECULIARITIES OF THE CHEMISTRY OF ATMOSPHERIC PRECIPITATIONS IN THE BAIKAL REGION	
Нецветаева О.Г., Ходжер Т.В., Зимник Е.А., Сезько Н.П., Доля И.Н. ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА	
Ohizumi T. EANET ACTIVITIES FOR CLARIFYING ACID DEPOSITION IN EAST ASIA	
Panchenko M.V., Belan B.D., Arshinov M.U., Fofonov A.V., Domysheva V.M., Sakirko M.V., Shmargunov V.P. SPATIAL DISTRIBUTION OF CO2 OVER BAIKAL IN WARM SEASON AS ASSESSED FROM THE DATA OF AIRBORNE AND SHIPBORNE MEASUREMENTS	194
Панченко М.В., Белан Б.Д., Аршинов М.Ю., Фофонов А.В., Домышева В.М., Сакирко М.В., Шмаргунов В.П. ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СО2 НАД ОЗ.БАЙКАЛ В ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД ГОДА ПО ДАННЫМ САМОЛЕТНЫХ И СУДОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ	195
Panchenko M.V., Khodzher T.V., Domysheva V.M., Sakirko M.V., Pestunov D.A., Shmargunov V.P., Zavoruev V.V., Belykh O.I., Pomazkina G.V.RESEARCH COMPLEX OF BAIKAL ATMOSPHERIC-LIMNOLOGICAL OBSERVATORY (AIMS, RESULTS, PROSPECTS)	196
Панченко М.В, Ходжер Т.В., Домышева В.М., Сакирко М.В., Пестунов Д.А., Шмаргунов В.П., Заворуев В.В., Белых О.И., Помазкина Г.В. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ КОМПЛЕКС БАЙКАЛЬСКОЙ АТМОСФЕРНО- ЛИМНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ (ЗАДАЧИ, РЕЗУЛЬТАТЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ)	
Park Soon-Ung, Choe Anna, Park Moon-Soo ESTIMATES OF ASIAN DUST DEPOSITION OVER THE ASIAN REGION BY USING ADAM 2 IN MARCH 2010	198
Penenko V.V. LONG-TERM FORECASTING OF POLLUTION RISK OF THE BAIKAL REGIONAL ATMOSPHERE Пененко В.В. ДОЛГОСРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА	
Pestunov D.A., Domysheva V.M., Sakirko M.V., Panchenko M.V.EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE CO ₂ FLUXES IN LAKE BAIKAL DURING THE PRE-FREEZING PERIOD Пестунов Д.А., Домышева В.М., Сакирко М.В., Панченко М.В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТОКОВ CO ₂ В ПРЕДЛЕДОСТАВНЫЙ ПЕРИОД НА ОЗЕРЕ БАЙКАЛ	200 200
Potemkin V.L., Makukhin V.L. STUDY OF THE TRANSFER AND TRANSFORMATION OF ANTHROPOGENIC SUBSTANCES IN THE ATMOSPHERE OF SOUTHERN LAKE BAIKAL	
АНТРОПОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРЕ ЮЖНОГО БАЙКАЛА Sakirko M.V., Domysheva V.M., Pestunov D.A., Panchenko M.V.HYDROLOGICAL SUMMER AT LAKE BAIKAL –	201
ТНЕ PERIOD OF MAXIMUM SINK CO ₂ FROM AN ATMOSPHERE Сакирко М.В., Домышева В.М., Пестунов Д.А., Панченко М.В.ГИДРОЛОГИЧЕСКОЕ ЛЕТО НА ОЗЕРЕ БАЙКАЛ - ПЕРИОД МАКСИМАЛЬНОГО СТОКА СО ₂ ИЗ АТМОСФЕРЫ	
Simonenkov D.V, Belan B.D., Ivlev G.A., Rasskazchikova T.M., Tolmachev G.N. PECULIARITIES OF DISTRIBUTION OF ATMOSPHERIC AEROSOL CHEMICAL COMPOSITION OVER BAIKAL LAKE BASIN	203
Симоненков Д. В., Белан Б. Д., Ивлев Г. А., Рассказчикова Т. М., Толмачев Г.Н.ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ НАД КОТЛОВИНОЙ ОЗЕРА БАЙКАЛ	203
Toda K, Obata T, Tokunaga W, Kuwahara H, Obolkin V, Potemkin V, Khodzher T. MEASUREMENT OF DIMETHYL SULFIDE CONTAINED IN SURFACE WATER OF LAKE BAIKAL	204
Tolmachev G.N., Belan B.D. & Simonenkov D.V.EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE POLLUTION DEPOSITION IN PLUME OF NORILSK MINING AND SMELTING COMPLEX	204
Белан Б. Д., Симоненков Д. В., Толмачев Г. Н.ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОСАЖДЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ ИЗ ШЛЕЙФА НОРИЛЬСКОГО ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА	205
Zavoruev V.V., Panchenko M.V., Domysheva V.M., Sakirko M.V., Pestunov D.A.DIURNAL VARIATION OF VARIABLE FLUORESCENCE OF PHYTOPLANKTON IN BAIKAL LAKE	206
Заворуев В.В., Панченко М.В., Домышева В.М., Сакирко М.В., Пестунов Д.А. СУТОЧНЫЙ ХОД ВАРИАБЕЛЬНОЙ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ФИТОПЛАНКТОНА ОЗЕРА БАЙКАЛ	206

Zhamsueva G.S., Zayakhanov A.S., Tsydypov V.V., Ayurzhanaev A.A.,Golobokova L.P., Khodzher T.V., Balin Yu. S., Panchenko M.V., Azzaya D., Oyunchimeg D. DYNAMICS AND PROPERTIES OF AEROSOL AND GAS COMPOSITION OF ATMOSPHERE OF MONGOLIA	207
Жамсуева Г.С., Заяханов А.С., Цыдыпов В.В., Аюржанаев А.А., Голобокова Л.П., Ходжер Т.В., Балин Ю.С., Панченко М.В., Аззаяа Д., Оюнчимэг Д. ДИНАМИКА И СВОЙСТВА АЭРОЗОЛЬНО-ГАЗОВОГО СОСТАВА АТМОСФЕРЫ МОНГОЛИИ.	207
6. HYDROPHYSICS AND HYDROCHEMISTRY IN DEEP WATER BODIES, BIOGEOCHEMISTRY OF BENTHIC COMMUNITIES.ГИДРОФИЗИКА И ГИДРОХИМИЯ В ГЛУБОКИХ ВОДОЕМАХ, БИОГЕОХИМИЯ БЕНТОСНЫХ СООБЩЕСТВ.	208
Arguchintseva A.V., Arguchintsev V.K., Vologzhina S.Zh. MODELS AND METHODS FOR RESOLUTION OF TASKS OF ENVIRONMENT PROTECTION	208
Аргучинцева А.В., Аргучинцев В.К., Вологжина С.Ж. МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	208
Avilkin I.A., Samolyubov B.I., Ivanova I.N., Sheynkman E.L. TRANSPORT OF SUSPENDED AND DILUTED ADMIXTURES IN THE BAYS OF LAKES UNDER THE INFLUENCE OF SISTEMS OF STRATIFIED CURRENTS Авилкин И.А., Самолюбов Б.И., Иванова И.Н., Шейнкман Е.Л. ПЕРЕНОС ВЗВЕШЕННЫХ И РАСТВОРЕННЫХ ПРИМЕСЕЙ В ОЗЕРНЫХ ЗАЛИВАХ ПОД ВЛИЯНИЕМ СИСТЕМ СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ТЕЧЕНИЙ	
Blinov V.V., Sinyukovich V.N., Ivanov V.G. ON SPATIAL DISTRIBUTION OF MIXING OF RIVERINE AND LACUSTRINE WATERS OF LAKE BAIKAL	
Блинов В.В., Синюкович В.Н., Иванов В.Г. К ВОПРОСУ О ПРОСТРАНСТВЕННОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ СМЕШЕНИЯ РЕЧНЫХ И ОЗЕРНЫХ ВОД БАЙКАЛА	
Budnev N.M. (Collaboration "Baikal") BAIKAL NEUTRINO TELESCOPE AS A DEEP-WATER LABORATORY FOR INTERDISCIPLINARY RESEARCHES	213
Буднев Н.М. (за сотрудничество «Байкал») БАЙКАЛЬСКИЙ НЕЙТРИННЫЙ ТЕЛЕСКОП – ГЛУБОКОВОДНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ДЛЯ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	214
Budnev N.M., Il'in N.V., Orlov I.I., Pan'kov A.L., Pan'kov L.V. NONSTATIONARITY OF FREQUENCY ATTENUATION DISPERSION DURING ACOUSTIC PROBING ON LAKE BAIKAL IN 2009	214
Буднев Н.М., Ильин Н.В., Орлов И.И., Паньков А.Л., Паньков Л.В. НЕСТАЦИОНАРНОСТЬ ЧАСТОТНОЙ ДИСПЕРСИИ ПОТЕРЬ ПО ДАННЫМ АКУСТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ВОДЫ ОЗ. БАЙКАЛ	216
Chipanina E.V., Kuchmenko E.V., Sezko N.P. BALANCE ASSESSMENTS OF THE SUBSTANCES-INDICATORS IN THE BASIN OF A SMALL RIVER.	216
Чипанина Е.В., Кучменко Е.В., Сезько Н.П. БАЛАНСОВЫЕ ОЦЕНКИ МИГРАЦИИ ВЕЩЕСТВ-ИНДИКАТОРОВ В БАССЕЙНЕ МАЛОЙ РЕКИ	218
Debolskaya E.I., Debolsky V.K., Maslikova O.J., Sudakova N.A. USE OF PROGRAM GETM FOR MATHEMATICAL MODELLING OF THE THERMAL MODE OF SHATURA LAKES-COOLERS Дебольская Е.И., Дебольский В.К., Масликова О.Я., Судакова Н.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММЫ GETM ДЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ШАТУРСКИХ ОЗЕР-ОХЛАДИТЕЛЕЙ	
Dobrynin V.I. THE EXTREMELY WEAK LUMINESCENCE OF NATURAL WATERS	220
Filatov N., Rukhovets L., Astrakhantsev N.G., Petrova N., Menshutkin V. JOINT DESCRIPTION OF PHYSICAL AND CHEMICAL AND BIOLOGICAL PROCESSES FOR LARGEST LAKES OF EUROPE	
Gnatovsky R.Yu. INTERDEPENDENCE BETWEEN ANNUAL TEMPERATURE CHANGEABILITY AND TERMS OF COMPLETE FREEZING OF LAKE BAIKAL	
СОМРЕЕТЕ ГКЕЕДІЛО ОГ LAKE BAIKAL Гнатовский Р.Ю. СВЯЗЬ МЕЖДУ ГОДОВОЙ ИЗМЕНЧИВОСТЬЮ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ И СРОКАМИ ПОЛНОГО ЛЕДОСТАВА ОЗЕРА БАЙКАЛ	
Golubev V.A. DEEP AND NEAR-BOTTOM WATER TEMPERATURE STRUCTURE OF LAKE KHUBSUGUL (MONGOLIA) (HYDROPHYSICAL AND GEOTHERMAL ASPECTS)	224
Голубев В.А. ТЕМПЕРАТУРНАЯ СТРУКТУРА ГЛУБИННЫХ И ПРИДОННЫХ ВОД ОЗЕРА ХУБСУГУЛ (МОНГОЛИЯ) (ГИДРОФИЗИЧЕСКИЕ И ГЕОТЕРМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ)	224
Granin N.G., Kucher K.M., Gnatovsky R.Yu., Blinov V.V., Makarov M.M. RING STRUCTURES ON THE ICE OF LAKE BAIKAL	225
Гранин Н.Г., Кучер К.М., Гнатовский Р.Ю., Блинов В.В., Макаров М.М. КОЛЬЦЕВЫЕ СТРУКТУРЫ НА ЛЬДУ ОЗЕРА БАЙКАЛ	
Gurulev A.A., Lukyanov P.U., Tsyrenjapov S.V., Orlov A.O. THE INFLUENCE OF HIGHER WATER VEGETATION ON THE ELECTROMAGNETIC PROPERTIES OF ICE	227
РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ЛЬДА	
Каrnaukhova G.A. WATER CHEMISTRY MARGINAL FILTER OF THE ANGARA Карнаухова Г.А. ГИДРОХИМИЯ МАРГИНАЛЬНОГО ФИЛЬТРА АНГАРЫ	
Khodzher T.V., Granina L.Z., Sorokovikova L.M. TO EVALUATION OF THE CHEMICAL BALANCE IN LAKE BAIKAL	
Ходжер Т.В., Гранина Л.З., Сороковикова Л.М. К ОЦЕНКЕ ХИМИЧЕСКОГО БАЛАНСА ОЗЕРА БАЙКАЛ	
DYNAMICS OF ICE COVER GROWTH PROCESS ON LAKE BAIKAL ON THE BASE OF EXPERIMENTAL DATA	231

Козлов В.В., Асламов И.А., Мизандронцев И.Б., Кучер К.М., Гранин Н.Г. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССА РОСТА ЛЕДОВОГО ПОКРОВА НА БАЙКАЛЕ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ	232
Lovtsov S.V., Portyanskaya I.A., Rastegin A.E. SOME RESULTS OF SPECTRAL ANALYSIS OF TEMPERATURE DATA OBTAINED IN SOUTH BAIKAL	233
Makarov M.M., Kucher K.M., Aslamov I.A. LONG-DISTANCE PROPAGATION OF SOUND IN LAKE BAIKAL Макаров М.М., Кучер К.М., Асламов И.А. ДАЛЬНЕЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗВУКА В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ	234
Mizandrontsev I.B., Tomberg I.B., Sorokovikova L.M. INFLUENCE OF THE UNDERRIVER INPUT OF THE SELENGA RIVER ON ITS UNDERWATER DELTA.	235
Мизандронцев И.Б., Томберг И.В., Сороковикова Л.М. О ВОЗДЕЙСТВИИ ПОДРУСЛОВОГО СТОКА Р. СЕЛЕНГИ НА ЕЕ АВАНДЕЛЬТУ	236
Pogodaeva T.V., Zemskaya T.I., Dolya I.N., Khlystov O.M. BACKGROUND COMPOSITION OF THE PORE WATERS IN BOTTOM SEDIMENTS OF LAKE BAIKAL Погодаева Т.В., Земская Т.И., Доля И.Н., Хлыстов О.М. ФОНОВЫЙ СОСТАВ ПОРОВЫХ ВОД ДОННЫХ	237
ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА БАЙКАЛ Potemkina T.G. TENDENCIES OF STREAMFLOW IN LAKE BAIKAL IN THE XX-EARLY XXI CENTURIES	
Потёмкина Т.Г. ТЕНДЕНЦИИ РЕЧНОГО СТОКА В ОЗ. БАЙКАЛ В XX – НАЧАЛЕ XXI ВВ Reznikov S.A., Matveev A.A., Anikanova M.N., Arakelyan V.S., Yakunina O.V. ZONES OF LAKE BAIKAL	
РООLLUTION IN THE AREA OF BAIKALSK PULP AND PAPER PLANT (BPPP) BY THE RESULTS OF HYDROCHEMICAL, GEOCHEMICAL AND HYDROBIOLOGICAL OBSERVATIONS IN 2000 – 2009 Резников С.А., Матвеев А.А., Аниканова М.Н., Аракелян В.С., Якунина О.В. ЗОНЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОЗ. БАЙКАЛ В РАЙОНЕ БАЙКАЛЬСКОГО ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО КОМБИНАТА (БЦБК) ПО РЕЗУЛЬТАТАМ	240
ГИДРОХИМИЧЕСКИХ, ГЕОХИМИЧЕСКИХ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ 2000 – 2009 ГГ	241
ТRANSFORMATIONS OF CHLOROPHILL-"А" DISTRIBUTION IN TELETSKOE LAKE Самолюбов Б.И. РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ТЕЧЕНИЙ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ХЛОРОФИЛЛА-«А» В ТЕЛЕЦКОМ ОЗЕРЕ	
Sherstyankin P.P., Cherkashin A.K. ON THERMOBARIC STABILITY AND LE CHATELIER PRINCIPLE IN NATURAL DEEP WATERS: LAKE BAIKAL AS AN EXAMPLE Шерстянкин П.П., Черкашин А.К. О ТЕРМОБАРИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ И ПРИНЦИПЕ ЛЕ-ШАТЕЛЬЕ В	244
Переглики И.П., Германии И.К. О ТЕГИОВЛИ И ПЕСКОИ УСТОИ ИНВОСТИ И И ИЛИЦИИЕ ЛЕ-ШИТЕЛЬЕ В ГЛУБОКИХ ПРИРОДНЫХ ВОДАХ НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ Sherstyankin P.P., Fialkov V.A., Chernyaev Ye.S., Sagalevich A.M., Ivanov V.G., Potemkin V.L., Kuimova L.N. ON	244
Sherstyankin P.F., Flakov V.A., Chernyaev Fe.S., Sagarevich A.M., Ivanov V.G., Potenkin V.L., Kunnova L.N. ON THERMODYNAMIC PROPERTIES OF WATERS IN THE AREA OF LAKE BAIKAL MAXIMAL DEPTHS BY OBSERVATIONS FROM "MIR-2" DURING SPRING THERMAL BAR Шерстянкин П.П., Фиалков В.А., Черняев Е.С., Сагалевич А.М., Иванов В.Г., Потемкин В.Л., Куимова Л.Н. О ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ВОД В РАЙОНЕ МАКСИМАЛЬНЫХ ГЛУБИН ОЗЕРА БАЙКАЛ ПО	245
НАБЛЮДЕНИЯМ С МИР-2 В ПЕРИОД ВЕСЕННЕГО ТЕРМОБАРА Sherstyankin P.P., Ivanov V.G., Kuimova L.N. ON MESOTHERMAL TEMPERATURE MAXIMUM OF DISCOVERED	246
ВУ G.YU. VERESHCHAGIN IN WINTER UNDER THE ICE IN THE SOUTHERN BAIKAL	
Sherstyankin P.P., Sankov V.A. HYDROPHYSICAL REGIME OF LAKE BAIKAL SITUATED IN A RIFT DEPRESSION FROM ITS APPEARING TILL NOWADAYS.	249
Шерстянкин П.П., Саньков В.А. ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ОЗЕРА БАЙКАЛ, РАСПОЛОЖЕННОГО В РИФТОВОЙ ВПАДИНЕ, ОТ ЗАРОЖДЕНИЯ ДО НАШИХ ДНЕЙ	249
Shimaraev M.N., Granin N.G., Zhdanov A.A., Gnatovsky R.Yu., Blinov V.V. DEEP INTRUSIONS AND OXYGEN VENTILATION OF NEAR-BOTTOM WATERS OF LAKE BAIKAL	250
АЭРАЦИЯ КИСЛОРОДОМ ПРИДОННЫХ ВОД ОЗЕРА БАЙКАЛ	251
АND HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS IN LAKE BAIKAL	
Sinyukovich V.N., Kurbatova N.N. ON THE ACCURACY OF SOME BALANCE ASSESSMENTS OF LAKE BAIKAL Синюкович В.Н., Курбатова Н.Н. О ТОЧНОСТИ НЕКОТОРЫХ БАЛАНСОВЫХ ОЦЕНОК ОЗ. БАЙКАЛ	254
Sorokovikova L.M., Sinyukovich V.N., Domysheva V.M. CURRENT CHEMICAL OUTPUT OF THE ANGARA RIVER Сороковикова Л.М., Синюкович В.Н., Домышева В.М. ХИМИЧЕСКИЙ СТОК Р. АНГАРЫ В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД	
Sorokovikova L.M., Tomberg I.V., Sinyukovich V.N., Sez'ko N.P., Dolya I.N. PECUIARITIES OF FORMATION OF THE MIXING ZONE OF RIVERINE AND LAKE WATERS IN THE BARGUZIN BAY OF LAKE BAIKAL	
ЗОНЫ СМЕШЕНИЯ РЕЧНЫХ И ОЗЕРНЫХ ВОД В БАРГУЗИНСКОМ ЗАЛИВЕ БАЙКАЛА	
PROPERTIES (IOP) OF THE BAIKAL NEUTRINO TELESCOPE WATER ENVIRONMENT RESEARCHES Таращанский Б.А., Миргазов Р.Р., Рябов Е.В., Ягунов А.С. СТАТУС ИССЛЕДОВАНИЙ ГИДРООПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДНОЙ СРЕДЫ БАЙКАЛЬСКОГО НЕЙТРИННОГО ТЕЛЕСКОПА	

Tomberg I.V., Sorokovikova L.M., Popovskaya G.I., Chebykin E.P., Bashenkhaeva N.V. PHYSICAL AND CHEMICAL PROCESSES WITHIN THE MIXING ZONES "RIVER-LAKE" IN BAIKAL	260
Томберг И.В., Сороковикова Л.М., Поповская Г.И., Чебыкин Е.П., Башенхаева Н.В. ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЗОНАХ СМЕШЕНИЯ ВОД ПРИТОКОВ И ОЗ. БАЙКАЛ	
Troitskaya E.S., Shimaraev M.N., Zhdanov A.A., Zhdanova R.N., Salva E.V., Gnatovsky R.Yu., Ivanov V.G., Blinov V.V., Budnev N.M. UPWELLINGS IN LAKE BAIKAL	263
Троицкая Е.С., Шимараев, М.Н., Жданов А.А., Жданова Р.Н., Сальва Е.В., Гнатовский Р.Ю., Иванов В.Г., Блинов В.В., Буднев Н.М. АПВЕЛЛИНГИ В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ	263
Tsvetova E.A. NUMERICAL MODELING IN STUDIES OF MECHANISMS FORMING CIRCULATION, TEMPERATURE REGIME, AND ADMIXTURE DISTRIBUTION IN LAKE BAIKAL Цветова Е.А. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МЕХАНИЗМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ЦИРКУЛЯЦИИ, ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ ВОЗЕРЕ БАЙКАЛ	
Zhdanov A.A., Granin N.G., Makarov M.M., Kucher K.M., Aslamov I.A. REGISTRATION OF CURRENTS WITH FREE-	
FLOATING DRIFTERS	
7. LACUSTRINE, MARINE AND GLACIAL HIGH-RESOLUTION RECORDS OF PALEOCLIMATES. ОЗЕРНЫЕ, МОРСКИЕ И ЛЕДОВЫЕ ВЫСОКОРАЗРЕШАЮЩИЕ ЛЕТОПИСИ ПАЛЕОКЛИМАТОВ	267
Bobrov V.A. RARE-EART AND RADIOACTIVE ELEMENTS IN BOGGY AND LACUSTRINE DEPOSITS OF HOLOCENE	267
Бобров В.А. РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ И РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В БОЛОТНЫХ И ОЗЕРНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ГОЛОЦЕНА	
Goldberg E.L., Gorbarenko S.A., Chebykin E.P., Zhuchenko N.A., Panov V.S., Sushenzeva N.N., Sryvkina Yu.V., Stepanova O.G., Bosin A.A., Harada N. HIGH-RESOLUTION RESPONSES OF THE OKHOTSK SEA ON CLIMATE CHANGES AT THE ORBITAL AND MILLENNIAL SCALES	268
Степанова О.Г., Босин А.А., Харада Н. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ, ЗАПИСАННЫЕ В ОСАДКАХ ОХОТСКОГО МОРЯ, НА ОРБИТАЛЬНОЙ И ТЫСЯЧЕЛЕТНЕЙ ШКАЛАХ	270
Goldberg E.L., Vorobyeva S.S. SIZE VARIATIONS OF BAIKALIAN DIATOM <i>CYCLOTELLA MINUTA</i> , AS A RESPONSE TO GLOBAL CLIMATE CHANGES	
Gorishnaya A.G., Gorshkov A.G. HYDROCARBON GEOCHEMICAL BACKGROUND OF RECENT BOTTOM SEDIMENTS IN LAKE BAIKAL	
Горишная А.Г., Горшков А.Г. УГЛЕВОДОРОДНЫЙ ГЕОХИМИЧЕСКИЙ ФОН СОВРЕМЕННЫХ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА БАЙКАЛ	274
Gorshkov A.G., Khlystov O.M., Marinayte I.I., Zemskaya T.I., Khodger T.V. OIL IN THE ECOSYSTEM OF LAKE BAIKAL	274
Горшков А.Г., Хлыстов О.М., Маринайте И.И., Земская Т.И., Ходжер Т.В. НЕФТЬ В ЭКОСИСТЕМЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ	275
Granina L.Z., Isaeva A.B., Zolotyh E.O. PHOSPHORUS IN Fe / Mn CRUSTS BURIED IN BAIKAL BOTTOM SEDIMENTS	276
Гранина Л.З., Исаева А.Б., Золотых Е.О. ФОСФОР В Fe/Mn КОРКАХ, ЗАХОРОНЕННЫХ В ДОННЫХ ОСАДКАХ БАЙКАЛА	277
Kalugin I.A., Daryin A.V., Babich V.V., Ovchinnikov D.V., Myglan V.S., Vologina Ye.G., Ptitsyn A.B., Reshetova S.A., Rudaya N.A. THE DYNAMICS OF HOLOCENE CLIMATE IN SIBERIA AS A FUNCTION OF MODERN GEOCHEMICAL RESPONSE OF LACUSTRINE SEDIMENTATION	277
Калугин И.А., Дарьин А.В., Бабич В.В., Овчинников Д.В., Мыглан В.С., Вологина Е.Г., Птицын А.Б., Решетова С.А., Рудая Н.А. ДИНАМИКА ГОЛОЦЕНОВОГО КЛИМАТА В СИБИРИ КАК ФУНКЦИЯ СОВРЕМЕННОГО ГЕОХИМИЧЕСКОГО ОТКЛИКА ОЗЕРНОГО ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ	278
Klyuvitkina T.S., Polyakova Ye.I., Bauch H., Kassens H. HIGH-RESOLUTION RECONSTRUCTION OF SEA-ICE AND HYDROLOGICAL CONDITIONS IN THE SOUTH-EASTERN LAPTEV SEA DURING THE HOLOCENE DEDUCED FROM MICROALGAE ASSEMBLAGES	279
Luzhetskiy V.G. BOTTOM SEDIMENTS OF BAIKAL AS SIGNS OF THE EARTH CLIMATE TRANSITION TO A GLACIAL AGE	280
Лужецкий В.Г. ДОННЫЕ ОСАДКИ БАЙКАЛА, КАК ПРЕДВЕСТНИКИ ПЕРЕХОДА КЛИМАТА ЗЕМЛИ К ЛЕДНИКОВОМУ ПЕРИОДУ	281
Luzhetskiy V.G. ON THE BAIKAL BDP-99 BOREHOLE DRILLING CORE AGE	
Mats V.D. SOURCES OF BIOGENIC SILICA IN BAIKAL REGION Мац В.Д. ИСТОЧНИКИ АМОРФНОГО КРЕМНЕЗЕМА В БАЙКАЛЬСКОМ РЕГИОНЕ	
Mats V.D., Chernyaeva G.P., Efimova I.M. POSSIBLE PATHS OF AULOCOSEIRA BAICALENSIS MIGRATION IN EARLY AND LATE NEOPLEISTOCENE.	283
Мац В.Д., Черняева Г.П., Ефимова И.М. ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ МИГРАЦИИ AULOCOSEIRA BAICALENSIS В РАННЕМ И ПОЗДНЕМ НЕОПЛЕЙСТОЦЕНЕ	

Nevzorova I.V. GEOINFORMATION MODELLING AND MORPHOMETRIC ANALYSIS OF THE RELIEF OF NORTH-EASTERN PRE-BAIKAL Невзорова И.В. ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЛЬЕФА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ	284
Osipov E.Y. PLEISTOCENE GLACIATION AND CHANGES IN LAKE BAIKAL LEVELS Осипов Э.Ю. ПЛЕЙСТОЦЕНОВОЕ ОЛЕДЕНЕНИЕ И ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ОЗЕРА БАЙКАЛ	286 286
Papina T.S., Eichler A., Schwikowski M., Malygina N.S. RESEARCH OF CLIMATIC AND ECOLOGICAL CHANGES IN ALTAI REGION FROM HIGH-ELEVATION GLACIERS	287
Petit J.R., Alekhina I.A., Bulat S.A., Lipenkov V.Y. PAST CLIMATE AND BIOGEOCHEMISTRY OF THE VOSTOK (ANTARCTIC) SUB-GLACIAL LAKE DEDUCED FROM DEEP ICE CORE STUDIES	289
Sklyarov E.V., Solotchina E.P., Vologina E.G., Solotchin P.A., Sklyarova O.A. HOLOCENE CLIMATE RECORD FROM CARBONATE SEDIMENTS OF SMALL SALINE LAKES, WEST BAIKAL AREA Скляров Е.В., Солотчина Э.П., Вологина Е.Г., Солотчин П.А., Склярова О.А. КЛИМАТИЧЕСКАЯ ЛЕТОПИСЬ ГОЛОЦЕНА ИЗ КАРБОНАТНЫХ ОСАДКОВ МАЛЫХ СОЛЕНЫХ ОЗЕР ЗАПАДНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ	289 290
Tulokhonov A.K. UNDERWATER TERRACES OF LAKE BAIKAL AS THE BASIS FOR NEW PALEOGEOGRAPHIC LATE CENOZOIC RECONSTRUCTIONS OF NORTHERN ASIA Тулохонов А.К. ПОДВОДНЫЕ ТЕРРАСЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ – ОСНОВАНИЯ ДЛЯ НОВЫХ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ ПОЗДНЕГО КАЙНОЗОЯ СЕВЕРНОЙ АЗИИ	291 293
Vologina E.G., Sturm M., Vorobyeva S.S. SEDIMENTATION IN THE SOUTH BASIN OF LAKE BAIKAL Вологина Е.Г., Штурм М., Воробьева С.С. ОСАДКОНАКОПЛЕНИЕ В ЮЖНОЙ КОТЛОВИНЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ	
Zhdanova A.N., Shikhova A.V. & Filonenko A.V. MINERAL COMPOSITION OF BOTTOM SEDIMENTS AND SEDIMENTATION PECULARITIES OF LAKE CHANY (SOUTH OF WESTERN SEBIRIA)	296 296
Zhmodik S.M., Goldberg E.L., Fedorin V.A., Nemirovskaya N.A., Zhmodik A.S., Mironov A.G., Svetlyakova T.N., Karmanov N.S., Titov A.T., Khlistov O.M. MICROMAPPING OF URANIUM AND PHOSPHORUS IN THE LAKE BAIKAL SEDIMENTS (ACADEMICHESKIY RIDGE, ST8; ST11)	297
Жмодик С.М., Гольдберг Е.Л., Федорин М.А., Немировская Н.А., Жмодик А.С., Миронов А.Г., Светлякова Т.Н., Карманов Н.С., Титов А.Т., Хлыстов О.М. ЛОКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УРАНА И ФОСФОРА В ОСАДКАХ ОЗЕРА БАЙКАЛ (АКАДЕМИЧЕСКИЙ ХРЕБЕТ, ST8;ST11)	298

1. SPECIATION PROBLEMS IN ANCIENT CLOSED SYSTEMS: MOLECULAR AND CLASSICAL APPROACHES AND MODELS. ПРОБЛЕМЫ ВИДООБРАЗОВАНИЯ В ДРЕВНИХ ЗАМКНУТЫХ ЭКОСИСТЕМАХ: МОЛЕКУЛЯРНЫЕ И КЛАССИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ И МОДЕЛИ.

MODERN STATISTICAL METHODS OF THE ANALYSIS FOR RESEARCH OF TROPHIC RELATIONS IN LAKE BAIKAL

Averina E.S.*, Radnaeva L.D.*, Grahl-Nielsen O.** Baikal Institute of Nature Management SB RAS, 6, Sah'janova St., Ulan-Ude 670047, Russia

**University of Bergen, NO-5020 Bergen, Norway

Major factor of any ecosystems existence are the trophic or food relations which consist of several levels primary producers and consumer various levels. Complexity of trophic relations in water ecosystems has led to search of new effective research methods. For detailed studying of the food mutual relations of water organisms the chemometrics methods of the analysis of fatty acids composition – biochemical hydrobionts markers are perspective (Kharlamenko et al., 1995). This approach is based on application of the statistical methods of processing of multidimensional data, for example the principal component analysis (PCA), for study of the multicomponent natural objects, for example mixes of fatty acids in organisms.

The top predator, and the only endemic mammal of the lake, is the Baikal seal – nerpa *Phoca sibirica*. A foraging of the Baikal seal was well enough studied using the traditional "otolites" techniques of researches in different years. However last publications are based on the materials collected in first half 1990th. In the middle and, especially in the end 1990th, and also in the beginning of 2000th years, population of a seal was exposed to intensive operation. Its number was stabilized at that time on a little lowered level (in comparison with the end of 1980th). It is obvious, that for this period the food base of a seal could change (Petrov&Egorova, 1998).

For investigation of the transformation mechanism of fatty acids (FA) via a trophic chain the comparative FA composition analysis of the some objects of a food chain have been carried out: Baikal seal (blubber), Baikal golomyanka (*Cottidae*) and some salmon (*Coregonidae* and *Thymallidae* familia) and coarse (*Cyprinidae* familia) Baikal fish (muscle tissue) – nerpa foraging objects. For revealing of FA distribution laws in nerpa blubber, FA composition have been studied in layers: Subsamples were cut from the pieces of blubber close to the skin and close to the muscle, carefully avoiding crosscontamination of liquid fat along the blubber column. The obtained data are processed by a method of the principle component analyses (Fig. 1).

Apparently from the presented figure, FA composition of the inner and outer layer is distinguished, that allows to make a conclusion about vertical stratification of Baikal seal blubber composition. Moreover, FA composition differences of nerpa blubber and food objects were shown least at comparison of structure of acids of fats of fishes and an inside layer of fat of the Baikal seal that testifies that a stock of fat acids from food occur in an inside layer. Given the large and systematic difference between the inner and outer blubber layer, the inner blubber layer should obviously be used in comparisons with the FA composition of the prey, since the deposition of ingested lipids takes place in the inner layer. The PC plot demonstrates the separation between the seal and fish FA composition in Lake Baikal (fig. 1). From the same figure it is possible to draw a conclusion on the greatest affinity of structure of nerpa blubber and Baikal golomyanka that confirms the information about golomyankas as the basic food base of the nerpa. Salmon and coarse Baikal fish make a smaller part of a seal diet owing to what similarity of FA composition of the these fishes and the Baikal seal is shown to a lesser degree and in the presented PC-plot the specified objects are most removed from each other.

The obtained results are in strong conformity with literary data received on T.M. Ivanov's traditional technique which consists in washing up from a contained gastroenteric path fish otolites making a diet of animals.

Thus, the results of researches obtained at studying of a seal foraging by a traditional method, and the analysis of a chemical compound Baikal seal blubber and its food objects, allow to deepen our representations about power of sea mammals (on an example of a nerpa) and in more details to track food interrelations in the top echelons of trophic system of Baikal.

This work was financed by grants from the Russian Fund for Basic Research (№ 08-05-98029-p_Cuбupь_a).

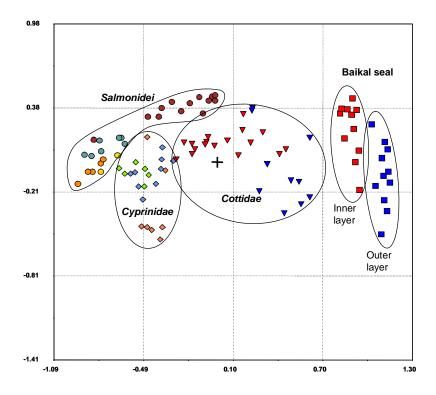


Fig. 1. PC plot of samples from Baikal seal blubber and fish muscles lipids (Принципиальный компонентный анализ жирнокислотного состава образцов подкожного жира нерпы и рыб оз. Байкал).

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА В ИССЛЕДОВАНИИ ТРОФИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Аверина Е.С., Раднаева Л.Д., Грахл-Нилсен О.*

Байкальский институт природопользования СО РАН, 6, ул. Сахьяновой, Улан-Удэ 670047. Россия

*Бергенский университет, а/я 7800, NO-5020 Берген, Норвегия

Основным фактором существования любой экосистемы являются трофические или пищевые связи, которые состоят из нескольких уровней – первичные продуценты и консументы различных уровней. Сложность трофических связей в водных экосистемах привела к поиску новых эффективных методов исследования. Для детального изучения пищевых взаимоотношений водных организмов перспективными являются хемометрические методы анализа состава жирных кислот – биохимических маркеров гидробионтов (Kharlamenko et al., 1995). Этот подход основан на применении статистических методов обработки многомерных данных, например, анализа главных компонент МГК, для изучения многокомпонентных природных объектов, например смесей жирных кислот в живых организмах.

Байкальская нерпа является замыкающим звеном трофической цепи озера Байкал. Питание байкальской нерпы на том уровне, какой мог быть достигнут при использовании традиционной "отолитной" методики исследований, довольно хорошо изучалось в разные годы. Однако последние публикации основаны на материалах, собранных в первой половине 1990-х гг. Дать характеристику питания нерпы – весьма сложная задача, поскольку используемые на практике показатели питания зависят от разных факторов и могут значительно колебаться из года в год. Существуют и очень большие индивидуальные колебания в питании, что и понятно, поскольку нерпа в период нагула сильно рассредоточена по акватории и, следовательно, может обитать в разных трофических условиях (Петров&Егорова, 1998).

В целях исследования механизма трансформации жирных кислот (ЖК) по трофической цепи проведен сравнительный анализ жирнокислотного состава липидов следующих объектов пищевой цепи: подкожного жира байкальской нерпы *Phoca sibirica* – замыкающее звено трофической цепи оз. Байкал, мышечной ткани голомянок Байкала, некоторых лососевидных и соровых рыб Байкала – пищевых объектов нерпы. Для выявления закономерностей распределения ЖК в подкожной жировой ткани нерпы, исследование жирнокислотного состава проведено послойно: верхний слой – слой жира (3 мм) наиболее близкий к шкуре животного, внутренний слой – слой жира, наиболее близкий к мышечной ткани нерпы.

Полученные данные состава жира нерпы и липидов мышечной ткани изученных рыб обработаны методом мультивариационного анализа главных компонент (principle component analyses, PC-анализ). Этот метод статистического анализа позволяет интегрировать информацию обо всех объектах (в данном случае образцы тканей изученных гидробионтов) и показателях (составом кислот) одновременно и получить PC-график (Fig. 1), который является проектированием всех образцов (n-

мерного пространства) на двумерную систему. Оси системы – первая и вторая (или третья) главные компоненты.

Как видно из представленного рисунка, жирнокислотный состав внутреннего и верхнего слоев жира различен, что позволяет делать вывод о вертикальной стратификации состава подкожного жира байкальской нерпы. При этом, различия жирнокислотного состава подкожного жира нерпы и состава жиров пищевых объектов нерпы проявлялись в наименьшей степени при сравнении состава кислот жиров рыб и внутреннего слоя жира байкальской нерпы, что свидетельствует о том, что запас жирных кислот из пищи происходят во внутреннем слое, и он является наиболее информативный с точки зрения изучения пищевых взаимодействиях в цепи "рыба-нерпа".

Из того же рисунка можно сделать вывод о наибольшей близости состава подкожного жира нерпы и байкальских голомянок, что находится в соответствие с информацией о байкальских голомянках как основной пищевой базе нерпы. Лососевидные и соровые рыбы составляют меньшую часть рациона нерпы, вследствие чего схожесть состава липидов указанных рыб и байкальской нерпы проявляется в меньшей степени и на представленном рисунке указанные объекты наиболее удалены друг от друга. Полученные результаты находятся в строгом соответствии с литературными данными полученных по традиционной методике Т.М. Иванова, которая заключается в отмывании из содержимого желудочно-кишечного тракта отолитов рыб, составляющих диету животных.

Таким образом, результаты исследований, получаемые при изучении питания нерпы традиционным методом, и анализ химического состава подкожного жира нерпы и её пищевых объектов, позволяют углубить наши представления об энергетике морских млекопитающих (на примере нерпы) и более детально проследить пищевые взаимосвязи в высших звеньях трофической системы Байкала.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 08-05-98029-р_Сибирь_а).

DISTRIBUTION OF PHYTOFLAGELLATES AND CILIATES IN THE CHEMOCLINE REGION OF THE SALINE MEROMICTIC LAKE SHUNET

Barkhatov Y.V., Khromechek E.B., Rogozin D.Y.

Institute of Biophysics SB RAS, Akademgorodok, Krasnoyarsk 660036, Russia

<u>Barkh@ibp.ru</u>

The vertical and seasonal distributions of the phytoflagellate *Cryptomonas* spp., and its most common predators, the planktonic ciliates genera *Oligotrichida*, *Scuticociliatida*, *Hypotrichida* and *Prostomatida*, were investigated in Lake Shunet. Throughout the study period, the chemocline of the lake was co-inhabited by large populations of *Cryptomonas* phytoflagellates and ciliates adapted to poor light conditions, anoxia, and hydrogen sulphide (Fig. 1).

The population of *Cryptomonas* sp. appeared to always remain at the oxic-anoxic interface. In both summer and winter *Cryptomonas* peaked in 5-10 cm above or at the chemocline (located at the depth of 5 m). Abundance – 3000-35000 cells ml⁻¹, total biomass – 1.8-22 mg l⁻¹.

Abundance – 3000-35000 cells ml⁻¹, total biomass – 1.8-22 mg l⁻¹. The ciliate abundance and biomass were much higher in the chemocline than in the mixolimnion. Abundance in the chemocline – 50-400 cells ml⁻¹, in the mixolimnion - 0-36 cells ml⁻¹, total biomass in the chemocline – 0.2-1.5 mg l⁻¹, in the mixolimnion – 0-0.8 mg l⁻¹. The most distinctive feature of ciliate community in the pelagic zone of Lake Shunet is their clear preference to stay in a certain part of the water column. The protozooplankton maximum was observed in the 10-35 cm layer of the chemocline region, above or sometimes in the layer of purple sulphur bacteria, where hydrogen sulphide concentration was from 0 to 5 mg L⁻¹ with little or no oxygen. Ciliate populations in this region do not seem to migrate. Diel distribution of the organisms in the Lake Shunet showed that the ciliates maximum was always somewhat higher than that of *Cryptomonas*. That the ciliates were sensitive to increases in sulphide levels is quite likely.

The species composition of the ciliate community in the pelagic of Lake Shunet is not very diverse and ciliate species occupy different habitats in the pelagic zone of the lake. The *Oxytricha* sp. ciliate, inhabited in layer containing hydrogen sulphide, can be considered a typical anaerobic species. The other ciliate species occur throughout the water column, but the larger part of their biomass is concentrated immediately above the chemocline.

Dense populations of small *Cyclidium* sp. ciliates, which develop during spring and autumn largely feed on small bacteria. During both summer and winter stratification, the larger ciliates such as *Strombidium*, *Prorodon*, *Euplotes*, occupy a dominant position as they feed on phytoflagellates and probably also purple bacteria.

We assume that the occurrence of a large population of *Cryptomonas* phytoflagellates in the chemocline and the absence of extended daily migrations of *Cryptomonas* in Lake Shunet may be due to two reasons. Firstly, it is the small depth of the lake and the chemocline location with relation to the surface. Though the light intensity at the depth of the chemocline is low, it is sufficient for maintaining the *Cryptomonas* population, which has persisted in this zone. This suggestion is indirectly confirmed by the location in the chemocline of the extremely dense population of photosynthesizing sulphur bacteria. To maintain the high density of these aquatic organisms, a flow of nutrients from the bottom is needed, which obviously is what happens, all the more so because the distance to the lake bottom is also small – about 1 m. Secondly, Lake Shunet doesn't have such large zooplankton species as Daphnia. The species of zooplankton dominating in the lake – Arctodiaptomus salinus, and the rotifers Brachionus plicatilis and Hexarthra oxiuris – cannot stay for a long time in the anaerobic and microaerobic water layers, which makes it less possible that the concentration of *Cryptomonas* will be significantly decreased due to grazing.

This work was supported by Russian Foundation for Basic Research (RFBR) and Krasnoyarsk region Science Foundation Grant no. 09-04-98042-r_sibir_a and Integration project of SB RAS No. 95

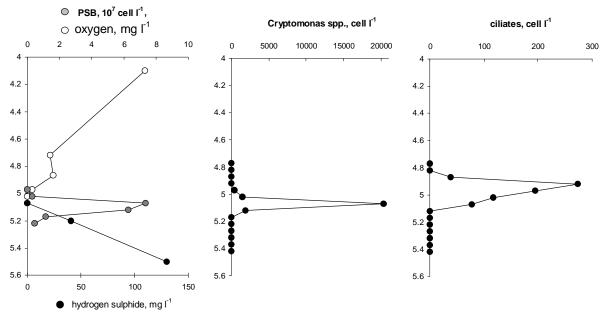


Fig. 1. The vertical distributions of the abundance of purple sulfur bacteria (PSB), oxygen, hydrogen sulphide (Rogozin&Degermendzhy, 2008), cryptomonas and ciliates in the chemocline of Lake Shunet on 27 July 2005.

CHEMICAL ELEMENT COMPOSITION OF TRICHOPTERANS BAICALINA BELLICOSA MART. DOMINATING IN THE LITTORAL ZONE OF SOUTHERN BAIKAL Boiko S.I., Rozhkova N. A., Kulikova N.N., Saibatalova E.V., Paradina L.F., Smirnova E.V.*,

Timoshkin O.A., Khanaev I.V., Suturin A.N.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia *A.P. Vinogradov's Institute of Geochemistry SB RAS, 1a, Favosrsky St., Irkutsk 664033, Russia boiko@lin.irk.ru

Baikal trichopterans are referred to amamphibiotic insects. Aqueous stages of their growth (eggs in jelly mass, larvae, pupae) develop during 2-3 years, whereas imagoes live on land only a few days. Average annual abundance and biomass of trichopterans are 1600 specimens/m² and 8 g/m², respectively. An endemic species *Baicalina bellicosa* Mart. making up 50-80% of the abundance and 60-90% of the biomass of all trichopterans from the stony littoral zones was an object for studying chemical element composition (Nepokrytykh, Rozhkova, 2008).

The aim of this work was to analyze chemical elements in eggs in jelly mass, larvae, pupae and imagoes of trichopterans, as well as their biochemical role in the littoral zone of Lake Baikal using inductively coupled plasma mass-spectrometry (ICP-MS).

Samples with trichopterans were dried to constant weight at 105°C and grinded in an agate mortar. Then they were decomposed by concentrated nitric acid in a microwave (dilution 500). Solutions were analyzed in a quadrupole mass-spectrometer Agilent 7500ce in the Center of Joint Equipment Use "Ultramicroanalysis" at Limnological Institute SB RAS (Irkutsk).

The ICP-MS method revealed that each stage of the development of a trichopteran has its own peculiarities of element composition. The highest concentrations of macro- and microelements, excluding Ca and Sr, are characteristic of larvae feeding on microalgae, bacteria and fungi. The concentration of Ti is several times higher in eggs than in pupae and imagoes, whereas the concentrations of Mo, Cu, Ba, Ga, Se, W, Mn, TI, and Au are lower than in imagoes. Moreover, these eggs as well as larvae contain higher concentrations of Zr, U and Zn. Pupae, on the contrary, compared to other stages, contain lower concentrations of rare-earth elements. The specific feature of element composition in females-imagoes and eggs is that they contain the highest concentrations of Sr, the maximum of which is recorded in pupae and larvae. Males-imagoes have the highest concentrations of Na, Al, Si, P, K, Sc, W, and especially MO, the concentration of which increases from 1.0-3.27 μ g/g of dry weight in larvae, eggs, pupae, and males-imagoes to 6.15 μ g/g in males.

B. bellicosa at all stages of its development concentrates Mn, P, Cu, Zn, K, Ba, Se, Mo, and Co more intensely compared to the that from the aquatic environment and absorbs Li, Ca, Sr, Na, B, and Cs in small quantities. Trichopterans inhabiting the stony substrate (mostly large fragments of granite) accumulate P, S,

Mo, and Br that are not accumulated only in eggs. Besides elements mentioned above, larvae, females and male-imagoes accumulate copper. Larvae, pupae and males-imagoes also concentrate manganese. Compared to the stony substrate, the lowest coefficients of biological absorption have such elements as Zr, Th, Ti, Al, Bi, Hf, Ta, Al, etc. that belong to rocks and minerals resistant to underwater weathering and are less mobile under oxidizing conditions in the shallow zone of Lake Baikal.

Trichopterans *B. bellicosa* absorb and concentrate Mn, P, Cu, Zn, K, Ba, Se, Mo, and Co more intensely in the aquatic environment and P, S, Mo, and Br on the stony substrate involving them in the complex chain of biological cycle of chemical elements in the ecosystem of the shallow area of Lake Baikal.

This work was supported by the programme "Effect of Landscape-ecological factors on Formation of Biodiversity of Unique Communities and Speciation Processes in the Shallow Area of Lake Baikal", No. 7.9.13 and RFBR grant Nos. 09-05-01139-a and 10-03-01135.

ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ РУЧЕЙНИКОВ *BAICALINA BELLICOSA* MART., ДОМИНИРУЮЩИХ В ЛИТОРАЛИ ЮЖНОГО БАЙКАЛА Бойко С.М., Рожкова А.Н., Куликова Н.Н., Сайбаталова Е.В., Парадина Л.Ф., Смирнова Е.В.*, Тимошкин О.А., Ханаев И.В., Сутурин А.Н.

Лимнологический институт СО РАН ,3, Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия *Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, 1а, Фаворского, Иркутск 664033, Россия

Байкальские ручейники относятся к амфибиотическим насекомым, водные стадии которых (кладки, личинки, куколки) развиваются в течение двух-трех лет, а вылетевшие на сушу имаго живут лишь несколько дней. Среднегодовые численность и биомасса ручейников соответственно – 1600 экз./м² и 8 г/м². Материалом для исследований химического элементного состава ручейников послужил эндемичный вид *Baicalina bellicosa* Mart., составляющий 50-80% численности и 60-90% биомассы всех ручейников каменистых грунтов литорали (Непокрытых, Рожкова, 2008).

Цель исследований – изучение содержания химических элементов в кладках, личинках, куколках и имаго, а также оценка биогеохимической роли ручейников в литорали оз. Байкал. Элементный состав гидробионтов определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС).

Пробы ручейников перед анализом сушили до постоянного веса при 105°С и растирали в агатовой ступке. Навески разлагали концентрированной азотной кислотой квалификации осч в бытовой микроволновой печи (разбавление 500). Растворы анализировали на квадрупольном масс-спектрометре Agilent 7500се в Центре коллективного пользования "Ультрамикроанализ" при ЛИН СО РАН (Иркутск).

Впервые методом ИСП-МС установлено, что каждая стадия развития ручейников имеет свои особенности элементного состава. Самые высокие содержания большинства макро- и микроэлементов, за исключением Са и Sr, характерны для личинок, питающихся микроводорослями, бактериями, грибами. В кладках в несколько раз больше, чем в куколках и имаго, Ti и заметно меньше, чем в имаго Мо, Cu, Ba, Ga, Se, W, Mn, Tl, Au. Кроме этого кладки, как и личинки, выделяются более высокими концентрациями большинства редкоземельных элементов, Zr, U и Zn. Куколки же, напротив, отличаются меньшим по сравнению с другими стадиями содержанием редкоземельных элементов. Особенность элементного состава самок-имаго и кладок – самые высокие содержания Са и Sr и самые низкие – Br, максимум которого отмечен в куколках и личинках. Состав самцов-имаго выделяется из общего ряда бо́льшим количеством Na, Al, Si, P, K, Sc, W и особенно Мо, содержание которого возрастает с 1,0 – 3,27 мкг/г сухой массы в личинках, кладках, куколках и самках-имаго, до 6,15 – в самцах.

В. bellicosa всех стадий развития в той или иной степени концентрирует наиболее интенсивно по сравнению с водной средой обитания Mn, P, Cu, Zn, K, Ba, Se, Mo, Co, редкоземельные элементы. Самое слабое поглощение характерно для Li, Ca, Sr, Na, B, Cs. Относительно каменистого субстрата, представленного в основном крупными обломками гранитного состава, ручейники накапливают P, S, Mo, Br, который не концентрируется только в кладках. Особенность личинок, самок и самцов-имаго – аккумуляция, кроме перечисленных элементов, цинка. Куколки и имаго отличаются способностью накапливать медь. Личинки, куколки и самки-имаго являются кроме прочего концентраторами марганца. Самые низкие коэффициенты биологического поглощения относительно каменистого субстрата характерны для элементов (Zr, Th, Ti, Al, Bi, Hf, Ta, Al и т.д.), слабоподвижных в окислительных условиях мелководной зоны Байкала, входящих в состав устойчивых к подводному выветриванию горных пород и минералов.

Ручейники *B. bellicosa* в процессе жизнедеятельности поглощают и концентрируют относительно водной среды наиболее интенсивно Mn, P, Cu, Zn, K, Ba, Se, Mo, Co, редкоземельные элементы, а в сравнении с каменистым субстратом – P, S, Mo, Br, вовлекая их в сложнейшую цепь биологического круговорота химических элементов в экосистеме мелководной зоны оз. Байкал.

Работа выполнена в рамках темы № 7.9.1.3 «Влияние ландшафтно-экологических факторов на формирование биоразнообразия, уникальных сообществ и процессы видообразования в мелководной зоне Байкала» и поддержана грантами РФФИ 09-05-01139-а, 10-03-01135.

INFLUENCE OF NICTIMERAL MIGRATIONS OF GOLOMYANKAS (COMEPHORIDAE) ON THE BIOLOGICAL PRODUCTION OF PELAGIC ECOSYSTEM OF BAIKAL LAKE

Chernyaev G.A.

A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, 33, Leninskij av., Moscow 119071, Russia admin@sevin.ru

Predecessors of Baikal Lake investigators - Berg (1910), Vereshchagin (1949), Kozhov (1952, 1963), Rossolimo (1966) found that in ultraoligotrophycal, nutrients poor ecosystem of the lake there are two maxima of production: the first - under the ice cover (January-May), the second - on the open water (June-August). These scientists, as well as ichthyologists Misharin (1949), Taliev (1955), Koryakov (1964 Starikov (1973), Gurova and Pastukhov (1974), Tchernyayev (1972, 1974) investigated the vertical (niktimeral) migrations of viviparous Comephorus (golomyankas - both species of Baikal oilfishes - Big Baical oilfish - Comephorus baicalensis Pall and Little Baical oilfish - C. dybowskii Korotneff): day to the bottom of Lake Baikal, and at night to its surface. Observations executed by hydronautes (Kozhova, Sidelev, Resinkov, 1979) showed that during the day Comephorus (golomyankas) actively hunt in the liquid, the surface silt laver of the Baikal bottom sediments on the gammarids, worms, molluscs, and their own relatives, whom they are able to swallow. In this case their hypertrophied lateral line organ (Sideleva, 1980) are dirtying by fragments of the bottom sediments. In such soiling state millions of Comephorus (golomyanka) in the night rise to the surface waters of Lake Baykal, where they become objects of feeding for the Baikal seal, omul (cisco) and grayling. Thus, up from the bottom of the lake, nutrients and very important element for the flowering of diatoms - silicon - with fecal droppings of seals and pelagic fishes are distributed in the upper water masses of the lake, where there provoke an active process of photosynthesis and the formation of primary production.

According to calculations given Nagorniy V.K. (1983), in one thousand tons golomyankas both species and different size-age composition has an average of from 0.9 to 9.1 billion pieces.

The task for future researchers, knowing fairly accurately the number and biomass of Comephorus (golomyanka), is to determine the quantitative and qualitative parameters (chemical composition of elements) the significance of their impact on hydrobiocenose of Baikal, given the role of vertical lift of golomyanka from the bottom to the surface. As a secondary outcome it is possible to determine the sediments of pollution, that made by the river Selenga from the Buryat industrial complex and to trace the impact of pollution on the (bottom) benthic community, until the source of the Angara River from Lake Baikal.

ВОЗДЕЙСТВИЕ НИКТИМЕРАЛЬНЫХ МИГРАЦИЙ ГОЛОМЯНОК (COMEPHORIDAE) НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЭКОСИСТЕМЫ ПЕЛАГИАЛИ ОЗЕРА БАЙКАЛ Черняев Ж.А.

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, 33, Ленинский проспект, Москва 119071, Россия

Предыдущими исследователями Байкала – Берг (1910), Верещагин (1949), Кожов (1952, 1963), Росолимо (1966) было установлено, что в ультраолиготрофной, бедной биогенами экосистеме озера имеются два продукционных максимума: первый – под покровом льда (январь-май), второй – по открытой воде (июнь-август). Этими учеными, а также ихтиологами Мишариным (1949), Талиевым (1955), Коряковым (1964). Стариковым (1973), Гуровой, Пастуховым (1974), Черняевым (1972, 1974) были исследованы вертикальные никтимеральные миграции живородящих голомянок (днем до дна Байкала, а ночью к его поверхности). Наблюдения гидронавтов (Кожова, Сиделев, Резинков, 1979) показали, что днем голомянки активно охотятся в жидком, поверхностном иловом слое байкальских донных отложений на гаммарид, червей, моллюсков и собственных сородичей, которых они в состоянии проглотить. При этом гипертрофированные органы боковой линии (Сиделева, забиваются фрагментами донных отложений. В таком загрязненном виде миллионы экземпляров голомянок в ночное время всплывают в поверхностные воды Байкала, где становятся объектами питания байкальского тюленя, омуля и хариуса. Таким образом, поднятые со дна озера биогены и очень важный элемент для обеспечения цветения диатомовых водорослей – кремний – с фекальными выделениями нерпы и представителей ихтиофауны распространяются в верхних слоях водных масс озера, где происходит активный процесс фотосинтеза и образование первичной продукции.

Согласно расчетам, приведенным В.К.Нагорным (1983), в одной тысяче тонн голомянок обоих видов и разного размерно-возрастного состава насчитывается в среднем от от 0,9 до 9,1 млрд. штук.

Перед будущими исследователями стоит задача, зная довольно точно численность и биомассу голомянок, определить в количественных и качественных параметрах (по химическому составу элементов) значимость их воздействия на гидробиоценоз Байкала, учитывая роль вертикального подъема голомянок со дна к поверхности. В качестве вторичного результата, становиться возможным определение по поверхностным ловам отложения загрязнений, выносимых рекой Селенгой с бурятского промышленного комплекса и проследить воздействие загрязнений на донные сообщества вплоть до истока реки Ангары из Байкала.

ROLE OF EXPERIMENTAL AQUARIUMS IN STUDIES OF BAIKAL HYDROBIONTS Glyzina O.Yu.*, Glyzin A.V.**, Lubochko S.A.*

^{*}Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia ^{**} Baikal Museum of Irkutsk scientific center, 1, Akademicheskaya St., Listvyanka 664520, Russia glyzina @lin.irk.ru, glizin @mail.ru

At present, there is a great variety of publications dealt with the structure, functioning and biodiversity of aquatic ecosystems in poly- and mesosaprobic water bodies. A limited number of publications are devoted to ultraoligotrophic water bodies among which there is a unique and giant Lake Baikal. Unusual species richness of plants and animals of Lake Baikal and poor knowledge about them were the reason why the priority was given to systematic and faunistic studies of the Lake Baikal biota, whereas ecology and biochemistry of Baikal hydrobionts are still poorly studied. These studies are of a sporadic character (Moris, 1985; Dembitsky, 2005) or carried out with outdated methods and it is impossible to compare their results (Kurennykh, 1967; Kornakova et al. 1977; Kornakova, Sherstova, 1983; Tyutrina, 1985). One of the major reasons is difficulty in cultivating Baikal endemic species under laboratory conditions. This is due to high and specific requirements of Baikal endemic organisms, as well as other inhabitants of an ultraoligotrophic water body, to a complex of conditions under which they retain their physiological activity. Therefore, an experimental complex of aquariums of the Baikal Museum ISC SB RAS, which is a part of the natural water body (running water exchange with Lake Baikal) and an experimental aquarium complex of the Limnological Institute (with the control and regulation of habitat factors of experimental animals) help reveal new regularities of functioning of Baikal benthic communities. Both conventional and highly sensitive biological and biochemical methods can be used for revealing biochemical interactions between organisms and the environment.

Specific features of functioning of symbiotic communities have been revealed on the example of an endemic Baikal sponge *Lubomirskia baicalensis*, including endo- (microalgae and bacteria inhabiting sponge cells) and exo-symbionts (amphipods, molluscs, trichopterans, and oligochates). Experiments proved that various factors (elevated or reduced temperature, chemical and mechanical agents, etc.) not always cause damage of the developing sponge. There are stages when these factors do not have a noticeable effect on the sponge. However, it is possible to cause high mortality of animals by the same factors and by the same doses at other stages of sponge development. During critical periods, regenerative ability weakens, pH increases, filtration ability reduces, activity of symbionts decreases, and intensity of physiological processes lowers. Respiration is an exception which even intensifies during critical periods.

The experiments proved that it is possible to estimate vital state of a hydrobiont from biochemical characteristics and to determine the role of different organisms in the community under conditions of environmental changes. Long-term preservation of freshwater hydrobionts in the experimental aquarium increases their adaptive reactions and retains vital features of hydrobionts at transition to other habitat conditions.

РОЛЬ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ АКВАРИУМНЫХ УСТАНОВОК В ИЗУЧЕНИИ БАЙКАЛЬСКИХ ГИДРОБИОНТОВ

Глызина О.Ю.*, Глызин А.В.**, Любочко С.А.* ^{*}Лимнологический институт СО РАН ,3, Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Байкальский музей ИНЦ СО РАН, 1, ул. Академическая, Листвянка 664520, Россия

В настоящее время, имеется огромное число публикаций, посвященных вопросам структуры, функционирования и биоразнообразия водных экосистем в поли- и мезосапробных водоемах, чего не скажешь об ультраолиготрофных водоемах, к которым относиться уникальное гиганское озеро Байкал. Необычайное богатство видов растений и животных в оз. Байкал, их слабая изученность привели к тому, что основной объем исследований биоты оз. Байкал приходится на работы систематикофаунистического направления. При этом аспекты экологии и биохимии байкальских гидробионтов остаются практически неизученными. Эколого-биохимические исследования гидробионтов озера Байкал также носят спорадический характер (Moris, 1985; Дембицкий, 2005) или выполняются по устаревшим методикам, результаты которых невозможно сравнивать (Куренных, 1967; Корнакова и др., 1977; Корнакова, Шерстова, 1983, Тютрина, 1985). Одна из важнейших причин этого – большие трудности, возникающие при культивировании байкальских эндемиков в лабораторных условиях. Это связано с высокими и специфическими требованиями байкальских эндемиков, как в прочем и других обитателей ультраолиготрофного водоема к комплексу условий, при которых они сохраняют свою физиологическую Поэтому, использование экспериментального комплекса аквариумных установок активность. Байкальского музея ИНЦ СО РАН, являющихся частью естественного водоема (проточный водообмен с озером Байкал) и экспериментального аквариумного комплекса Лимнологического Института СО РАН (с контролированием и регулированием факторов среды обитания подопытных организмов) позволяют вскрывать новые закономерности функционирования байкальского бентосного сообщества. При этом могут быть использованы не только традиционные биологические методы, но и высокочувствительные биохимические методики для выявления биохимических взаимодействий, как между самими организмами, так и между ними и средой обитания.

К настоящему времени экспериментальный аквариумный комплекс позволил выявить особенности функционирования симбиотического сообщества на основе эндемичной байкальской губки *Lubomirskia baicalensis*, включающее эндо- (микроводоросли, бактерии, живущие в клетках губки) и экзосимбионтов (амфиподы, моллюски, ручейники, олигохеты). Экспериментально было доказано, что воздействие разных факторов (повышенная или пониженная температура, химические и механические агенты и др.) на развивающуюся губку далеко не всегда приводит к ее повреждению. Имеются стадии, когда эти факторы не оказывают на губку заметного влияния, однако воздействием этих же факторов, и в тех же дозах, но на других стадиях, можно вызвать значительный процент гибели животного. В критические периоды ослабляется регенеративная способность, повышается pH, ослабляется фильтрационная способность, снижается активность симбионтов, ослабевает интенсивность изученных физиологических процессов. Исключение составляет дыхание, которое во время критических периодов даже усиливается.

В результате работы было доказано, что по биохимическим показателям можно оценить жизненное состояние гидробионта без видимых внешних проявлений, а также определить роль различных организмов в сообществе при изменении условий среды. Длительное нахождение и содержание пресноводных гидробионтов в экспериментальной установке позволяет повысить их адаптивные реакции и путем постепенного перехода в другие условия обитания сохранить жизненно важные свойства гидробионтов.

STUDY OF THE BIODIVERSITY OF DEEP-WATER SPONGES OF LAKE BAIKAL BY MOLECULAR METHODS

Itskovich V.B., Belikov S.I., Kaluzhnaya O.V.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

<u>vitskovich@yahoo.com</u>

Lake Baikal is the deepest and the most ancient lake in the world, it's age estimated at 30 million years. Due to oxygen exchange Baikal is inhabitable at all depths up to the deepest point of 1642 m. An unusually big number of sponge species live in Lake Baikal in comparison to other lakes. According to present classifications 13 species and one subspecies from the family Lubomirskiidae, and five species from the family Spongillidae, are known from the Lake Baikal. Though sponges form the dominating biomass of the benthos of Baikal and play an important role in the ecology of the lake, the taxonomy of the Baikal sponges is complicated. The existing classification of baikalian sponges was developed mainly on the basis of samples collected by scuba diving from depths up to 40 meters. A small quantity of deep-water samples collected earlier by dredging allowed the description of new species of the Lubomirskiidae but the deep-water fauna of Baikal sponges remains poorly studied.

In 2008-2009, expeditions in Baikal with use of the deep-water manned vehicles Mir-1 and Mir-2 were carried out. During dives between 120 - 1450 m unique samples of deep-water sponges were collected and their habitats studied. Species identifications were performed via morphological and molecular methods and their distribution to depths over 40 meters was studied. Scanning electron microscopy (SEM) identified collected samples as *Baikalospongia intermedia*, *B. intermedia profundalis*, *B. bacllifera*, *B. fungiformis*, *B. martinsoni*, *Swartschewskia papyracea* all from the family Lubomirskiidae. According to spicule morphology some specimens are representatives of undescribed Lubomirskiidae species. Several specimens were assigned to the family Spongillidae however species identification was not possible via SEM.

Analysis of ribosomal internal transcribed spacer regions (ITS1 and ITS2) was also used to perform a species identification of 15 deep-water specimens and to study their phylogenetic relationships. All deep-water specimens were shown to belong to the Lubomirskiidae including those assigned to the family Spongillidae via morphology. Furthermore, nucleotide substitutions distinguish newly collected deep-water specimens from described species of Lubomirskiidae thereby supporting the existence of new undescribed species. Study of the deep-water fauna of the Baikal sponges will improve the systematics of freshwater sponges and will provide new data for understanding the origin and evolution of the endemic family Lubomirskiidae.

ULTRASTRUCTURAL SPECIFIC CHARACTERISTICS OF OLFACTORY RECEPTOR NEURONS IN DEEPWATER FISHES FROM LAKE BAIKAL Klimenkov I.V., Pastukhov M.V. *, Kositsyn N.S.**

^{*}A.P. Vinogradov's Institute of Geochemistry SB RAS, 1a, Favorsky St., Irkutsk 664033, Russia Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology RAS, 5A, Butlerov St., Moscow, Russia iklimen@mail.ru

Complicated behaviour of animals predetermining their food motivations, reproduction and social interrelations are attributed to their olfactory system. One of the important problems in neurobiology is the perception of chemical signals by receptor cells (Doty, 2003). Deciphering of functioning mechanisms of the animal chemoreceptor cells under conditions of different chemism of the environment and the impact of a wide range of hydrostatic pressures is very topical in the investigation of adaptive behaviour of hydrobionts. To reveal

cytological principles of stable functioning of olfactory neurons in animals adapted to chemoreception at different depths, we analyzed olfactory rosettes in two representatives of Baikal Cottoidei – big golomyanka (*Comephorus baicalensis*) and fat sculpin (*Batrachocottus nikolskii*) that inhabit different depths possessing specific strategies of their behaviour. Big golomyanka inhabits the pelagic part of Lake Baikal and performs vertical migration within the wide range of hydrostatic pressures. Fat sculpin inhabits the near-bottom layers from 120 m to maximal depths (Taliev, 1955). Thus, unlike golomyanka, fat sculpin is a benthic representative of Cottoidei and experiences constantly maximal pressures.

Fat sculpin was obtained from a depth of 1140 m at Svyatoy Nos Peninsula from board the manned submersible "MIR-2" and lifted to the surface for 5 h. Big golomyanka was caught from 120 m near Listvyanka with an under-ice gill net and lifted to the surface for about 1 h. Olfactory rosettes were fixed according to the standard techniques and analyzed with a transmission electron microscope Leo 906E ("Zeiss", Germany).

It was very important to distinguish natural morphological peculiarities of olfactory cells in fishes from the alterations caused by hypobaric hypoxia as a result of their fast lifting to the water surface.

Olfactory epithelium in fishes of both species consists of cells of three types: receptor, supporting and basal. Receptor cells of big golomyanka have a cleared matrix of cytoplasm and weak development of intracellular organelles that indicates reduced level of their metabolism. Chemosensitive neurons of fat sculpin consists of a more developed network of canals of endoplasmic reticulum with insignificant number of ribosomes, as well as clearly defined mitochondria and Golgi apparatus. According to ultrastructural criteria of estimation of physiological state of olfactory cells (Klimenkov, 1990), sensor cells of deepwater fishes were at low level of functional activity. This is likely to be attributed to low intensity of their chemostimulation under concrete conditions of their habitat. A well developed network of microtubules and neurofilaments is a characteristic feature of dendrites of receptor neurons in fishes under study. It was established earlier that elements of the cytoskeleton in other representatives of Baikal Cottoidei – sculpin Cottocomephorus grewingkii acquire structuring only during spawning in the coastal zone of the lake when the olfactory apparatus of fish perceives sex pheromones (Klimenkov, 1990). Intracellular cytoskeleton of receptor neurons in deepwater fishes under conditions of sensor deficit is a necessary component for maintenance of their morphological integrity during the whole cell cycle. Moreover, it was established that in fat sculpin the destruction of intracellular elements occurs in both receptor and supporting cells of olfactory epithelium during developing hypobaric hypoxia. Similar changes were observed only in chemosensitive cells of big golomyanka.

Hence, it was for the first time shown that the level of structural development of olfactory cells in both littoral and abyssal fishes is strictly confined to the regime of hydrostatic pressures, chemism of aquatic environment and their way of life. The results obtained from model specimens under extreme conditions of their existence may be of great importance for understanding of fundamental mechanisms which provide stable functioning of neurons in animals under different conditions of their habitation.

УЛЬТРАСТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОБОНЯТЕЛЬНЫХ РЕЦЕПТОРНЫХ НЕЙРОНОВ ГЛУБОКОВОДНЫХ РЫБ ОЗЕРА БАЙКАЛ

<u>Клименков И.В.,</u> Пастухов М.В.*, Косицын Н.С.** Лимнологический институт СО РАН ,3, Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия *Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, Россия **Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, 5а, ул. Бутлерова, Москва 117485, Россия

Обонятельная система обеспечивает сложное поведение животных, предопределяя их пищевые мотивации, воспроизводство и социальные взаимоотношения. Изучение процессов восприятия химических сигналов рецепторными клетками представляет собой важную проблему нейробиологии (Doty, 2003). Это также касается вопросов, связанных с расшифровкой механизмов функционирования хеморецепторных клеток животных не только при разном химизме окружающей их среды, но и в условиях действия широкого спектра гидростатических давлений, что представляется актуальным в связи с изучением адаптивного поведения гидробионтов. Для выявления цитологических основ устойчивого функционирования обонятельных нейронов у животных, эволюционно приспособленных к обеспечению хеморецепции на разных водных глубинах, мы исследовали обонятельные розетки у двух представителей байкальских Cottoidei – большой голомянки (Comephorus baicalensis) и жирной широколобки (Batrachocottus nikolskii), которые обитают на разной глубине и используют специфичные стратегии поведения. Большая голомянка живет в пелагиали озера и осуществляет вертикальные миграции в широком диапазоне гидростатических давлений. Жирная широколобка обитает в придонном слое от 120 м до наибольших глубин (Талиев, 1955). Таким образом, в отличие от голомянки, жирная широколобка является донным представителем Cottoidei и живет при постоянном воздействии максимальных давлений.

Жирная широколобка была выловлена на глубине 1140 м у полуострова Святой Нос с борта подводного аппарата МИР-2 и далее поднята на поверхность в течение 5 ч. Отлов большой голомянки производился вблизи п. Листвянка на глубине 120 м подледными ставными сетями, подъем которых осуществлялся в течение одного часа. Обонятельные розетки фиксировали по стандартной методике и исследовали в трансмиссионном электронном микроскопе Leo 906E («Zeiss», Германия).

При решении поставленной задачи представляется важным отделить естественные морфологические особенности обонятельных клеток исследуемых рыб в норме, от перестроек, которые возникают у них вследствие гипобарической гипоксии, развивающейся в результате их быстрого подъема на поверхность воды.

Морфологические исследования показывают, что у рыб обоих видов обонятельный эпителий состоит из клеток трех типов: рецепторных, опорных и базальных. Рецепторные клетки большой голомянки имеют просветленный матрикс цитоплазмы и слабое развитие внутриклеточных органелл, что свидетельствует о пониженном уровне их метаболизма. В сравнении с этим, хемочувствительные нейроны жирной широколобки содержат более развитую сеть каналов эндоплазматического ретикулума с незначительным количеством рибосом, а также хорошо выраженные митохондрии и аппарат Гольджи. В соответствии с ультраструктурными критериями оценки физиологического состояния обонятельных клеток (Клименков, 1990) можно сказать, что по совокупности морфологических признаков сенсорные клетки глубоководных рыб находились на низком уровне функциональной активности, что вероятно было обусловлено слабой интенсивностью их хемостимуляции в конкретных условиях обитания. Характерной особенностью дендритов рецепторных нейронов исследованных рыб является хорошо развитая в них сеть микротрубочек и нейрофиламентов. Ранее было обнаружено, что у других представителей байкальских Cottoidei – желтокрылок (Cottocomephorus grewingkii), наиболее четкую структурированность элементы цитоскелета приобретают только в нерестовый период в прибрежной зоне озера – при настройке обонятельного аппарата рыб на восприятие половых феромонов (Клименков, 1990). В связи с этим можно полагать, что у глубоководных рыб в условиях сенсорного дефицита внутриклеточный цитоскелет рецепторных нейронов является необходимым компонентом для поддержания их морфологической целостности на всем протяжении клеточного цикла. Кроме того, установлено, что в ходе развивающейся гипобарической гипоксии у жирной широколобки деструкция внутриклеточных элементов возникает как в рецепторных, так и в опорных клетках обонятельного эпителия. У большой голомянки такие изменения наблюдались только в хемочувствительных клетках.

Таким образом, впервые показано, что уровень структурного развития обонятельных клеток как у прибрежных, так и у глубоководных рыб жестко приурочен к свойственному для них режиму гидростатических давлений, химизму водной среды и образу жизни. Результаты, полученные на модельных объектах с экстремальными условиями их существования, могут иметь важное значение для понимания фундаментальных механизмов, которые обеспечивают стабильное функционирование нервных клеток при разных условиях жизни животных.

ORIGINATION AND SPECIATION BY DISTANCE OF MOLLUSKS (BIVALVIA, UNIONIDAE) IN THE LAKES-REFUGE OF TRANSBAIKALIA

Klishko O.K.

Institute of natural resources, ecology and cryology of SB RAS, 16a, Nedorezov st., Chita 672014, Russia <u>amelik2@mail.ru</u>

In one of close lakes (refuge) on the territory of Transbaikalye, in the past being a part of the Amur River basin, 6 species of anodontine bivalves of the genus *Amuranodonta* (Bivalvia, Anodontinae), known in Far East, were recorded (Klishko, 2009). In other one – 9 species of mollusks of the genera *Unio, Tumidiana, Crassiana* (Bivalvia, Unioninae), known in Europe (Klishko, 2004; Klishko, 2006) have been found. The mollusk species found in Transbaikalye are sympatric populations of geographic isolates, dwelling in the periphery of disjunctive areas. The aim of the given paper is to found origination of mollusks in Transbaikalye refuges, associated with their distribution in the period of Pleistocene cataclysmic megafloods in Northern Eurasia, and possibility of speciation in close ecosystems.

In accordance with the model of the latest reconstruction of the North Eurasia Late Pleistocene glaciations (Grosswald, 1999), there were two giant systems of continental drainage formed in dependence on the location of ice sheets, ice-plugging lower parts of the rivers, flowing into the Arctic Ocean and Pacific Ocean, and formed giant ice-dammed lakes. One of them – Transsiberian – had west pathway of the drainage along the barrier of the Arctic ice sheet from the Lena-Viluj lake into the Mediterranean sea, and also over the spillway into the Baltic sea hollow. The second one – Goby-Amur system – performed the east pathway of the periglaciaire drainage into the Sea of Japan, with integration of great Central Asian hollows – the Goby, West Mongolian, South Transbaikalian, Dzungarian, and Tarym. Its barrier of mountain-ice sheets extended over the diagonal from the Tien Shan to Chukchi Peninsula. Undoubtedly, both directions of the drainage had consequences perceptible in regional and global scales and played its role in biogeography.

Habitation of typical Far-Eastern mollusk species in one of the Transbaikalye water bodies-refuge and traces of their distribution in the Amur-river basin, south of Primorye and Sakhalin island may be associated with the Goby-Amur drainage system and its backwater on the side of the Okhotsky ice sheet. Data on glaciations geography, without any neotectonic hypotheses allow explaining genesis of refuges and distribution of malacofauna on the pathway of the Goby-Amur drainage system. Habitation and uniqueness of specific composition of mollusks European species in the second of refuge on the territory of Transbaikalye may be explained either by their habitation in Transbaikalye, as in Siberia, up to Pleistocene glaciations (Popova, 1981), or existence (although temporary) of water connection between Goby-Amur and Transsiberian systems

of melted flow as a result of Goby-Amur system reconstructions. Their clearly expressed traces are evidence of Middle Amur bend to south-west, to the Sungary and Lyaokhe valleys, and the Lower Amur – to back, over the Ussury valley, and also return of the portion of the Goby-Amur system flow subbasins into the Transsiberian one (Grosswald, 1999). Just so the combined habitation of European chironomids *Propsilocerus paradoxus* and *P. akamusi*, known in many lakes of eastern Asia (China, Japan), in Transbaikalye refuge (Petrova et al., 2003) could to explain.

With the use of classical approach and comparative analysis of conchological and morphological signs of mollusks, interspecific differences of sympatric populations from Transbaikalye water bodies-refuges have been revealed, and new species have been defined. The existing morphological differences of Transbaikalian populations of mollusk species from the area species are quite natural as well as formation of new species in the periphery of disjunctive areas. Biological importance of Transbaikalian Unionidae, lost genetic connection with Far East and European populations of species, is that they may present incipient species as geographical isolates. There is difficulty in determination of their independence in classical interpretation of the species "biological" concept due to absence of single compatible system Unionidae. For example, 9 comparatory species of Unio, Tumidiana and Crassiana genera, according to Russian system of Unionidae (Starobogatov et. al., 2004), in D. Graf report (Graf, 2007) are reduced to 3 biological species of Unio genus. Their genetic differentiation has been determined for north-west Europe (Källersjö et.al. 2004). In the system of foreign malacologists (with its hyper uniting approach) 17 species of Far East anodontine bivalves of Amuranodonta, Anemia, Buldowskia genera correspond to one species - Anodonta arcaeformis, widely spread in the southeast part of the Palaearctic. There are no any data on molecular-genetic differentiation of Russia Unionidae with their super fractional generic and specific taxonomy. Just these data would allow determination of independence or conspecificity of morphological species from Transbaikalye and other Russia habitats. The revealed micro evolutionary processes and divergence level of mollusk populations investigated, completed molecular-genetic data, would allow estimating intraspecific polymorphism and speciation in geographical isolates in close refuge ecosystems. Their phylogenetic relations with species from areas would clarify origination and distribution of Unionidae in Transbaikalye related to the Pleistocene systems of the continental drainage.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ВИДООБРАЗОВАНИЕ МОЛЛЮСКОВ (BIVALVIA, UNIONIDAE) В ВОДОЕМАХ-РЕФУГИУМАХ ЗАБАЙКАЛЬЯ

Клишко О.К.

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, 16а, ул. Недорезова, Чита 672014, Россия

В одном из бессточных озер (рефугиумов) на территории Забайкалья, в прошлом принадлежащих бассейну Амура, обнаружено 6 видов типичных дальневосточных беззубок рода *Amuranodonta* (Bivalvia, Anodontinae), в другом – 9 видов европейских перловиц родов *Unio, Tumidiana* и *Crassiana* (Bivalvia, Unioninae)(Klishko, 2004; Клишко, 2006, 2009). Обнаруженные в Забайкалье виды моллюсков, представляют симпатрические популяции географических изолят, обитающих на периферии дизъюнктивных ареалов. Цель данного сообщения – обосновать происхождение моллюсков в рефугиумах Забайкалья, связанное с их распространением в период плейстоценовых евразийских гидросферных катастроф и возможность видообразования в замкнутых экосистемах.

Согласно модели новейшей реконструкции позднеплейстоценового оледенения Северной Евразии (Гросвальд, 1999), существовали две гигантские системы континентального стока, сложившиеся в зависимости от расположения ледниковых покровов, подпруживавших низовья рек, впадающих в Северный Ледовитый и Тихий океан и сформировавших гигантские подпрудные озера. Одна из них – Транссибирская имела западное направление стока вдоль барьера ледниковых покровов Арктики от Лено-Вилюйского озера в Средиземное море, а также по спиллвею в котловину Балтийского моря. Вторая – Гоби-Амурская система, осуществляла восточное направление приледникового стока в море, с присоединением великих центрально-азиатских впадин Японское Гобийских. Западномонгольских, Южнозабайкальских, Джунгарской, Таримской. Ее барьер горно-покровных ледников, простирался по диагонали от Тянь-Шаня до Чукотки. Несомненно, оба направления стока имели последствия, ощутимые в региональных и глобальных масштабах и сыграли свою роль в биогеографии.

Обитание типичных дальневосточных видов моллюсков в одном из водоемов-рефугиумов Забайкалья и следы их распространения в бассейне Амура, юге Приморья и о-ве Сахалин можно связать с Гоби-Амурской системой стока и его подпором со стороны Охотского ледникового покрова. Данные по географии оледенения, без каких-либо неотектонических гипотез позволяют объяснить и генезис рефугиумов и распространение малакофауны на пути Гоби-Амурской системы стока. Факт обитания и уникальность видового состава европейских видов перловиц во втором из рефугиумов на территории Забайкалья можно объяснить либо их обитанием в Забайкалье, как и в Сибири, до плейстоценовых оледенений (Попова, 1981), либо существованием (хотя бы временной) водной связи Гоби-Амурской и Транссибирской систем талого стока в результате перестроек Гоби-Амурской системы. Ясно выраженные их следы свидетельствуют о повороте Среднего Амура на юго-запад, в долины Сунгари и Ляохэ, а Нижнего Амура вспять, по долине Уссури, а также возвращения части суббассейнов Гоби-Амурской системы стока в Транссибирскую (Гросвальд, 1999).

Используя классический подход и сравнительный анализ конхологических и морфологических признаков моллюсков, были выявлены межвидовые различия у симпатрических популяций из водоемоврефугиумов Забайкалья, и выделены новые виды. Существующие морфологические различия у забайкальских популяций видов моллюсков от видов из ареала, вполне закономерны, как и образование новых видов, на периферии дизъюнктивных ареалов. Биологическое значение унионид из Забайкалья, утративших генетическую связь с дальневосточными и европейскими популяциями видов, заключается в том, что как географические изоляты они могут представлять собой зарождающиеся виды. Существует сложность определения их самостоятельности в трактовке «биологической» концепции вида из-за отсутствия единой совместимой системы Unionidae. Согласно российской системы Unionidae (Старобогатов и др., 2004), 9 компараторных видов перловиц родов Unio, Tumidiana и Crassiana из Забайкалья, в сводке Д.Графа (Graf, 2007) представляют 3 биологических вида рода Unio. Их генетическая дифференцированность установлена для водоемов северо-запада Европы (Källersjö at al., 2004). 17 видов дальневосточных беззубок родов Amuranodonta, Anemina и Buldowskia в системе зарубежных малакологов (с ее гиперобъединительным подходом) соответствуют одному виду -Anodonta arcaeformis, широко распространенному в юго-восточной части Палеарктики. Данные по молекулярно-генетической дифференциации Unionidae России, с их супер дробной родовой и видовой таксономией, отсутствуют. Именно они помогли бы определить самостоятельность ипи конспецифичность морфологических видов из Забайкалья и других местообитаний России. Выявленные микроэволюционные процессы и уровень дивергенции, дополненные молекулярно-генетическими данными, помогли бы оценить внутривидовой полиморфизм и видообразование у географических изолят в замкнутых экосистемах рефугиумов. При этом их филогенетические взаимоотношения с видами из ареалов могли бы пролить свет на происхождение и распространение унионид в Забайкалье, связанное с плейстоценовыми системами континентального стока.

BIOLOGICAL DIAGNOSTICS AND ESTIMATION OF ECOLOGICAL CONDITION OF BOTTOM INVERTEBRATES

Klishko O.K., Berdnikov N.V.*

Institute of natural resources, ecology and cryology of SB RAS, 16a, Nedorezov st., Chita 672014, Russia *Institute of tectonics and geophysics FEB RAS, 65, Kim Yu. Chen Street, Khabarovsk 680063, Russia amelik2@mail.ru

Intensification of anthropogenic pollution of natural basins requires an effective estimation of biota condition in water ecosystems. Ions of heavy metals (HM) are most dangerous for hydrobionts. They are very toxic and cumulative. Bottom invertebrates (BI) react most adequately from hydrobionts on variations of HM concentration in environment (Nikanorov et al., 1985). In their vital functions, BI collect in their tissues high concentration of chemical elements including potentially toxic HM. This allows using them for biogeochemical diagnosis and estimation of ecological condition of hydrobionts in water with gradient of HM. Aim of this study is a potential of biogeochemical diagnosis of BI in basins with different level of anthropogenic pollution to show.

Transboundary distance of Middle Amur River, pounds and streams in the basin of Upper Amur River, which have low, moderate, and high level of technogenic pollution, have been investigated. Accumulation of HM (Fe, Mn, Zn, Sr, Cu, Ni, Cr, Pb, Co, Cd, Hg) was determined by ICP-MS in water and in tissues of filterers: blackfly (Simuliidae), mussel (Margaritiferidae, Unionidae, Anodontinae), and of detritophages: caddis (Trichoptera), chironomids (Chironomidae), gastropods (Gastropoda).

Accumulation of HM in animal tissues depends on their concentration in environment, on properties of HM, and on feature of their interaction in cells. Herewith, the concentration volumes of HM in tissues did not show a toxic level of their accumulation. Many HM are vitally necessary entering into the composition of enzyme systems, and catalyze metabolism in cells. In the case of low concentration of HM in environment, their accumulation level in BI tissues is determined by physiological necessity of species, sex, size, age or stage of metamorphosis. In the case of high concentration of HM in environment, BI accumulate their overabundant toxic volume, which is determined by high coefficient (EC) of enrichment of tissues in relation to Fe, and low intensity of their accumulation (IA) (Klishko et al., 2007). Relation EC/IA is accepted as the indicator of bioaccumulation (IB), which results the complex and multicomponent relationship of HM in cells during accumulation. Under high concentration of HM in environment, BI show different features of morpho- and anathomopathology. Connection of IB with pathology (frequency in populations) determined as a coefficient of conjugacy (CC) (Lakin, 1990), and taken into account in estimation of ecological condition of BI. Generalization of data on bioaccumulation of different species and groups of BI is resulted in creating and to calibrating the scale of IB (Klishko, 2009). This scale allows estimating effectively a level of HM accumulation in BI, which corresponds to their ecological condition and to the level of environmental pollution. In addition, biogeochemical diagnosis of BI reveals species, animal organs, size and age groups or developing stages, which are most sensitive to toxic pollution (bioindicators), and allows determining chemical elements, which accumulation in organism is most dangerous. Average volumes of HM concentrations in populations of investigated BI, features

of their bioaccumulation, and IB in gradients of environment, and also their ecological state (ES) are shown in the table.

Taxon	∑HM in environment, mg/l, <i>mg/kg</i>	∑HM in tissues, g/kg	EC	IA	IB	ES
* <u>Simuliidae</u> Prosimulium (larvas)	0.16-0.21	2.0-8.1	8-14	25-51	0.27-0.31	S
Trichoptera (larvas)						
*Rhyacophila sibirica	0.17-0.25	1.7-15.6	10-37	77-106	0.13-0.35	S
*Brachicentrus americanus.	0.16-0.24	3.1-6.1	15-28	72-135	0.21-0.21	S
*** <i>Rh. sibirica¹</i> (imago)	0.67-1.32	0.5-0.6	6-10	_	0.65-0.81	S–U
***Br. americanus ² (imago)	1.13-2.19	3.0-6.1	48-60	-	2.91-3.51	U–D
***Gastropoda						
Amuropaludina praerosa ¹	0.64-0.97	3.1-14.2	59-103	83-131	0.71-0.79	S–U
A. chloantha ²	1.13-1.42	1.2-1.7	110-183	99-79	1.12-2.33	U
Chironomidae						
**Ch. plumosus (larvas-	1.13-1.45	4.6-6.8	19-26	11-12	1.71-2.18	U
chrysalises)	0.97-1.22	5.2-7.4	25-32	15-14	1.68-2.31	U
**Propsilocerus. akamusi (larvas)						
Bivalvia						
***Nodularia amurensis ¹	0.29-1.56	2.6-5.7	12-16	58-40	0.21-0.41	S
***N. amurensis ²	1.19-1.35	6.5-16.4	29-10	11-14	2.63-0.67	N–D
**Unio pictorum	1.17-1.26	11.1-16.4	14-16	10-12	1.41-1.32	D
**Unio tumidus	1.19-1.35	2.2-6.5	18-42	16-25	1.06-1.71	D–N
**Amuranodonta	0.08-0.11	3.2-40.4	96-119	240-216	0.37-0.55	S
**Dahurinaia transbaicalica	0.07-0.09	16.4-18.6	22-23	231-225	0.08-0.09	S

Notes: *rivers and **pounds of Upper Amur basin, ***distance of Middle Amur upstream¹ and downstream² of Sungari River; S – safe, U – unfavourable, D – dangerous, N – nociceptive.

Примечание: * – реки и ** – озера бассейна Верхнего Амура, *** – участок Среднего Амура выше р. Сунгари¹ и ниже р. Сунгари²; Б – благополучное, Н – неблагополучное, О – опасное, У – угрожающее.

БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА И ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДОННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ

Клишко О.К., Бердников Н.В. *

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, 16а, ул. Недорезова,

Чита 672014, Россия

*Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, 65, ул. Ким Ю. Чена, Хабаровск 680063, Россия

Проблема усиления антропогенного загрязнения природных водоемов ставит задачу эффективной оценки состояния биотической составляющей водных экосистем. Из токсикантов наиболее опасными для гидробионтов являются ионы тяжелых металлов (ТМ), обладающие высоким токсическим действием и кумулятивным эффектом, а из гидробионтов наиболее адекватно реагируют на изменение содержания ТМ в среде донные беспозвоночные (ДБ) (Никаноров и др., 1985). В процессе жизнедеятельности ДБ накапливают в своих тканях значительные концентрации химических элементов, в том числе потенциально токсичных ТМ. Это позволяет использовать их для целей биогеохимической диагностики и оценки экологического состояния организмов, популяций и сообществ в градиенте содержания ТМ в водной среде. Цель данного сообщения – показать возможности биогеохимической диагностики ДБ из водоемов, испытывающих антропогенное загрязнение различного уровня.

Нами исследованы трансграничный участок среднего течения р. Амур, а также водоемы и водотоки бассейна верхнего течения Амура, испытывающие слабый, умеренный и высокий уровень техногенного загрязнения. Накопление TM изучалось у видов ДБ из групп фильтраторов: мошек (Simuliidae), двустворчатых моллюсков (Margaritiferidae, Unionidae, Anodontinae) и детритофагов: ручейников (Trichoptera), хирономид (Chironomidae), брюхоногих моллюсков (Gastropoda). Концентрации TM (Fe, Mn, Zn, Sr, Cu, Ni, Cr, Pb, Co, Cd, Hg) в тканях животных и в водной среде определялись методом ICP-MS.

Накопление ТМ в тканях животных зависит от их содержания в среде, а также от физикохимических свойств самих металлов, характера и силы взаимодействия между ними при аккумуляции в клетках организма. При этом абсолютные значения концентраций ТМ в тканях организмов не являются показателем токсичного уровня их накопления. Многие из ТМ являются жизненно необходимыми, входят в состав ферментных систем, катализирующих обмен веществ в живых клетках тканей животных. В условиях низкого содержания ТМ в среде уровень их накопления у ДБ определяется физиологическими потребностями вида, пола, размера, возраста или стадии метаморфоза животных. При повышенном содержании ТМ в среде ДБ накапливают их «избыточный» – токсичный уровень, который определяют высокие значения коэффициента обогащения (КО) тканей ТМ по отношению к Fe и низкая интенсивность их накопления (ИН) (Клишко и др., 2007). Отношение КО/ИН принято за показатель биоаккумуляции (ПБ), который отражает результат сложных, многокомпонентных взаимоотношений ТМ при накоплении в клетках тканей организма. В условиях повышенного содержания ТМ в среде у ДБ отмечались различные проявления морфо- и анатомопатологии. Степень связанности ПБ с проявлениями патологии (по частоте встречаемости в выборках популяций) определялась коэффициентом взаимной сопряженности (К) (Лакин, 1990) и учитывалась при оценке экологического состояния ДБ. Обобщение многочисленных данных по характеристикам биоаккумуляции у разных видов и групп ДБ позволило разработать и откалибровать шкалу ПБ (Клишко, 2009). Ее значения позволяют достаточно эффективно оценивать уровень биоаккумуляции ТМ у ДБ, соответствующий их экологическому состоянию и степени загрязнения среды их обитания. Кроме того, биогеохимическая диагностика ДБ позволяет выявлять наиболее чувствительные к токсическому загрязнению виды (биоиндикаторы), органы животных, размерно-возрастные группы или стадии развития, а также определять элементы, накопление которых в организме представляет наибольшую опасность. Средние для популяций исследованных видов ДБ концентрации TM в тканях, характеристики их биоаккумуляции и ПБ в градиентах содержания TM в среде, а также экологическое состояние (ЭС) приведены в таблице.

LAKE BAIKAL AS A NATURAL LABORATORY TO STUDY BIODIVERSITY AND EVOLUTION Mamkaev Yu. V.

Zoological Institute RAS, 1, Universitetskaya Nab., St.-Peterburg 199034, Russia morphol@zin.ru

Baikal formed as a great graben lake, voluminous and very deep, provided new specific ground and water habitats, vacant niches for colonization. The colonizers originated from numerous animal and plant groups inhabiting the neighboring water bodies. All of them were hotspots of biodiversity exhibiting wide range of speciation patterns. Thus, Baikal alongside with other similar water bodies has been recognized as a giant center of biodiversity that presented the researchers with novel ideas on evolution and allowed to gain new insights into fundamental evolutionary problems. The following issues will be focused on during this presentation:

1) Correlation of random and regular evolutionary processes;

2) "Creative role" of organisms in the course of evolution (that is conventionally referred to the natural selection);

3) "Creative role" of morphogenetic mechanisms in the evolution.

The need to discuss these aspects is urgent since it might highlight the principal evolutionary problem, *what* is natural selection and enable the biologists to solve the dilemma: advance the fundamentals of the Darwin's theory or substitute it for some nomogenetic concepts.

We suggest a morphological approach to the Darwin's theory (selectogenesis). Comparative studies of Lake Baikal show that evolution of forms is confined to certain regularities revealing particular variability ranges. For instance, speciation of planarians in lakes Baikal, Ohrid, Caspian Sea and the Caucasian waters is illustrative of morphological parallelism (evolution of copulative and sessile organs, pharynxes and photoreceptors). The structural patters of organisms are considered important for the evolution. These peculiarities define the morphological and functional potentials and delineate their dimensional range. A vivid example of this is provided by a connective-tissue-muscular constructive type characteristic of triclads, polyclads, cestodes and nemertines. Their musculature becomes multi-row and multi-layer separated into muscle bundles, constituting most of the body; parenchyma evolves as connective tissue. As a result, they may attain a very large size. Comparison of the Baikalian planarians with common freshwater species presents a clear example of their tendency toward gigantism with a morphological background.

A possibility of adaptive related variations grows with the extension of natural evolutionary laboratories, such as Lake Baikal, and units undergoing evolution. Natural selection (choice!) is competition free when organisms colonize new habitats. For instance, colonizers of Baikal demonstrate a wide divergence range occupying *vacant* ecological niches.

Morphogenesis results in particular sets of "neutral" versions that are most clearly seen by the example of kalyptorhynchian turbellarians with their plentiful stylet variations. However, such "neutral" variations could serve a basis for evolutionary inventions, because there are no "unnecessary" traits. "Neutral" traits are of great evolutionary significance, since they make up potentials for further adaptation. The wider is the choice of such "spare parts", the greater are evolutionary potentials.

Natural selection is regarded an interaction between social systems (populations, ecosystems, biogeocenoses) and their constituent organisms. Populations and biogeocenoses impose requirements on the organisms, following the regularities of their constitution. The organisms, in their turn, affect the ecosystems as well in accordance with their morphofunctional role. An extended formulation of a natural selection concept suggests competition as a version of the natural selection mechanism.

According to A.L. Takhtadgyan (1998), the concept of natural selection may be generally conceived as a universal regulatory mechanism (trial-and error method) efficient in any system. He formulated the concept of selection as a **concept of differential conservation of sustainable forms.**

Synthesis of the Darwin's theory (selectogenesis) and morphology would bring further advances in the theory of the evolution.

БАЙКАЛЬСКИЙ ПОЛИГОН ВИДООБРАЗОВАНИЯ И ПОБЛЕМЫ ЭВОЛЮЦИОННОЙ ТЕОРИИ Мамкаев Ю.В.

Зоологический институт РАН, 1, Университетская наб., Санкт-Петербург 199034, Россия

Когда Байкал формировался как гигантский глубоководный рифтовый водоем, возникала новая среда обитания со специфическими свойствами воды и грунта, открывавшая большие возможности для заселения и освоения. Вселенцы происходили из множества групп животных и растений, обитавших в окрестных водоемах. Все они дали очаги видообразования, но по масштабам формообразования они обнаружили существенные различия. Так возник гигантский эволюционный полигон, который наряду с другими подобными полигонами помогает решать фундаментальные проблемы теории эволюции. В предлагаемой лекции выносятся на обсуждение следующие проблемы:

1) Соотношение в эволюции случайных и закономерных процессов;

2) «Творческая роль» организмов в эволюции (обычно подчеркивается «творческая роль» естественного отбора);

3) «Творческая роль» в эволюции морфогенетических механизмов (эволюционное значение «строительных технологий»).

Обсуждение этих проблем необходимо для того, чтобы ответить на главный для эволюционной теории вопрос: *что* представляет собой естественный отбор? А для дальнейшего развития теории эволюции основная проблема – в дилемме: расширенное понимание дарвинизма или замена его некими номогенетическими концепциями.

(теории Предлагается морфологическая интерпретация дарвинизма селектогенеза). Сравнительное рассмотрение байкальского материала прекрасно показывает, что формообразование подчиняется определенным закономерностям. Выявляются определенные спектры изменчивости. Так, формообразование у планарий в Байкале, Каспии, Охриде и в водоемах Кавказа демонстрирует параллельные морфологические ряды (в эволюции копулятивных и прикрепительных органов, глоток, фоторецепторов). В эволюции велика роль конструктивных особенностей организмов. Эти особенности определяют морфофункциональные потенции и ограничения организмов, в частности – их размерные потолки. Яркий пример тому дает соединительнотканно-мышечный конструктивный тип, характерный для триклад, поликлад, цестод, немертин. У них мускулатура становится многорядной и многослойной. подразделяется на мышечные пучки, занимает значительную толщу тела, паренхима развивается как опорная соединительная ткань. В результате они могут достигать гигантских размеров. Сравнение байкальских планарий с обычными пресноводными видами хорошо показывает, что их тенденция к гигантизму имеет морфологическую предпосылку.

Вероятность адаптивно значимых изменений возрастает с увеличением размеров эволюционных полигонов и числа эволюционирующих единиц (что и видно на примере Байкала). В условиях заселения новой среды обитания естественный отбор (скорее – подбор!) не обусловлен конкуренцией. Так, байкальские вселенцы демонстрируют широкие дивергенции, связанные с освоением **свободных** экологических ниш.

Морфогенезы дают определенные наборы «нейтральных» вариантов. Яркий пример такого формообразования демонстрирует многообразие стилетов в копулятивном аппарате байкальских турбеллярий-калипторинхий. Вместе с тем подобные «нейтральные» варианты могут послужить основой для эволюционных изобретений. «Ненужные детали» – *не лишние*. «Нейтральные» признаки имеют большое эволюционное значение, поскольку они составляют арсенал, который может быть использован в адаптивных целях. Чем богаче такой «набор запасных деталей», тем больше эволюционных возможностей.

Естественный отбор – это взаимодействие между социальными системами (популяциями, экосистемами, биогеоценозами) и составляющими их организмами. Популяции и биогеоценозы, в соответствии со своей организацией, предъявляют организмам определенные требования. В свою очередь, организмы, в соответствии со своими морфофункциональными характеристиками, также воздействуют на экосистемы. Предлагаемая расширенная формулировка принципа естественного отбора, рассматривает конкуренцию как **вариант** в механизме естественного отбора.

Как прекрасно показал А.Л. Тахтаджян (1998), принцип отбора можно представить в обобщенном виде – как универсальный регуляторный механизм (метод «проб и ошибок»), действующий в любых системах. В его наиболее общей формулировке принцип отбора можно назвать *принципом дифференциального сохранения устойчивых форм.* Дарвиновский естественный отбор, в терминах Тахтаджяна, это дифференциальное (то есть зависящее от определенных условий) сохранение (выживание, размножение) более устойчивых (в этих условиях) организмов. Здесь: дифференцирование (по значению самого слова) определяется условиями и устойчивость – в определенных условиях. В сущности, подразумевается адаптированность (приспособленность) к определенным условиям. Но эти «условия» - биогеоценозы, частями (элементами) которых являются организмы. Если учесть активную (творческую, средообразующую) роль организмов в биогеоценозах, то не трудно увидеть здесь и взаимодействие систем двух категорий.

Морфологическая концепция естественного отбора не противоречит теории селектогенеза – не заменяет, а дополняет ее.

Дальнейшее развитие теории эволюции – в синтезе дарвинизма (теории селектогенеза) и морфологии.

Работа поддержана РФФИ (грант № 09-04-01309-а).

BAIKAL GOLOMYANKAS (COMEPHORIDAE): AGE AND SIZE STRUCTURE AND DISTRIBUTION Mamontov A.M.*, Sorokovikov A.V.*, Mamontov A.A.**, Yakhnenko M.S.***, Kotov A.N.*

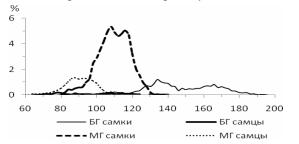
*Limnolog Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia ** A.P. Vinogradov's Institute of Geochemistry SB RAS, 1a, Favosrsky St., Irkutsk 664033, Russia ***Irkutsk State Technical University 83, Lermontov st., Irkutsk 664074, Russia mamontov@lin.irk.ru

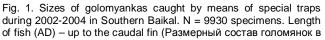
Viviparous golomyankas, big - Comephorus baicalensis (Pallas, 1776) and small - C. dybowski (Korotneff, 1905) belong to a single youngest and most numerous group of fish inhabiting all depths of Lake Baikal. Their appearance is related to the formation of the abyssal zone of the lake and emergence of the food web in its pelagial. However, natural spawning grounds of the cottoid fish (Cottoidei) giving rise to numerous future generations already disappeared. The only way to occupy a new vacant deep-water niche was internal fertilization and carrying eggs inside of the female's body. Small golomyanka pioneered such reproduction (Chernyaev, 1971). Still, realization of such a grandiose "natural project" aimed at introducing life forms into the abyssal zone required presence of other species to regulate their number, i.e. big golomyanka. In spite of the close morphobiological (Taliev, 1955) and genetical (Slobodyanyuk et al., 1994; Kirilchik et al., 1995; Teterina, 2008) relashionship, this species has marked distinctions: big telescopic eyes, alternating body colors and enhanced fat accumulation in maturing species. The development of embryos is partially supported by the female that facilitates yield of an offspring larger in size, but smaller in number (Chernyaev, 1971, 1974). These are indications of an alternative behavioral response of big golomyanka.

It is conventionally assumed that the golomyankas are dispersed in the lake, "soar" in the water column and migrate following the currents (Koryakov, 1964). Using deep-water fishing gear for simultaneous catch of golomyankas from all water layers, allowed us to observe active redistribution of fish in the water column as a result of generation processes (Mamontov et al., 2004). Small golomvankas produce their offspring during the first half of a year, and the big one - the second half. In general, they divide a year into two halves (Koryakov, 1964) and "lend" the spawning grounds to each other. Separation of the spawning periods is related to exclusion of competition (Koryakov, 1964), and, probably, to initiation of a predatory form and filling the niches. Bearing in mind that the water temperature and food composition were mostly constant, we supposed that the golomyankas' growth was stable providing the basis for estimation of the fish age by their sizes. But this was not the case. The size composition of fish from the open parts of Baikal was generally incomplete.

Analysis of the golomyanka catches from different regions showed that during ontogenesis the habitats of the majority of the fish gradually changed from the pelagial of open Baikal at the largal stage to underwater elevations during juvenile concentration. It should be noted that the shallow-water zones with 150-200 m depths were not common habitats of golomyankas. They return to the deeper parts for maturation and spawning. It is illustrated in the Fig. 1 showing quantitative composition of the fish (BG – big golomyanka, MG – small golomyanka) caught in open water during lake freezing. MG is mainly represented by mature specimens, BG – by the specimens at the 2nd fattening stage (left peak) and specimens at the pre- and post-spawning stage (right peak). Summarized data on the distribution of all size-age groups is schematically presented in Fig. 2, showing quantity peaks of fish from various regions of Southern Baikal. The first peak represents respectively the yearlings of big golomyanka and the two-year-old small golomyankas. In size groups, deviation of age from the fish abundance peaks is brought about by their non-simultaneous maturation which grows among mature specimens after repeated release of the fry. In Fig. 2, the fish quantity does not correspond to its absolute values measured in the lake, but reflects the predominance of a particular size group in the catches.

The results obtained suggest that quantity peaks of specimens within the size-age groups of each fish species are involved into their overall distribution without considerable overlapping, especially among females that are large in number in golomyankas.





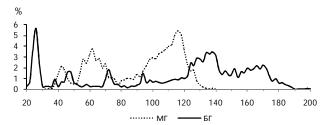


Fig. 2. Summarized size structure of fish in total catches of golomyanka in Southern Baikal, 2002-2004. N = 6989 specimens (Обобщенный размерный состав рыб в общих уловах голомянок

уловах голомянковыми ловушками в 2002-2004 гг. на Южном Байкале. N = 9930 экз. Длина рыб (АД) - до основания хвостового плавника).

в Южном Байкале в 2002-2004 гг. N= 6989 экз).

ГОЛОМЯНКИ (COMEPHORIDAE) БАЙКАЛА: РАЗМЕРНО-ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА И ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Мамонтов А.М.*, Сороковиков А.В.*, Мамонтов А.А.**, Яхненко М.С.***, Котов А.Н.* * Лимнологический институт СО РАН ,3, Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия ** Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, 1а, Фаворского, Иркутск 664033, Россия *** Иркутский Государственный Технический Университет, 83, ул. Лермонтова, Иркутск 664074, Россия

Живородящие голомянки: большая – Comephorus baicalensis (Pallas, 1776) и малая – C. dybowski (Korotneff, 1905)- наиболее молодая, самая многочисленная и единственная группа рыб, населяющая всю толшу воды Байкала. Их появление связано с формированием больших глубин и возникновением пищевой сети в пелагиали. Но естественных нерестилищ свойственных коттоидным (Cottoidei) рыбам для рождения многочисленных поколений уже не было. Единственным условием освоения новой глубоководной ниши было внутреннее оплодотворение и вынашивание икры в теле самки. Первым носителем такого потомства становится малая голомянка (Черняев, 1971). Однако реализация столь грандиозного "природного проекта" по формированию жизни в глубоководной зоне озера была возможна при наличии другого вида, регулирующего ее численность. Им становится большая голомянка. Несмотря на их значительную морфобиологическую (Талиев, 1955) и генетическую (Слабодянюк и др., 1994; Кирильчик и др., 1995; Тетерина, 2008) близость, по ряду признаков этот вид имеет существенные отличия: большие телескопические глаза, сменяющаяся окраска тела и усиленное жиронакопление у созревающих особей. Развитие эмбрионов у нее происходит уже при частичном поддержании за счет ресурсов самки, которое обеспечивает вымет более крупного, но меньшего по численности потомства (Черняев, 1971, 1974). Они свидетельствуют об иной поведенческой реакции большой голомянки.

Для образа жизни голомянок принято представление об их дисперсном распределении, "парении" в толще воды и переносе течениями (Коряков, 1964). Применением глубоководных орудий лова, обеспечивающих одновременный вылов голомянок во всей толще воды, было установлено активное перераспределении рыб в толще воды в связи с генеративными процессами (Мамонтов и др., 2004). Вымет потомства у малой голомянки отмечается в первую половину года, у большой – во вторую. В целом они делят год поровну (Коряков, 1964) и "уступают места" друг другу (по горизонтам и районам) в связи с оплодотворением и выметом потомства. Рассредоточение сроков вымета огромного количества молоди связано с исключением конкурентных отношений (Коряков, 1964), но вероятно и с формированием хищной формы и наибольшим заполнением ниши. В условиях значительного постоянство температуры воды и состава кормовых организмов предполагалась устойчивость роста голомянок и возможность определения возраста по размерам рыб. Но решить этот вопрос не удавалось. Размерный состав рыб в открытых районах Байкала был однообразно неполным.

Анализ состава улова голомянок в разных районах позволил установить, что зоны обитания преобладающего числа рыб в течение онтогенеза постепенно сменяются от пелагиали открытого Байкала на стадии личинки, к накоплению молоди у подводных возвышенностей. Надо отметить, что мелководные районы с глубинами до 150-200 м не характерны для основного обитания голомянок. В глубоководные районы озера голомянки возвращаются в связи с созреванием и выметом потомства. Это иллюстрирует Fig. 1, где отражен численный состав рыб (БГ – большая, МГ – малая голомянки) в уловах в ледоставный период в открытом Байкале. МГ представлена в основном созревшими особями, БГ – это рыбы на 2-ой - жировой стадии (левый пик) и рыбы, готовящиеся к вымету и после вымета личинок (правый пик). Обобщение материалов по распределению всех размерно-возрастных групп дано схематично на Fig. 2., где показаны пики численностей особей в размерных группах, установленных в разных районах Южного Байкала. У большой голомянки первый пик соответствует сеголеткам, у малой голомянки - возрасту 2 года. Соответствие возраста рыб пикам численностей рыб в размерных группах начинает нарушаться с момента неодновременного их созревания и усиливается среди взрослых особей при повторном вымете ими потомства. По масштабу на Fig. 2 численность рыб не соответствуют ее абсолютным значениям в водоеме, а лишь свидетельствуют о преобладании той или иной размерной группы в уловах.

Результаты свидетельствуют, что волны повышенной численности особей в размерно-возрастных группах каждого из видов включаются в их общее распределение без значительного наложения между собой, особенно среди самок, многочисленных у голомянок.

NEMATODE FAUNA OF THE LAKE BAIKAL - STATE-OF-THE ART AND PROSPECTS IN RESEARCH Naumova T.V.*, Gagarin V.G.**

* Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia ** Institute of Inland Waters Biology, Russian Academy of Sciences, Borok 152742, Russia <u>tvnaum@lin.irk.ru, gagarin@ibiw.yaroslavl.ru</u> Nematodes, a plentiful and diverse group of invertebrate animals, are considered an important and inevitable constituent of meiozoobenthos inhabiting a wide variety of depths and grounds of Lake Baikal. According to G.L. Okuneva (1970 a,b; 1974 a,b; 1982), nematodes make up dense populations on the grounds from the water edge to 300 m depth. The share of nematodes in total number of samples from a biotope generally does not drop below 80%.

First records of free-living Baikal nematodes were made by G.Yu. Vereshchagin (1926, 1940 b) and M.M. Kozhov (1962), but the species composition remained unknown. S.Ya. Tsalolikhin contributed much into Baikal nematode research, who published a series of papers (Tsalolikhin, 1972, 1974, 1975, 1976 a,b; 1977 a,b,c) and a monograph "Free-living nematodes of Baikal" (1980) including the description of 34 nematode species, 25 species and 6 genera of them were new for science. Further investigations of Baikal nematodes were performed by F.M. Batalova (1983) and A.V. Shoshin (1988, 1989, 1991, 1998 a,b, 2001), A.V. Shoshin and S.Ya. Tsalolikhin (2001) compiled a most comprehensive list of Baikal nematodes, including 56 species from 22 genera. A new Baikalian tobrilid genus was described by A.A. Shoshina later (Shoshina, 2003). Judging by the current literature data, Lake Baikal is inhabited by 57 species of free-living nematodes belonging to 7 orders, 11 families, 23 genera (Gagarin, 2003; Shoshin, Tsalolikhin, 2001; Shoshina, 2003), 48 species, i.e. 84% of the nematode fauna – Baikal endemics.

Recent studies carried out by the authors during 2009 have led them to discovery of 10 species new for science and several novel findings (Gagarin, Naumova, 2010, Gagarin, Naumova, in press). Peculiar and abundant Baikal representatives of the genus *Hofmaenneria* Gerlach et Meyl, 1957 as well as the genus *Eumonhystera* Andrassy, 1981, were described for the first time. Prof. T.Ya. Sitnikova discovered a bitumen-associated biotope, including new nematode species confined to oil seepage localities – *Monhystera naphthera* Gagarin et Naumova, 2010 and *Eutobrilus* sp.n.

Nematodes of Baikal are mainly represented by Tobrilidae, Monhysteridae, Diplogasteridae families and investigation of these animals is essential in understanding their morphological evolution and phylogeny. Baikal endemics are widely distributed throughout the lake and are common in shallow bays and creeks. Some of them are found elsewhere in different water bodies of East Siberia (Gagarin, 1991a,b, 1993, 1997, 2001, 2003; Gagarin, Erbaeva, 1983, 1984; Naumova, Gagarin, Timoshkin, 2010).

According to conservative preliminary estimates, approximately 10% of the total number of Baikal nematodes has been studied so far. However, taxonomic examination only would require continuous efforts of many researchers. It is evident that present nematode system as well as the ideas on the origin of Baikal fauna will be subjected to revision on the basis of new information obtained. Moreover, data on nematode ecology are fragmentary, physiology, feeding and life cycles, karyotypes and molecular-biological aspects of Baikal nematodes remain unclear. All these issues await further investigation.

This work was supported by a RFBR Grant № 09-04-00781, Integration Project of SB RAS № 49, 27, Program of RAS Presidium № 20.9 and State Projects № VII-62-1-4.

ФАУНА НЕМАТОД ОЗЕРА БАЙКАЛ – СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ НОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ Наумова Т.В.*, Гагарин В.Г.**

* Лимнологический институт СО РАН ,3, Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия **Институт биологии внутренних вод им. Папанина РАН, Борок, Россия

Нематоды – одна из групп беспозвоночных животных, очень разнообразных и обильных в Байкале. Они являются важным и почти непременным компонентом мейозообентоса по всем зонам глубин озера и на всех типах грунтов. По данным Г.Л. Окуневой (1970 а,б; 1974 а,б; 1982): «Нематоды густо заселяют разные грунты, начиная от уреза воды до глубины 300 м. Встречаемость нематод обычно не бывает ниже 80% от общего количества проб исследованного биотопа».

Первые упоминания о фауне свободноживущих нематод Байкала приводятся в работах Г.Ю. Верещагина (1926, 1940 б), М.М. Кожова (1962), но в них нет сведений по видовому составу. Наибольший вклад в изучение фауны нематод Байкала внес С.Я. Цалолихин, целая серия статей 1974, 1975, 1977 а.б.в) которого (Цалолихин, 1972, 1976 а.б; завершилась монографией «Свободноживущие нематоды Байкала» (1980), в которой описаны 34 вида нематод, из них 25 видов и 6 родов оказались новыми для науки. Продолжили изучение байкальских нематод Ф.М. Баталова (1983) и А.В. Шошин (1988, 1989, 1991, Shoshin, 1998a, б, 2001). Наиболее полная сводка видов нематод Байкала составлена А.В. Шошиным и С.Я. Цалолихиным (2001). в ней представлены 56 видов нематод из 22 родов. Позднее, новый род байкальских тобрилид описала А.А. Шошина (Shoshina, 2003). По обобщенным литературным данным, к настоящему времени в озере Байкал обнаружено 57 видов свободноживущих нематод, относящихся к 7 отрядам, 11 семействам, 23 родам (Гагарин, 2003; Шошин, Цалолихин, 2001; Shoshina, 2003); 48 видов, т.е. 84 % всей фауны нематод – эндемики оз. Байкал.

Исследование фауны нематод Байкала продолжили в 2009 г. авторы настоящей работы и за это время было найдено и описано 10 новых для науки видов и обнаружено несколько новых для фауны озера червей (Гагарин, Наумова, 2010, Gagarin, Naumova, 2010, большинство работ находится в печати). Очень своеобразная и обильная фауна родов *Hofmaenneria* Gerlach et Meyl, 1957 и *Eumonhystera* Andrassy, 1981 для Байкала описана впервые. Интересным и важным стало открытие

д.б.н. Т.Я. Ситниковой битумного биотопа, в составе которого встречены новые и специфичные для выходов нефти виды нематод – *Monhystera naphthera* Gagarin et Naumova, 2010 и *Eutobrilus* sp.n..

Основным компонентом фауны нематод Байкала являются представители сем. Tobrilidae, Monhysteridae, Diplogasteridae. Их изучение поможет понять процессы морфологической эволюции и филогении данных групп червей. Байкальские эндемики не сконцентрированы в центральной глубоководной зоне озера, а широко распространены по всей акватории и в массе встречаются в мелководных заливах и бухтах. Некоторые из них впоследствии найдены за пределами озера в различных водоемах Восточной Сибири (Гагарин, 1991 а,б, 1993, 1997, 2001, 2003; Гагарин, Ербаева, 1983, 1984; Наумова, Гагарин, Тимошкин, 2010).

По самым скромным предварительным оценкам, фауна нематод Байкала изучена не более чем на 10% от ее реального объема. Одно только установление таксономического состава потребует непрерывных усилий многих исследователей в течение нескольких десятков лет. Несомненно, что новые сведения заставят во многом пересмотреть как современную систему нематод, так и взгляд на происхождение фауны Байкала. Кроме того, очень отрывочны данные по экологии нематод, нет сведений по физиологии, питании и жизненных циклах байкальских круглых червей, полностью отсутствуют кариотипические и молекулярно-биологические исследования.

Все эти обширные направления деятельности ждут своих исследователей.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 09-04-00781, Интеграционного проекта СО РАН № 49, 27, Программы Президиума РАН № 20.9, и в рамках госбюджетной темы № VII-62-1-4.

PRESENT-DAY LEVELS OF ACCUMULATION OF PCBs IN BAIKAL OMUL AND BAIKAL SEAL Nikonova A.A., Dzyuba Ye.V., Gorshkov A.G.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia alenaxis@list.ru

In water bodies polychlorinated biphenyls (PCB) are sorbed on suspended particles, accumulate in bottom sediments, bacterio- and zooplankton, incorpotate into trophic chains of hydrobionts and accumulate in tissues attending maximal levels at representatives of highest parts of food chain.

Baikal omul *Coregonus migratorius* (Georgi, 1775) is related to a valuable commercial fish species. PCB identification in muscle tissue of Baikal omul from near bottom – deep water morphoecological group (2006–2007) showed that the levels of accumulation of these compounds are within 20–40 ng/g of raw weight or 800–3500 ng/g of lipids. PCB income in the organism of Baikal omul occurs mainly with food, its base is macrohectopus (*Macrohectopus branickii*) (70–100% by food unit mass). PCB accumulation level in macrohectopus is estimated as 20 ng/g of raw weight (Kucklick et al., Environmental Toxicology and Chemistry, V. 15 N. 8, P. 1388–1400, 1996). It results in similarity of qualitative composition and of levels of PCB sum accumulation in these biological specimens. PCB concentrations found in omul are up to 10 times lower than in representatives of herrings (Clupeidae) in Baltic Sea and in Atlantic Ocean (Atuma et al., Chemosphere, P. 2451–2457, 1982), and up to 3 times lower than maximal allowed concentration for commercial fishes.

Baikal seal *Phoca sibirica* is the only mammalian species in Lake Baikal, this is the highest part of trophic chains in this water body. Seal nutrition is based mainly on pelagic and near-bottom pelagic sculpins species (small *Comephorus dybowski* and big *C. baicalensis* golomyankas, long-wing *Cottocomephorus inermis* and yellow-wing *C. grewingkii* bullheads), as well as all accessible for it fishes species inhabiting the lake. Amont them there are valuable commercial species such as Baikal omul, as well as whitefish and grayling (Petrov, Smirnova, 2008).

The fat of Baikal seal accumulates PCB in significant amounts which are estimated now from 7000 to 22000 ng/g of lipids. Average level of accumulation in Baikal seal is up to 13 times higher than in seals inhabiting background areas of the world (Arctic), but up to 20 times lower in comparison with seals from Baltic Sea. Minimal level is 7000 ng/g lipids, it is comparable with one in Greenland seal *Phoca groenlandica* inhabiting Gulf of St. Lawrence and up to 3 times lower than in a gray seal *Halichoerus yrypus grypus* (Western Atlantic population) inhabiting Sable Island situated in Atlantic Ocean near Eastern coasts of the Northern America (Kucklick et al., Environ. Sci. and Technol, V. 28, № 1. P. 31–37, 1994).

Taking into account decrease of the level of atmospheric pollution at Baikal natural territory with polychlorinebiphenyls up to 10 times since 1994, as well as a relatively low accumulation of these compounds in Lake Baikal bottom sediments (0.8–4 ng/g) and in its tributaries on its southern coast (0.5-2.1 ng/g), comparatively high levels of PCB accumulation in seal and omul can be explained by a high stability of these compounds which accumulated in Lake Baikal water ecosystem before.

СОВРЕМЕННЫЕ УРОВНИ НАКОПЛЕНИЯ ПХБ В БАЙКАЛЬСКОМ ОМУЛЕ И БАЙКАЛЬСКОЙ НЕРПЕ Никонова А.А., Дзюба Е.В., Горшков А.Г.

Лимнологический институт СО РАН ,3, Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

В водоемах полихлорированные бифенилы (ПХБ) сорбируются на частицах взвеси, накапливаются в донных отложениях, бактерио- и зоопланктоне, встраиваются в трофические сети гидробионтов и аккумулируются в тканях, достигая максимальных уровней у представителей высших звеньев.

Байкальский омуль *Coregonus migratorius* (Georgi, 1775) отнесен к ценному промысловому виду рыб. Определение ПХБ в мышечной ткани байкальского омуля придонно-глубоководной морфоэкологической группы (2006–2007 гг.) показало, что уровни накопления данных соединений не выходят за рамки интервала 20–40 нг/г сырого веса или 800–3500 нг/г липидов. Поступление ПХБ в организм байкальского омуля происходит главным образом с пищей, основу которой составляет макрогектопус (*Macrohectopus branickii*) (70–100% по массе пищевого комка). Уровень накопления ПХБ в макрогектопусе оценен значением 20 нг/г сырого веса Кucklick et al., Environmental Toxicology and Chemistry, V. 15 N. 8, P. 1388–1400, 1996). Это обуславливает сходство качественного состава и уровней накопления суммы ПХБ в данных биологических объектах. Обнаруженные концентрации ПХБ в омуле до 10 раз ниже, чем в представителях сельдевых рыб (Clupeidae) в Балтийском море и Атлантическом океане (Atuma et al., Chemosphere, V. 37. № 9–12, P. 2451–2457. 1982), и до трех раз ниже ПДК, установленной для промысловых рыб.

Байкальская нерпа *Phoca sibirica* – единственный вид млекопитающих в Байкале и является высшим звеном трофических сетей водоема. Основу питания нерпы составляют преимущественно пелагические и придонно-пелагические керчаковые виды рыб (малая *Comephorus dybowski* и большая *C. baicalensis* голомянки, длиннокрылая *Cottocomephorus inermis* и желтокрылая *C. grewingkii* широколобки), а также все доступные ей виды рыб, обитающие в озере. В их число входят и ценные промысловые виды, прежде всего байкальский омуль, а также сиг и хариус (Петров, Смирнова, 2008).

Жир байкальской нерпы аккумулирует ПХБ в значительных количествах, которые на современном этапе оценены диапазоном от 7000 до 22000 нг/г липидов. Средний уровень накопления в байкальской нерпе до 13 раз больше, чем в тюленях, обитающих в фоновых районах мира (Арктика), но до 20 раз меньше по сравнению с тюленями Балтийского моря. Минимальный уровень – 7000 нг/г липидов, сопоставим с таковым у гренландского тюленя *Phoca groenlandica*, обитающего в заливе Святого Лаврентия, и до трех раз ниже, чем у серого тюленя *Halichoerus yrypus grypus* (западноатлантическая популяция), обитающего на острове Сэйбл, расположенных в Антлантическом океане у восточных берегов Северной Америки (Kucklick et al., 1994).

Учитывая снижение уровня загрязнения атмосферы Байкальской природной территории полихлорбифенилами до 10 раз за период с 1994 г., а также относительно низкое накопление данных соединений в донных отложениях Байкала (0.8–4 нг/г) и его притоках на южном побережье (0.5-2.1 нг/г), сравнительно высокие уровни накопления ПХБ в нерпе и омуле могут быть объяснены высокой стабильностью данных соединений, поступивших в водную экосистему озера Байкал за предыдущие годы.

PRESENT-DAY LEVELS OF PCB ACCUMULATION IN BAIKAL OMUL DURING FEEDING AND SPAWNING PERIODS

Nikonova A.A., Smolin I.N, Dzyuba Ye.V., Gorshkov A.G.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

<u>alenaxis@list.ru</u>

The level of polychlorinated biphenyls (PCB) accumulation in hydrobionts is one of indicators of water bodies pollution with these superecotoxicants. The fishes accumulate PCB at all the stages of their life cycle. This ability increase with age and is related often to their fatness. Depending on species ecological peculiarities, its feeding and behavior, PCB can income to organisms with food, from water and from bottom sediments. While estimating pollution degree, it is necessary to take into account that together with bioaccumulation, processes of PCB biodegradation and elimination are probable, their mechanisms are not studied for Baikalian fishes for a while. Baikal omul is a valuable commercial species and is one of central parts in Lake Baikal trophic chain. To analyze feeding and to determine PCB levels in Baikal omul *Coregonus migratorius* (Georgi, 1775) from Posol'sk population, the material was sampled during feeding (May – June) and spawning (October) periods. Materials on fishes feeding were treated according to standard quantitative-weight methods (Manual ..., 1961). Samples prepare and PCB identification were done according to an adapted method (Nikonova, Gorshkov, 2007).

Food spectrum of Baikal omul during feeding period is represented by a rather large group of organisms: macrohectopus (*Macrohectopus branickii*), small golomyanka (*Comephorus dybowski*); bottom amphipods (p. *Eulimnogammarus*), shell crustaceans (*Cytherissa lacustris baicalensis, Pseudocandona setosa*) and insects belonging to different orders (Hymenoptera, Homoptera, Aphididae, Lepidoptera, Diptera, Hemiptera). Up to age of 10 years, omul eats mainly macrohectopus (70–100% by mass). Fraction of bottom amphipods and air insects in omul feeding does not exceed 5 and 20%, respectively. In the food of elder age groups of Baikal omul fish dominates (50–85%).

During feeding period, we found PCB in muscle tissue of specimens aged 1–7 years with concentrations within 20-40 ng/g of muscles at mean PCB content 30 ng/g muscles or 2 mcg/g calculated by lipids. During spawning period, PCB were found in muscle tissue of elder fishes (8–12 years old) in the amount from 50 to 60 ng/g of muscles. It is noticed that PCB accumulation in muscle tissue of specimens aged under 7 is characterized by abrupt variations from its mean value (\pm 30%) in difference of specimens which are >8 y.o. Probably, this can be explained by peculiarities of fishes feeding. Significant increase of PCB accumulation in Baikal omul aged >7

y.o. Is not noticed, probably, this is due to partial elimination of these compounds with sexual products during the spawning.

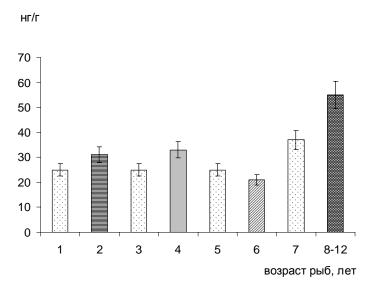


Fig. 1. Levels of PCB accumulation in omul muscles (ng/g) depending on age peculiarities of food spectrum of Baikal omul of near-bottom deep-water morphoecological group. Organisms as food: □ - macrohectopus; □ - macrohectopus and fish; □ - macrohectopus, insects and bottom amphipods; □ - macrohectopus and insects; □ - fish (Уровни накопления ПХБ в мышцах омуля (нг/г) в зависимости от возрастных особенностей пищевого спектра байкальского омуля придонно-глубоководной морфо-экологической группы. Кормовые организмы: □ - макрогектопус; □ - макрогектопус и рыба; □ - макрогектопус, насекомые и донные амфиподы; □ - макрогектопус и насекомые; □ - рыба).

СОВРЕМЕННЫЕ УРОВНИ НАКОПЛЕНИЯ ПХБ В БАЙКАЛЬСКОМ ОМУЛЕ В НАГУЛЬНЫЙ И НЕРЕСТОВЫЙ ПЕРИОДЫ Никонова А.А., Смолин И.Н., Горшков А.Г., Дзюба Е.В.

Лимнологический институт СО РАН, 3, Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Уровень накопления полихлорированных бифенилов (ПХБ) в гидробионтах является одним из показателей загрязненности водоемов этими суперэкотоксикантами. Рыбы аккумулируют ПХБ на всех этапах жизненного цикла. Эта способность увеличивается с возрастом и, зачастую, связана с жирностью рыб. В зависимости от экологических особенностей вида, его питания и поведения ПХБ могут поступать в организм с кормовыми объектами, из воды и донных осадков. При оценке степени загрязнения необходимо учитывать, что наряду с биоаккумуляцией возможны процессы биодеградации и элиминирования ПХБ, механизмы которых для байкальских видов рыб не изучены. Байкальский омуль является ценным промысловым видом и занимает одно из центральных звеньев трофической сети Байкала. Для анализа питания и определения уровней ПХБ в байкальском омуле *Coregonus migratorius* (Georgi, 1775) посольской популяции материал отбирали в нагульный (май – июнь) и нерестовый (октябрь) периоды. Материалы по питанию рыб обрабатывались в соответствии со стандартными количественно-весовыми методами (Руководство ..., 1961). Пробоподготовку и определение ПХБ проводили согласно адаптированной методике (Никонова, Горшков, 2007).

Пищевой спектр байкальского омуля в нагульный период представлен достаточно широкой группой кормовых организмов: макрогектопусом (*Macrohectopus branickii*), малой голомянкой (*Comephorus dybowski*); донными амфиподами (p. *Eulimnogammarus*), ракушечковыми рачками (*Cytherissa lacustris baicalensis, Pseudocandona setosa*) и насекомыми, принадлежащими к различным отрядам (Hymenoptera, Homoptera, Aphididae, Lepidoptera, Diptera, Hemiptera). В возрасте до 10 лет омуль питается преимущественно макрогектопусом (70–100% по массе). Доля донных амфипод и воздушных насекомых в пище омуля не превышает 5 и 20% соответственно. В пище байкальского омуля старших возрастных групп преобладает рыба (50–85%).

В нагульный период в мышечной ткани особей в возрасте 1–7 лет ПХБ обнаружены в интервале концентраций от 20 до 40 нг/г мышц при среднем содержании ПХБ 30 нг/г мышц или 2 мкг/г в пересчете на липиды. В нерестовый период в мышечной ткани рыб старших возрастных групп (8–12 лет) ПХБ обнаружены на уровне от 50 до 60 нг/г мышц. Отмечено, что накопление ПХБ в мышечной ткани особей в возрасте до 7 лет отличается резкими колебаниями от среднего значения (± 30%) в отличие от особей в возрасте старше 8 лет, что, возможно, объясняется особенностями питания рыб. Значительного увеличения аккумуляции ПХБ в байкальском омуле старше 7 лет не отмечено, что вероятно связано с элиминированием данных соединений с половыми продуктами в период нереста.

THE COMPARISON OF ELEMENTAL COMPOSITION OF TWO AMPHIPODS SPECIES OF BAIKALIAN ORIGIN FROM DIFFERENT AREAL SITES

Paradina L.F. *, Natyaganova A.V. *, Kamaltynov R.M. *, Chuparina Ye.V. **, Sokol'nikova Yu.V. **

* Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia **Institute of Geochemistry of RAS SB, Favorsky st., 1A, 664033, Irkutsk, Russia paradina @lin.irk.ru

The evolutional history of Lake Baikal amphipods at global climate changes in ecology can be specified by studying forms which migrated in ancient period from Lake Baikal ot the Angara and Yenisey Rivers. Maximal migrants amount inhabits the Angara R., therefore it is supposed that maximal amount of their specimens changed by evolution is kept there. In this report we present the result of identification of 52 chemical elements (from Li to U) in 2 littoral species of amphipods of Baikalian origin: *Eulimnogammarus verrucosus* (Gerstfeldt, 1858), *Eulimnogammarus vittatus* (Dybowsky, 1874).

The amphipods were sampled at the depth of 0.5-1.0 m in near-shore zone of Lake Baikal (Goloustny Cape) and in Angara R.: Irkutsk city, 69 km from the outlet (July-October, 2007), Bratsk, Ust'-Ilimsk, Kodinsk cities (July, 2008). The animals were kept for 3 days in distilled water at the temperature of 4 °C, then thoroughly cleaned from remained mineral particles, гомогенизировали, homogenized.

The study of amphipods elemental composition was performed on the base of a set of destructive and non-destructive analysis method: inductively coupled plasma mass-spectrometry (ICP-MS), X-ray fluorescent analysis (XRFA), atomic absorption (AAS), spectrophotometry (SPH), flame photometry (FPH). For the methods listed, we developed ways of samples prepare and determined their metrological characteristics. Relative standard deviations for all elements near the detection limit did not exceed 0.30. The correctness of the results obtained was checked by method of additions using a standard sample of composition of a perch (BOk-2).

The comparison of the chemical composition of amphipods *E. verrucosus* and *E. vittatus* sampled in different parts of areals showed that Baikalian representatives accumulate more Li, Na, Ca, Sr and U than the Angara R. inhabitants. The males of both species in comparison with mature females are characterized by higher ash content and contain more Na, K, Ca, Fe, Sr, Ba.

The revealed differences suggest that in the amphipods studied there are sexual differences in chemical elements accumulation, and geochemical factors play an important role in species variability at widening of their areals.

The work is supported by RFBR grants NoNo 07-04-01410, 10-03-01135.

СРАВНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ДВУХ ВИДОВ АМФИПОД БАЙКАЛЬСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ИЗ РАЗНЫХ РАЙОНОВ АРЕАЛА

Парадина Л.Ф. *, Натяганова А.В. *, Камалтынов Р.М. *, Чупарина Е.В. **, Сокольникова Ю.В. ** * Лимнологический институт СО РАН ,3, Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

^{**} Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, 1а, Фаворского, Иркутск 664033, Россия

Эволюционную историю амфипод озера Байкал при глобальных изменениях климата и экологии позволит уточнить изучение форм, расселившихся в древности из озера Байкал в реку Ангара и Енисей. Наибольшее количество эмигрантов обитает в р. Ангара, поэтому предполагается, что именно здесь сохранилось наибольшее количество их эволюционно изменившихся особей. В данном сообщении представлены результаты определения 52 химических элементов (от Li до U) в 2 литоральных видах амфипод байкальского происхождения: *Eulimnogammarus verrucosus* (Gerstfeldt, 1858), *Eulimnogammarus vittatus* (Dybowsky, 1874).

Амфиподы были собраны на глубине 0,5-1,0 м в прибрежной зоне оз. Байкал (мыс Голоустный) и р. Ангара: г. Иркутск, 69 км от истока (июль-октябрь 2007 г.), города Братск, Усть-Илимск, Кодинск (июль 2008 г.). Животных выдерживали трое суток в дистиллированной воде при температуре 4°C, затем тщательно очищали от оставшихся минеральных частиц, гомогенизировали.

Исследование элементного состава амфипод проводилось на основе комплекса деструктивных и недеструктивных методов анализа: масс-спектральный с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС), флуоресцентный (РФА), рентгеноспектральный анализ атомно-абсорбционный (AAC), спектрофотометрический (СПФ), пламенная фотометрия (ПФ). Для перечисленных методов способы пробоподготовки, определены их метрологические характеристики. разработаны Относительные стандартные отклонения для всех элементов вблизи предела обнаружения не превышали 0,30. Правильность полученных результатов проверяли методом добавок и с помощью стандартного образца состава окуня обыкновенного (БОк-2).

Сравнение химического состава амфипод *E. verrucosus* и *E. vittatus*, отобранных в разных частях ареалов, показало, что представители из Байкала накапливают больше Li, Na, Ca, Sr и U, чем их поселенцы в р. Ангара. Самцы обоих видов по сравнению с половозрелыми самками характеризуются более высокой зольностью и содержат больше Na, K, Ca, Fe, Sr, Ba.

Выявленные различия указывают на то, что у исследованных амфипод существуют половые различия в аккумулировании химических элементов, и геохимические факторы играют важную роль в изменчивости видов при расширении их ареалов.

Работа поддержана грантами РФФИ 07-04-01410, РФФИ 10-03-01135.

THE PECULIARITIES OF CHEMICAL ELEMENTS DISTRIBUTION IN BAIKAL SPONGE Lubomirskia baicalensis

Paradina L.F. *, Nikulina I.G. *, Pavlova L.A. **, Chuparina Ye.V. **, Semiturkina N.A. **, Suturin A.N. *

*Limnological Institute of RAS SB, Ulan-Batorskaya st., 3, 664033, Irkutsk, Russia

**Institute of Geochemistry of RAS SB, Favorsky st., 1A, 664033, Irkutsk, Russia

<u>paradina@lin.irk.ru</u>

Data on the elemental composition of biota inhabiting Lake Baikal gives an important information on the state of water ecosystem in general, on processes of migration and transformation of chemical elements. For ultraoligotrophic lakes such as Lake Baikal, the income of biophil elements only from water environment is limited. Stony material of a freshwater body can serve as a nutrition source for benthic organisms. Under Baikal water impact, the process of rocks decomposition is more intensive than on the surface. Moreover, there is biological weathering which suppose physical and chemical changes in the rocks and minerals under the impact of hydrobionts and of products of their life activities. Systematized data on bioaccumulation and bioaccessibility of macro- and microelements in Lake Baikal ecosystem are practically unavailable. Taking into account the importance of obtaining of such data, study of microelements distribution in Lake Baikal benthic organisms is started.

In this work using a sponge *Lubomirskia baicalensis* Pallas 1771, we studied the dependence of biogenic elements and microelements content on the sponge age, microelements distribution in the chain "stony substrate - sponge", as well as elemental composition of skeleton and symbiotic organisms (green micro-algae *Chlorella*, bacteria) of a sponge. Sponges chemical composition is determined using a set of destructive and non-destructive method of analysis: inductively coupled plasma mass-spectrometry (ICP-MS), X-ray fluorescent analysis (XRFA), electronic probe micro-analysis (PCMA). The samples of near-bottom water and of rocks inhabited by sponges are taken on a stony littoral (Southern Baikal, Beryozovy Cape, Bol'shiye Koty settl.) during different seasons in 2006-2008.

Accumulation and distribution of 28 elements (Li, Be, B, Mg, Al, Ca, Sc, Ti, V, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Y, Nb, Mo, Cd, Cs, Ba, La, Ce, W, Pb, Th, U) in sponges, stony substrate and near-bottom Baikal water is determined by ICP-MS method. The measurements were performed with instruments PlasmaQuad PQ2⁺ (Thermo Elemental), Agilent 7500 (Agilent Technologies).

We studied by PCMA method: contact of sponge with stony substrate, biological weathering of minerals caught by a sponge, elemental composition of sponge skeleton and of its symbionts. The studies were performed using an X-ray spectral micro-analyzer Superprobe-733 (JEOL Ltd) equipped with wave-vector spectrometers with christal-analyzers TAP, LiF, PET and with an energy dispersion spectrometer Sahara (Princton Gamma-Tech Ltd). Relative standard deviations for all the samples analyzed varied within (%): Na₂O $- 0.31 \ 2.91$; MgO $- 0.43 \ 1.75$; Al₂O₃ $- 0.29 \ 2.41$; SiO₂ $- 0.12 \ 2.31$; K₂O $- 0.44 \ 2.01$; CaO $- 0.37 \ 1.92$; TiO₂ $- 0.85 \ 2.17$; Cr₂O₃ $- 0.70 \ 2.26$; MnO $- 0.73 \ 2.61$ and FeO $- 0.44 \ 2.81$.

To verify the dependence of elemental composition of *Lubomirskia baicalensis* on environment and age, the method of XRFA is used. The analysis was performed with a spectrometer S4 Pioneer (Bruker). The content of such elements as Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Rb, Sr, Ba was determined by methods of external standard and background standard, as well as with regression equations.

According to the results obtained, on a stony littoral of Lake Baikal a complex interaction of stony material and Baikal water with active participation of benthic hydrobionts occurs. Simultaneously with rock hydrolysis process, the attached invertebrates extract from the stony substrate minerals, accumulate in themselves a large spectrum of macro- and microelements modifying the surplus into a solution. The character of chemical elements accumulation depends on the biological peculiarities of an organisms and on chemical composition of the environment. With age, accumulation of biogenic elements (Na, Mg, Al, P, S, K, Ca) and of some microelements (Rb, Sr, Mo, Cd, Ba) in sponge tissues is observed. In zoochlorella such elements as Mg, P, S are concentrated. Silicon is concentrated in sponge spicules. Studies of heavy metals distribution in the system "water – stony - sponge" allows not only follow the metals cycle in natural waters but also to state the regularities of transition along this chain.

The work is done in the framework of the topic No № 7.9.1.3 «Impact of landscape-environmentI factors onto formation of biodiversity, unique comunities and speciation processes in Lake Baikal shallow-water zone» and supported by RFBR grants NoNo 09-05 01139, 10-03-01135.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В БАЙКАЛЬСКОЙ ГУБКЕ Lubomirskia baicalensis

<u>Парадина Л.Ф.</u> *, Никулина И.Г. *, Павлова Л.А. **, Чупарина Е.В. **, Семитуркина Н.А. *, Ю.В. Сокольникова**, Н.Н. Пахомова**, Сутурин А.Н. *

* Лимнологический институт СО РАН ,3, Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия ** Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, 1а, Фаворского, Иркутск 664033, Россия

Сведение об элементном составе биоты, обитающей в водоеме, дает важную информацию о состоянии водной экосистемы в целом, процессах миграции и трансформации химических элементов. Для ультраолиготрофных озер, каковым является озеро Байкал, поступление биофильных элементов только из водной среды ограничено. Их источником для бентосных организмов может быть каменный материал пресноводного водоема. Под действием байкальской воды, процесс разложения пород идет более интенсивно, чем на поверхности. Кроме того, имеет место биологическое выветривание, которое предполагает физическое и химическое изменение горных пород и минералов под воздействием гидробионтов и продуктов их жизнедеятельности. Систематизированные данные о бионакоплении и биодоступности макро- и микроэлементов в экосистеме оз. Байкал практически отсутствуют. С учетом важности получения таких данных начато изучение распределения микроэлементов в бентосных организмах оз. Байкал.

В работе на примере губки *Lubomirskia baicalensis* Pallas 1771 исследованы зависимость содержания биогенных и микроэлементов от возраста губки, распределение микроэлементов в цепочке каменный субстрат–губка, а также элементный состав скелета и симбионтных организмов (зеленые микроводоросли *Chlorella*, бактерии) губки. Химический состав губок определен с помощью комплекса деструктивных и недеструктивных методов анализа: масс-спектральный с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС), рентгеноспектральный флуоресцентный анализ (РФА), электронно-зондовый микроанализ (РСМА). Образцы придонной воды и горных пород, заселенные губками, отобраны на каменистой литорали (Южный Байкал, мыс Березовый, Б. Коты) в разные сезоны 2006-2008 годов.

Накопление и распределение 28 элементов (Li, Be, B, Mg, Al, Ca, Sc, Ti, V, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Y, Nb, Mo, Cd, Cs, Ba, La, Ce, W, Pb, Th, U) в губках, каменном субстрате и придонной байкальской воде определено методом ИСП-МС. Измерения выполнены на приборах PlasmaQuad PQ2⁺ (Thermo Elemental), Agilent 7500 (Agilent Technologies).

Методом РСМА изучены: контакт губки и каменного субстрата, биологическое выветривание минералов, захваченных губкой, элементный состав скелета губки и её симбионтов. Исследования выполняли на рентгеноспектральном микроанализаторе Superprobe-733 (JEOL Ltd), оборудованном волновыми спектрометрами с кристаллами-анализаторами TAP, LiF, PET и энергодисперсионным спектрометром Sahara (Princton Gamma-Tech Ltd). Относительные стандартные отклонения для всех проанализированных образцов изменялись в пределах (%): Na₂O – 0,31÷2,91; MgO – 0,43÷1,75; Al₂O₃ – 0,29÷2,41; SiO₂ – 0,12÷2,31; K₂O – 0,44÷2,01; CaO – 0,37÷1,92; TiO₂ – 0,85÷2,17; Cr₂O₃ – 0,70÷2,26; MnO – 0,73÷2,61 и FeO – 0,44÷2,81.

Чтобы проверить зависимость элементного состава *Lubomirskia baicalensis* от среды обитания и возраста использован метод РФА. Анализ проводили на спектрометре S4 Pioneer (Bruker). Содержание элементов Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Rb, Sr, Ba определяли способами внешнего стандарта и стандарта фона, а также с помощью уравнений регрессии.

Согласно полученным результатам, на каменистой литорали оз. Байкал происходит сложное взаимодействие каменного материала и байкальской воды с активным участием бентосных гидробионтов. Одновременно с процессом гидролиза пород прикрепленные беспозвоночные животные извлекают из каменного субстрата минеральные вещества, накапливают в своем составе широкий спектр макро- и микроэлементов, переводя избыточную часть в раствор. Характер накопления химических элементов зависит от биологических особенностей организма и геохимического состава среды обитания. С возрастом в тканях губки наблюдается накопление биогенных элементов (Na, Mg, Al, P, S, K, Ca) и ряда микроэлементов (Rb, Sr, Mo, Cd, Ba). В зоохлорелле концентрируются такие элементы как Mg, P, S. Кремний сосредоточен в спикулах губки. Изучение распределения тяжелых металлов в системе вода – каменный субстрат- губка позволяет не только проследить цикл металлов в природных водах, но и установить закономерности их перехода по этой цепи.

Работа выполнена в рамках темы № 7.9.1.3 «Влияние ландшафтно-экологических факторов на формирование биоразнообразия, уникальных сообществ и процессы видообразования в мелководной зоне Байкала» и поддержана грантами РФФИ 09-05 01139, 10-03-01135.

MODES OF SPECIATION IN PALEARCTIC COREGONIDS Politov D.V., Baldina S.N., Gordon N.Yu.

N.I. Vavilov Institute of General Genetics RAS, 3, ul. Gubkina, Moscow 119991 Russia

The status, origin and genetic relationships of coregonid fishes (Coregonidae, Salmoniformes, Teleostei) of the Europe, Siberia and the Russian Far East are under debate for decades. We reviewed taxonomic positions and phylogeography of most species and intraspecific forms of Palearctic coregonids based on available own and literature molecular and morphological data. By comparison of mtDNA and allozyme phylogenies we supposed that the currently observed divergence of the group was in most cases characterized by complex interaction between divergent and reticulate evolution taken that hybridization and especially introgression between species and sympatric ecological forms plays significant role. Most differentiated from other species are representatives of the genus Prosopium, particularly Eurasian species round whitefish P. cylindraceum and pygmy whitefish P. coulteri. The inconnu Stenodus leucichthys is relatively distant from species of the genus Coregonus but its divergence is comparable with those within the group of whitefishes and ciscoes of the latter genus. Within Coregonus several lineages were observed not corresponding to traditional subgenera Coregonus and Leucichthys. Lake Baikal coregonids including Baikal omul, Baikal lake whitefish, Baikal lakeriverine whitefish take basal position in the median network of mtDNA haplotype. Two species of the Amur R. basin Ussuri cisco C. ussuriensis and chadary whitefish C. chadary are genetically related to the Baikalian coregonids. From this putatively ancestral for the genus Coregonus Baikal complex one lineage leads to the Arctic cisco C. autumnalis with its North American relatives C. laurettae and C. artedii. Most distant from Arctic cisco complex by both allozymes and mtDNA is another Palearctic cisco clade comprising closely related vendace C. albula, least cisco C. sardinella, peled C. peled and Penzhina cisco C. subautumnalis (a species from the Sea of Okhotsk basin formerly considered closely related or synonymous to the Arctic cisco). Whitefishes, e.g. Coregonus with lower mouth are genetically intermediate between the least cisco clade and Lake Baikal coregonids. Broad whitefish is distinct in mtDNA and moderately differentiated in allozymes. Widespread Siberian whitefish (C. pidschian) is poorly differentiated from plankto-bentophagous multi-rakered muksun C. muksun both in allozymes and mtDNA. Two sympatric whitefish forms of the Anadyr River (Bering Sea basin), 'humpback' (C. pidschian) and endemic 'sharpnose' C. anaulorum possess typical Siberian whitefish haplotypes and haplotypes of the unknown lineage moderately related to the Baikal complex. In pidschian-like whitefishes of upper reaches of the Ob' (Lake Teletskoe) and Yenisei (lakes and rivers of Todzha Valley, Republic of Tyva) several specific mt-haplotypes and unique of non-typical for Arctic Sea pidschian alleles are observed marking therefore a 'southern' gene pool. In lower Yenisei R. these alleles can also be traced at low frequencies. In general, taken specific external morphology in pairs of sympatric species (Coregonus spp. from lakes Baikal, Teletskoe, Baunt, Oron, rivers Amur, Anadyr) all these forms are much closer genetically within their waterbodies This assumes their origin under sympatry or parapatry as well as in most cases recent and/or incomplete cease of gene pool between them. Numerous molecular evidences of hybridization and introgression make us to consider reticulate scenarios of evolution as probable and putatively widespread in coregonids. Genome duplication due to allopolyploid origin of salmonoid fishes, undeveloped pre- and post-mating isolation mechanisms, and sympatric distribution of many coregonid species (including use of common spawning sites) in the past and at present are considered as factors promoting appearance of the hybrids. During periods of slow "coherent" evolution hybrids are putatively involved in backcrossing with one or both parental species which makes difficult their identification and classification. This process of uni- or bidirectional gene exchange increases adaptation potential of coregonid populations. Unstable environment during "non-coherent" evolution related to serious rearrangement of ecosystems creates new ecological niches and promotes reticulate evolution with fast separation of new forms and development of mechanisms of full or partial isolation from ancestral species.

The study is supported by Russian Foundation for Basic Research grant 10-04-01757-a, by Programs of Fundamental Research by Presidium of RAS "Biodiversity and Gene Pools' and 'Biosphere Origin and Evolution of Geo-Bioecological Systems' and by Division of Biological Sciences of RAS 'Bioresources of Russia'.

МЕХАНИЗМЫ ВИДООБРАЗОВАНИЯ У СИГОВЫХ РЫБ ПАЛЕАРКТИКИ Политов Д.В., Балдина С.Н., Гордон Н.Ю.

Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, 3, ул. Губкина, Москва 119991, Россия

Статус, происхождение и генетические взаимоотношения сиговых рыб (Coregonidae, Salmoniformes, Teleostei) Европы, Сибири и Дальнего Востока является дискуссионным на протяжении многих десятилетий. Настоящее исследование является обзором литературных и собственных морфологических и молекулярных данных по таксономии и филогеографии большинства видов и внутривидовых «форм» сиговых Палеарктики. Путем сравнения филогенетических схем, построенных на основании данных изменчивости митохондриальной ДНК и аллозимных локусов, мы предположили, что наблюдаемая картина дивергенции в группе объясняется сложным взаимодействием дивергентной эволюции и сетчатой эволюции. При этом большую голь играет гибридизация между видами и симпатрическими внутривидовыми группировками. Во всех современных схемах наиболее дивергировавшими таксонами являются вальки (Prosopium spp.), в частности, евразиатские P. cylindraceum и P. coulteri. Нельма и белорыбица Stenodus leucichthys относительно сильно дивергировали от видов собственно сигов р. Coregonus, однако, этот уровень дивергенции того же порядка, что внутри рода сигов, а по ряду маркеров Stenodus кластеризуется внутри р. Coregonus. Вопреки традиционному разделению сигов на подроды сигов с нижним ртом (Coregonus) и сигов с

верхним и конечным ртом (Leucichthys) молекулярная филогения выявляет несколько групп, не вполне совпадающих с этими подродами. Так, байкальские омуль, озерный сиг и озерно-речной сиг формируют единую ветвь на медианной сети гаплотипов мтДНК, по-видимому, базальную по отношению к остальным видам. К байкальской ветви генетически близки и амурский сиг C. ussuriensis, и сиг-хадары C. chadary из верхнего течения Амура. От байкальской ветви происходят и настоящие омули комплекса ледовитоморского омуля C. autumnalis, а также юконский вид – берингийский омуль C. laurettae и т.н. «американские ряпушки» комплекса C. artedii. Весьма сильно дивергировали от омулей виды другой ветви р. Coregonus, представленной на обоих континентах сибирской ряпушкой C. sardinella, а в Палеарктике дополнительно европейской ряпушкой C. albula, пелядью C. peled, а также т.н. пенжинским омулем из Охотоморского бассейна, являющимся формой, производной от восточносибирской С. sardinella. Сиги с нижним ртом генетически являются промежуточными между ветвью ряпушек-пеляди и байкальско-амурскими сиговыми. Среди этих видов чир наиболее сильно дифференцирован по мтДНК, но умеренно – по аллозимам. Малотычинковый сиг пыжьян C. pidschian sensu lato слабо дифференцирован как по аллозимам, так и по мтДНК, от многотычинкового планктонектофага муксуна С. muksun. Две симпатрические формы сигов р. Анадырь басс. Берингова моря «горбун» (C. pidschian) и эндемичный «востряк» С. anaulorum несут как типичные для пыжьяна мт-гаплотипы, так и сильно дивергировавшие гаплотипы неизвестной ранее гаплогруппы, не идентичной, но родственной байкалоамурской ветви. В группе пыжьяновидных сигов верховий Оби (оз. Телецкое) и Енисея (озера Тоджинской котловины, Республика Тыва) отмечены специфические мт-гаплотипы и уникальные или не характерные для ледовитоморских пыжьянов аллели, маркирующие южный генный пул. В низовьях Енисея (р. Курейка) также прослеживаются эти «южные» аллели. В целом, при всей внешней морфологической специфичности симпатрических форм (сиговые озер Байкал, Телецкое, Баунт, Орон, рр. Амур, Анадырь), практически во всех водоемах наблюдается их сходство между собой, что предусматривает их происхождение в условиях симпатрии или парапатрии, а также в большинстве случаев – недавнее и/или неполное прекращение потока генов между ними. Многочисленные молекулярные свидетельства гибридизации и интрогрессии заставляют предполагать сетчатые сценарии видообразования как вероятные, и весьма распространенные у сиговых Палеарктики и Неарктики. Эти процессы облегчены у сигов вследствие геномной дупликации, неразвитых механизмов этологической изоляции, многочисленных случаев симпатрии близких форм (включая общие места нереста). В периоды «когерентной» эволюции гибриды обычно поглошаются родительскими видами вследствие бэккроссинга, что затрудняет их идентификацию. При этом межвидовой обмен генами способен повышать адаптивный потенциал популяций сиговых. Нестабильные условия в ходе быстрой «некогерентной» эволюции (что связано с разрушением сложившихся сообществ) способствуют обособлению гибридов, занимающих новые экологические ниши и формирующих механизмы полной или частичной изоляции от популяций родительских видов.

Исследование поддержано грантом РФФИ 10-04-01757-а, Программами фундаментальных исследований Президиума РАН «Биологическое разнообразие» (подпрограмма генофонды и генетическое разнообразие») и «Происхождение биосферы и эволюция гео-биоэкологических систем» (Подпрограмма II), а также Программы ОБН РАН «Биологические ресурсы России: оценка состояния и фундаментальные основы мониторинга».

SPECIATION OF ENDEMIC CHIRONOMIDS OF THE GENUS SERGENTIA KIEFF. (DIPTERA, CHIRONOMIDAE) FROM LAKE BAIKAL

Proviz V.I.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

proviz@lin.irk.ru

Endemic midges of the genus *Sergentia* Kieff. are a unique phenomenon among faunistic groups of Lake Baikal and other worldwide chironomid communities. Among all insects, only chironomids managed to colonize various lake biotopes and formed enormous larval aggregations in the littoral zone (a "burial place" of benthic animals near Cape Bol. Solontsovy) and at larger depths (a hydro vent in Frolikha Bay), dominating other benthic organisms inhabiting the near-surface gas hydrate occurrences. While studying chironomids, the researchers focused on the availability of polytene chromosomes in the salivary glands of their larvae. Specific chromosome disc pattern provides exclusive possibilities for accurate comparative analysis, description of the interspecific variations and mechanisms of evolutionary karyotype transformations entailed by speciation.

Recent karyological investigations have confirmed independence of 11 species of Sergentia genus, 7 of which are endemics of Lake Baikal and 4 were found on the territory of Germany, Switzerland, Russia (Irkutsk and Bratsk Water Reservoirs, Far East) and USA. Data on the karyotypes and chromosomal polymorphism of endemic and non-Baikalian species from different areas show significant divergences in the karyotype formation and chromosome structure of these species groups. Two species of common *S. coracina* (2n=6), *S. baueri* (2n=8), *S. prima* (2n=8) and *S. electa* (2n=6) have a reduced chromosome number. The chromosome number of all Baikal endemics is 2n=8, three species – *S. rynocephala*, *S. rara*, *S. affinis* are homosequent (with similar disc pattern of chromosomes), 4 species – *S. flavodentata*, *S. nebulosa*, *S. assimilis*, *S. baicalensis* differ from other species by the number and localization of fixed inversions and nuclear organizers.

32 homo- and heterozygous inversions have been found in the karyotype pool of Sergentia chironomids as a whole. The total number of inversion sequences in the species inhabiting Baikal and other localities coincides - 18. Speciation of all species well adapted to various depths and biotopes, eurybathic S. flavodentata, littoral S. baicalensis, abyssal S. nebulosa and S. assimilis, was accompanied by the structural changes of chromosome I, including 5 homo- and heterozygous inversions. Among non-Baikalian species, one homozygous inversion of this chromosome has been registered in S. coracina. Only 4 inversion sequences are common for both groups, 3 of which found in Baikal and Irkutsk Reservoir.

Thus, a series of specific intrachromosomal rearrangements in Baikal Sergentia, reflecting stages of chromosome evolution during species formation and adaptation to Baikal environments has been found irrespective of the similarity in the principal karvotype parameters (chromosome number, size and form of chromosome arm integrity, etc.) that allows the researchers to consider them highly prospective for future investigations and the data obtained very informative in further karyological studies of other hydrobionts from Lake Baikal.

This work was done under the auspices of State Project No. VII 62-1-4 "Multidisciplinary study of the splash zone..." and partially supported by RFBR Grant No. 09-04-00781.

ОСОБЕННОСТИ ВИДООБРАЗОВАНИЯ ЭНДЕМИЧНЫХ ХИРОНОМИД РОДА SERGENTIA KIEFF. (DIPTERA, CHIRONOMIDAE) ИЗ ОЗЕРА БАЙКАЛ Провиз В.И.

Лимнологический институт СО РАН, 3, Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Эндемичные комары-звонцы рода Sergentia Kieff. – уникальное явление не только в фауне Байкала, но и в мировой фауне хирономид. Они единственные из класса Insecta смогли освоить разнообразные биотопы озера, образуя в ряде случаев необычайно большие скопления личинок как в литоральной зоне ("кладбище" бентосных животных в районе мыса Бол. Солонцовый), так и на больших глубинах (гидровент в бухте Фролиха), доминируя среди других бентосных организмов в районах приповерхностного залегания газогидратов. Особым отличием хирономид как объекта исследований является присутствие политенных хромосом в слюнных железах личинок. Специфичный рисунок дисковой структуры хромосом позволяет эффективно проводить сравнительный цитогенетический анализ, выявлять межвидовые различия и механизмы эволюционных преобразований кариотипов, возникшие в процессе видообразования.

К настоящему времени кариологическими исследованиями подтверждена видовая самостоятельность 11 видов рода Sergentia, 7 из которых – эндемики озера Байкал, 4 – встречены на территории Германии, Швейцарии, России (Иркутское и Братское водохранилища, Дальний Восток) и США. Результаты изучения кариотипов и хромосомного полиморфизма в популяциях эндемичных и небайкальских видов из разных точек ареалов показали. что формирование кариотипов и структурнофункциональные изменения хромосом у данных групп видов происходили с большими отличиями. У широко распространенных видов S. coracina (2n=6), S. baueri (2n=8), S. prima (2n=8) и S. electa (2n=6) два вида имеют редуцированное число хромосом. Все байкальские эндемики имеют 2n=8, три вида – S. rynocephala, S. rara, S. affinis оказались гомосеквентными (с одинаковой дисковой структурой хромосом), 4 вида – S. flavodentata, S. nebulosa, S. assimilis, S. baicalensis отличаются от остальных видов рода разным числом и локализацией фиксированных инверсий и ядрышковых организаторов.

В целом в кариофонде хирономид рода Sergentia обнаружено 32 гомо- и гетерозиготных инверсий. При этом общее число инверсионных последовательностей у видов, обитающих в Байкале, и живущих за его пределами, совпадает – 18. Установлено, что видообразование всех хорошо адаптированых к разнообразным глубинам и биотопам видов – эврибатного S. flavodentata, литорального S. baicalensis, глубоководных S. nebulosa и S. assimilis, происходило с изменением в первую очередь структуры хромосомы I – у них встречено 5 гомо- и гетерозиготных инверсий. У небайкальских видов в этой хромосоме обнаружена только одна гомозиготная инверсия у S. coracina. Общими для обеих групп являются только 4 инверсионные последовательности, 3 из которых найдены в Байкале и Иркутском водохранилище.

Таким образом, несмотря на сходство основных параметров кариотипа (число хромосом, размеры и форма объединения плеч хромосом и др.), у байкальских видов poda Sergentia обнаружен ряд специфичных внутрихромосомных перестроек, отражающих этапы хромосомной эволюции в процессе видообразования и адаптации к условиям Байкала. что позволяет считать их весьма перспективной для изучения группой, а полученные данные показательными при кариологических исследованиях других гидробионтов Байкала.

Работа выполнена в рамках госбюджетного проекта № VII 62-1-4 «Междисциплинарное исследование заплесковой зоны…» и при частичной поддержке гранта РФФИ № 09-04-00781.

INCREASE OF LACTATE CONTENT IN ENDEMIC BAIKAL AMPHIPODS BY HIGH TEMPERATURE

AND CADMIUM CHLORIDE Protopopova M.V.^{*,*} Pavlichenko V.V.^{*,*}, Axenov-Gribanov D.V.^{*,*}, Shahtanova N.S.^{*,*}, Timofeyev M.A.^{*,*} Irkutsk State University, 5, Sukhe-Batora st., Irkutsk 664011 Russia

Baikal Research Centre, Irkutsk, 5, Karl Marx st., Irkutsk 664003, Russia <u>marina.v.protopopova@gmail.com</u>

Under stress conditions oxidative phosphorylation cover increased energetic demands of cells and role of anaerobic glycolise can increase in energetic production processes. It w

as shown that in aquatic organisms exposed to heating partial anaerobiosis occurs (Pörtner et al, 2001, 2003, 2007; Selvacumar, Geraldine, 2003). Other works showed an increase of lactate content by toxic exposure (Brand & Kleineke, 1996; Soengas et al., 1996). The aim of this study was to compare the stress-induce level of anaerobic glycolise in species with different resistant abilities. Baikal amphipods are promising object for such studies because they are represented by more than 272 close related endemic species (Takhteev, 2000), with high diversity of ecological forms and adaptive abilities. In this study endemic Baikal amphipods species different by their temperature and toxic resistance abilities were used: *Eulimnogammarus cyaneus*, *E. verrucosus*, *E. vittatus* and *E. marutuj*. By resistance to high temperature the species can be arranged by the comparative order: *E. marutuj*=*E. verrucosus*<*E. vittatus*

Amphipods exposition at 25°C resulted in increase of lactate content in all investigated species. In *E. verrucosus, E. vittatus* and *E. marituji* increase of lactate concentration has started after 30 min of exposition. Increase of lactate content in *E. cyaneus,* which is the most thermo-tolerant among studied species, was started only after 3 h.

Exposition of amphipods at CdCl₂ solution resulted in increase of lactate content in all species. Increase of lactate content in *E. marituji, E. verrucosus* and *E. cyaneus* after 30 min of exposition was observed. Significant increase of lactate content in the most resistant to CdCl₂ *E. vittatus* was observed only after 6 h of experiment.

In sum, both thermal and toxicity stresses lead to lactate accumulation in all amphipod species. Increase of lactate content can be explained by increase of energetic demands in amphipods' cells and inhibition of electron chain function under stress conditions. The character of lactate accumulation depends on resistance abilities of species to thermal and toxicity stresses.

This research was partially supported by grants of RFBR 09-04-00398-а, 08-04-00928, 10-04-00611-а, 10-04-92505-ИК-а, AVCP "Vysshaya shkola" 2.1.1/982, Federal Target Program "Research and Training Specialists in Innovative Russia, 2009-2013", grant of President MK-351.2009.4

COMPARATIVE ZOOGEOGRAPHICAL ANALYSIS OF THE KHOVSGOL FISH PARASITES AND BAIKAL FISH PARASITES

Rusinek O.T.

Baikal Museum of Irkutsk scientific center, 1, Akademicheskaya St., Listvyanka 664520, Russia <u>rusinek@isc.irk.ru</u>

The Khovsgol parasite fauna of 9 species fish include 73 species belonging to 8 phylum (Micrispora, Cnidospora, Ciliophora, Plathelminthes, Nemathelminthes, Acanthocephales, Annelida, Arthropoda) and 11 classes invertebrate animals (Microsporea, Myxosporidia, Cyrtostomata, Hymenostomata, Monogenea, Cestoda, Trematoda, Nematoda, Acanthocephala, Hirudinea, Crustacea). The fauna of fish parasites in Lake Khovsgol consist 3 fauna complexes: Boreal Plain, Boreal Sub-Mountain and Arctic freshwater and quite correspond to fish parasites in Arctic province. Parasites Boreal Sub-Mountain complex (41.8 %) dominate in Khovsgol Lake.

Parasite fauna of Lake Baikal represented 255 species and sub-species belonging to 13 phylum (Kinetoplastida, Polymastigota, Sporozoa, Cnidaria, Mollusca – types unchecked in Khovsgol). Allocate 5 fauna complexes: Boreal Plains, Boreal Sub-Mountain, Arctic fresh water, Baikal and the Sino-Indian. Most of the parasites of fishes Khovsgol (53.4%) and Baikal (63%) developed without the participation of the intermediate host. Fish parasite fauna of Khubsugul is impoverished in comparison with fish parasite fauna from Baikal, Ob', Enisey.

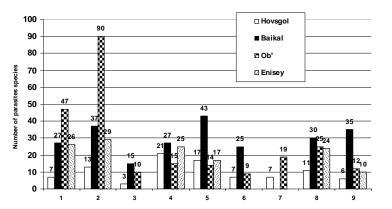


Fig. 1. Quantity composition of fish parasite species in the fauna of Khovsgol Lake, Lake Baikal and rivers Ob' and Enisey (Количественный состав видов паразитов рыб из озер Хубсугул и Байкал, р. Обь и р. Енисей): (1– Perca fluviatilis, 2– Rutilus rutilus lacusrtis, 3– Cobitis melanoleuca, 4– Brachymystax lenok, 5– Thymallus arcticus nigrescens, 6– Phoxinus phoxinus, 7– Barbatula toni, 8– Lota lota, 9– Coregonus autumnalis migratorius).

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ЗООГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПАРАЗИТОВ РЫБ ХУБСУГУЛА И БАЙКАЛА Русинек О.Т.

Байкальский музей ИНЦ СО РАН, 1, ул. Академическая, Листвянка 664520, Россия

Паразитофауна 9 видов рыб озера Хубсугул включает 73 вида, относящихся к 8 типам (Micrispora, Cnidospora, Ciliophora, Plathelminthes, Nemathelminthes, Acanthocephales, Annelida, Arthropoda) и 11 классам (Microsporea, Myxosporidia, Cyrtostomata, Hymenostomata, Monogenea, Cestoda, Trematoda, Nematoda, Acanthocephala, Hirudinea, Crustacea) беспозвоночных. Паразитофауна рыб озера Хубсугул представлена 3 фаунистическими комплексами: бореальным равнинным, бореальным предгорным, арктическим пресноводным и соответствует паразитофауне Ледовитоморской провинции Палеарктики. Доминируют паразиты (41,8%) бореального предгорного фаунистического комплекса.

Паразитофауна Байкала представлена 255 видами и подвидами, относящихся к 13 типам (включая типы, неотмеченные в Хубсугуле: Kinetoplastida, Polymastigota, Sporozoa, Cnidaria, Mollusca). Выделены 5 фаунистических комплексов: бореальный равнинный, бореальный предгорный, арктический пресноводный, байкальский и сино-индийский. Большинство паразитов рыб Хубсугула (53,4%) и Байкала (63%) развиваются без участия промежуточных хозяев. Видовой состав паразитов рыб Хубсугула является обедненным по сравнению с таковым Байкала, Енисея, Оби, что может быть связано с потерями паразитов в процессе расселения хозяев.

"THE BAIKAL GO" (SCIENTIFIC SURVEY ON LAKE BAIKAL) AS REFLECTION OF INTERDISCIPLINARY APPROACH TO STUDIES OF NATURAL OBJECTS Rusinek O.T., Ufimtsev G.F., Fialkov V.A.

^{*}Baikal Museum of Irkutsk scientific center, 1, Akademicheskaya St., Listvyanka 664520, Russia ^{**}Institute of the Earth Crust SB RAS, 128, Lermontov St., Irkutsk 664033, Russia <u>rusinek@isc.irk.ru</u>, <u>ufim@crust.irk.ru</u>, <u>fva@isc.irk.ru</u>

Lake Baikal is a unique object in which geological evolution of the earth and evolution of climate are reflected, and where endemic flora and fauna are represented in their diversity. The latter were formed in this area as a result of comparatively long isolation. Lake Baikal is one of the well-studied water bodies of the planet. Therefore, it is necessary to use data on nature of Lake Baikal in the educational process at biological, geological, geographical and other departments for demonstration of natural processes and as an example of studies of natural phenomena. It is proposed to prepare and introduce a curriculum (training course) at natural-science departments of universities. The aim of this course is to acquire theoretical and methodological fundamentals on complex studies of natural objects. This course may be one of the major generalized subjects in the training system of biologists, environmentalists, geographers, and hydrologists.

The main advantage of this course is that it is possible to gain knowledge on natural phenomena and processes of a wide spectrum at one place and in one water body: to acquaint students and postgraduates with the results on origin and evolution of some elements of the Lake Baikal biota (algae, invertebrates, fish and fish parasites, seals, birds); to demonstrate how using the results of many sciences (geology, paleontology, morphology, botany, algology, zoology, ichthyology, parasitology, and ornithology) it is possible to define fundamental hypotheses on the origin of some organisms relying on indirect and direct evidences of their evolution. Similar interdisciplinary approach allows us to enhance the significance of natural-science studies, to raise the level of knowledge of students and to stimulate their interest to scientific-research work.

«БАЙКАЛЬСКИЙ ХОД» (НАУЧНАЯ ЭКСКУРСИЯ ПО БАЙКАЛУ) КАК ОТРАЖЕНИЕ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО ПОДХОДА В ИЗУЧЕНИИ ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ Русинек О.Т. *, Уфимцев Г.Ф.**, Фиалков В.А.*

* Байкальский музей ИНЦ СО РА́Н, 1, ул. Академическая, Листвянка 664520, Россия ** Институт земной коры СО РАН, 128 ул. Лермонтова, Иркутск, 664033, Россия

Озеро Байкал является уникальным объектом, в природе которого отразилась геологическая эволюция Земли, эволюция климата, а также во всем многообразии представлена эндемичная флора и фауна. Последние сформировались здесь в результате сравнительно длительной изоляции. Озеро Байкал является одним из наиболее изученных водоемов планеты. Поэтому данные о природе озера Байкал необходимо в полной мере использовать в образовательном процессе на биологических, геологических, географических и других факультетах для демонстрации природных процессов, а также в качестве примера изучения природного явления (явлений) с привлечением результатов исследований различных областей знания. Предлагается подготовить и внедрить учебный курс на естественно-научных факультетах университетов. Цель курса – освоение теоретических и методологических основ комплексного изучения природных объектов. Курс может быть одним из основных, обобщающих предметов в системе подготовки биологов, экологов, географов и гидрологов.

Основное преимущество курса – в одном месте, на одном водоеме, можно познакомиться с природными явлениями и процессами широкого спектра. Познакомить студентов и аспирантов с результатами исследований происхождения и эволюции отдельных элементов биоты озера Байкал (водоросли, беспозвоночные, рыбы и паразиты рыб, нерпа, птицы). Продемонстрировать, как при использовании результатов многих наук (геологии, палеонтологии, морфологии, ботаники, альгологии, зоологии, ихтиологии, паразитологии, орнитологии) возможно, сформулировать фундаментальные гипотезы происхождения отдельных групп организмов, опираясь на косвенные и прямые подтверждения их эволюции. Подобный междисциплинарный подход позволяет повысить значимость естественно-научных исследований, поднять уровень качества знаний студентов и стимулировать интерес к научно-исследовательской работе.

G.YU. VERESHCHAGIN'S VIEWS ON SPECIATION IN BAIKAL Smirnov V.V.*, Smirnova-Zalumi N.S.**, Sukhanova L.V.**

* Baikal Museum of Irkutsk scientific center, 1, Akademicheskaya St., Listvyanka 664520, Russia Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia <u>bmsmirnov @mail.ru, Isukhanova@yandex.ru</u>

G.Yu. Vereshchagin's work on Baikal was focused on the origin and history of Baikal flora and fauna formation. In discussions with L.S. Berg (1922), Vereshchagin argued that most species inhabiting Baikal are of marine origin with emphasis on ecological isolation as a principal factor of speciation in the lake (Vereshchagin, 1940). Vereshchagin proposed an alternative approach to speciation in Baikal outlining the future research trends

Describing the vertical structure of waters in open Baikal, G.Yu. Vereshchagin distinguished an "alternating" zone of seasonal water mixing, from the surface up to 200-300 m depth and "perennating" zone extending to the maximal depths that was considered a "water body of a tropical type with fixed direct thermal stratification". These were divided by a water layer, which Vereshchagin called a "zone of mesothermal maximum". Water layers interacting with the lake bottom were included into a separate "near-bottom" zone (Vereshchagin, 1936).

Vertical stratification of water is also observed in seas. For instance, the Caspian Sea is divided into upper water zone – from the surface to 100-200 m depth with seasonal temperature fluctuations, and a deeper zone extending below200 m with actually constant water temperatures (Pakhomova, Zatuchnaya, 1966). The ocean is divided into 4 water zones: upper – epipelagic, and lower – meso-, bathy- and abyssopelagic (Parin, 1982).

The structure of Baikal water column is similar to that of the seas. Such similarity is found in many characteristic features of their inhabitants providing the basis of a hypothesis on marine origin of Baikal fauna. Advancing Vereshchagin's idea on the dynamic structure of the lake water, we may consider resemblance of Baikal and marine organisms in terms of similarity (Smirnov et al., 2009). This approach combined with molecular-genetic methods of analyzing relative ties enables us to arrive to an explicit understanding of the origin and evolution of Baikal organisms.

Г.Ю. ВЕРЕЩАГИН И ПРОБЛЕМА ВИДООБРАЗОВАНИЯ В БАЙКАЛЕ Смирнов В.В.*, Смирнова-Залуми Н.С.**, Суханова Л.В.**

* Байкальский музей ИНЦ СО РАН, 1, ул. Академическая, Листвянка 664520, Россия ** Лимнологический институт СО РАН ,3, Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

В своих трудах, посвященных проблемам Байкала, Г.Ю. Верещагин поднимает вопрос о корнях и истории формирования байкальской фауны и флоры. Полемизируя с Л.С. Бергом (1922) по этому вопросу, Г.Ю. Верещагин отстаивает морское происхождение большинства видов, населяющих Байкал

(Верещагин, 1940). При этом среди факторов видообразования в условиях Байкала автор особое место отводит экологической изоляции. В то же время, Г.Ю. Верещагиным заложена основа альтернативного взгляда на проблему видообразования, определившая направление исследований Байкала на многие десятилетия вперед.

Характеризуя вертикальную структуру водных масс открытого Байкала, Г.Ю. Верещагин выделяет «альтернирующую» зону сезонного перемешивания воды – от поверхности до глубины 200 – 300 м и «перенирующую» зону, простирающуюся до максимальных глубин, которую автор рассматривает как «водоем тропического типа с неизменной прямой стратификацией температуры». Их разделяет слой воды, названный Г.Ю. Верещагиным «зоной мезотермического максимума». В самостоятельную «придонную» зону автором выделены слои воды, взаимодействующие с дном (Верещагин, 1936).

Вертикальная структурированность вод наблюдается и в морских водоемах. Так, в Каспии выделена верхняя водная масса – от поверхности до глубины 100-200 м, испытывающая сезонные колебания температуры воды. Глубже 200 м лежат воды с практически неизменной от сезона к сезону температурой (Пахомова, Затучная, 1966). На четыре зоны (верхнюю – эпипелагиаль, и нижние – мезо-, бати- и абиссопелагиаль) подразделяется также и океан (Парин, 1982).

Структурированность водной толщи Байкала подобна таковой морских водоемов. Этому подобию соответствует и сходство многих характерных черт их обитателей, лежащих в основе гипотезы о морских корнях фауны Байкала. Развитие идеи Г.Ю. Верещагина о динамической структуре вод озера позволяет рассматривать признаки сходства байкальских и морских организмов с позиций подобия (Смирнов и др., 2009). В сочетании с молекулярно-генетическими методами анализа родственных связей, такой подход позволит подойти к объективному разрешению проблемы происхождения и эволюции организмов, населяющих Байкал.

DYNAMICAL ASPECT OF INTRASPECIFIC POLYMORPHISM OF BAIKAL OMUL COREGONUS AUTUMNALIS MIGRATORIUS (GEORGI)

Smirnova-Zalumi N.S.*, Sukhanova L.V.*, Tolstikova L.I.*, Smirnov V.V.** *Limnological Institute of RAS SB, Ulan-Batorskaya st., 3, Irkutsk, 664033, Russia ** Baikal Museum of Irkutsk scientific center, 1, Akademicheskaya St., Listvyanka 664520, Russia

<u>kir@lin.irk.ru</u> <u>bmsmirnov@mail.ru</u>

We considered in Baikal omul from different morphoecological groups the variability of a tapeworm *Diphyllobothrium* sp. – it is a representative of Siberian-Baikalian fauna unit of organisms (Vereshchagin, 1935; Zaika, 1965), a parasite typical for coregonids and characteristic for fishes from near-shore-slope zone of Lake Baikal up to the depth of 300 m (Pronin et al., 1991; Rusinek, 2001). The analysis is done depending on the age, feeding peculiarities (Gurova, Pastukhov, 1974) and host habitat (Smirnov, Shumilov, 1974; Smirnova-Zalumi et al., 2007). Omul of near-shore-pelagic morphoecological group is earlier than other ones (by the age of 3+ - 4+) maximally (by 99-100%) contaminated with tapeworm. Pelagic and near-bottom-deep-water omul is contaminated slower. The distribution of tapeworm plerocercoids in omul from near-bottom-deep-water morphoecological group is evidently lower in any age, in elder and migrating for spawning specimens this proxy decreases. Narrower distribution of *Diphyllobothrium* sp. among some specimens groups is related to their feeding with organisms typical for open deep-water areas of the lake (macrohectopus, golomyanka). The variability of tapeworm distribution from age to age reflects alternation of periods of relation of omul generations life to trophic system of near-shore shallow-water areas with its weakening periods.

A stable character of age differences by part of specimens free of parasites corresponds to peculiarities of distribution, morphogenesis and change in feeding composition of omul from different morphoecological groups during the ontogenesis. In combinations with data on identity of genotypic populations composition differing only by haplotypes frequency (Sukhanova et al., 2004), it suggests a constant pressure of stabilizing selection and to its role in evolutionally fixed mechanism of intraspecific morphogenesis.

ДИНАМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ВНУТРИВИДОВОГО ПОЛИМОРФИЗМА БАЙКАЛЬСКОГО ОМУЛЯ COREGONUS AUTUMNALIS MIGRATORIUS (GEORGI)

Смирнова-Залуми Н.С.*, Суханова Л.В.*, Толстикова Л.И.*, Смирнов В.В.**

* Лимнологический институт СО РАН ,3, Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия ** Байкальский музей ИНЦ СО РАН, 1, ул. Академическая, Листвянка 664520, Россия

У байкальского омуля разных морфо-экологических групп рассмотрена изменчивость распространения лентеца *Diphyllobothrium* sp. – представителя сибирско-байкальского фаунистического комплекса организмов (Верещагин, 1935; Заика, 1965), паразита, типичного для сиговых рыб и характерного для рыб прибрежно-склоновой зоны Байкала до глубины 300 м (Пронин и др., 1991; Русинек, 2001). Анализ проведен в зависимости от возраста, особенностей питания (Гурова, Пастухов, 1974) и места обитания хозяина (Смирнов, Шумилов, 1974; Smirnova-Zalumi et al., 2007). Омуль прибрежно-пелагической морфо-экологической группы раньше других (к возрасту 3+ – 4+) максимально (на 99-100%) заражен лентецом. Медленнее заражается пелагический и придонно-глубоководный омуль. Распространение плероцеркоидов лентеца у омуля придонно-глубоководной морфо-экологической группы достоверно

меньше в любом возрасте, у старших и мигрирующих на нерест особей этот показатель снижается. Меньшему распространению Diphyllobothrium sp. среди определенных групп особей соответствует их питание организмами типичными для открытых глубоководных районов озера (макрогектопус, голомянка). Изменчивость распространения лентеца от возраста к возрасту отражает чередование в жизни поколений омуля периодов тесной их связи с трофической системой прибрежных мелководий с периодами ее ослабления.

Стабильный характер возрастных отличий по доле особей, свободных от паразита, соответствует особенностям распределения, морфогенеза и смены рациона питания омуля разных морфоэкологических групп в онтогенезе. В сочетании с данными об идентичности генотипического состава популяций, отличающихся лишь частотой гаплотипов (Sukhanova et al., 2004), это указывает на постоянное давление стабилизирующего отбора и его роль в эволюционно закрепленном механизме формообразования внутри вида.

VARIATION OF BIOCHEMICAL MECHANISMS IN GAMMARUS LACUSTRIS SARS FROM CONTRAST

ENVIRONMENTS POPULATIONS Shatilina Zh.M.^{*,**}, Gubanov M.V.^{**}, Zadereev E.S.^{***}, Bedulina D.S.^{*,**}, Protopopova M.V.^{*,*}, <u>Axenov-Gribanov D.V</u>.^{***}, Sapozhnikova E.A.^{*,**}, Timofeyev M.A.^{*,**}

Irkutsk State University, 5, Sukhe-Batora st., Irkutsk 664011, Russia Baikal Research Centre, Irkutsk, 5, Karl Marx st., Irkutsk 664003, Russia ***Institute of Biophysics at SB RAS, Academgorodok, Krasnoyarsk 660036, Russia zhshatilina @gmail.com

The aim of present work was to compare thermoresistance mechanisms in the Gammarus lacustris Sars representatives from two populations inhabiting different contrast environments. G. lacustris, from saline Lake Shira (Khakassia) (mineralization 11-15 mg/l) and a freshwater waterbody of Pribajkalsky region (mineralization 0.5 mg/l) were studied. Influence of temperature 30°C on mortality, expression of heat shock proteins HSP70 and small HSP and catalase activity were studied.

It was shown that amphipods from Lake Shira are more resistant to temperature stress: 50% level of their mortality was fixed after 24 hours only. Mortality of 50% amphipods from Pribajkalsky region population was observed after 7.5 h. It was shown that amphipods of the studied populations differed also by HSPs functioning and catalase activity. The base level of HSP70 was higher in amphipods from Pribajkalsky region comparing Lake Shira amphipods. The base level of sHSP between amphipods from studied populations did not significantly differ. The exposition animals at 30°C caused an increase of both HSP70 and sHSP expression. Increasing of HSP70' expression in amphipods from Pribajkalsky region population was observed after 30 min of exposure, in amphipods from Lake Shira population only after 3 h of exposure. Increasing of sHSP' expression in amphipods from both populations after 1 h of exposure were observed. The catalases' activity in control condition in amphipods from Lake Shira population was higher than from Pribajkalsky region population. High temperature (30°C) led to increase of catalases' activity in the amphipods from Pribajkalsky region population and decrease of activity in the inhabitants of Lake Shira.

In sum it should be states that existence in water with different hydrochemical characteristics has impact to functioning of basic cellular stress-resistance mechanisms in G. lacustris. It is known, that in aquatic organisms the initial stages of stress-reactions mostly are similar. However the information on possibly difference in conservative mechanisms functioning of stress-adaptation (such as, heat shock proteins, enzymes etc.) in relative species and even at different populations of the same species are known (Bahrndorff et al., 2006; Tomanek, 2002). In our research G. lacustris from Pribajkalsky region population has higher base level of HSP70 and its faster increasing by temperature stress, than G. lacustris from Lake Shira population. In amphipods from Pribajkalsky region population temperature stress led to increase of catalase activity, while in amphipods from Lake Shira population occurs decrease of its activity. Thus, stress influence on activity not only antioxidant enzymes, but also on activation level of conservative systems, such as HSP.

This research was partially supported by grants of Russian Foundation for Basic Research 09-04-00398-a, 08-04-00928, 10-04-00611-a, 10-04-92505-IK a, AVĆP "Vysshaya shkola" (Rosobrazovanije) 2.1.1/982, Federal Target Program "Research and Training Specialists in Innovative Russia, 2009-2013 ", grant of President of Russian Federation MK-351.2009.4.

INTRASPECIFIC STRUCTURE OF BAIKAL OILFISH SPECIES REVEALED BY MOLECULAR-GENETIC AND BIOLOGICAL ANALYSIS

Teterina V.I., Mamontov A.M., Kirilchik S.V.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskava St., Irkutsk 664033, Russia

veronika@lin.irk.ru

Endemic sculpins, big golomyanka or Big Baikal oilfish (*Comephorus baicalensis* Pallas, 1776) and small golomyanka or Little Baikal oilfish (*C. dybowski* Korotneff, 1905) are the most numerous and peculiar fishes in Lake Baikal. As they play a key role in biological processes of the Baikal and could be used as an indicator of the processes it is very important to know their genetic subdivision within lake. In this study, intraspecies polymorphism of the both species was examined using mitochondrial cytochrome *b* gene (Cyt*b*) and nuclear first internal transcribed spacer (ITS1) of ribosomal DNA sequence analysis, microsatellite DNA (7 loci) analysis and biological analysis. Samples were tested from the three Lake Baikal basins – southern, central and northern.

- 1. Analysis of nucleotide sequences of Cytb showed that Little Baikal oilfish (LBO) formed a single population in the lake, whereas the Big Baikal oilfish (BBO) is divided into two genetic groups BBOI and BBOII (Teterina et al., 2010). The level of nucleotide diversity in LBO was much lower compared to both BBO groups. The representatives of the BBO groups are not separated geographically. For discriminating these groups, we are developing single nucleotide polymorphism genotyping assays (SNPs). We used two methods to identify group-specifics SNPs in BBO. The first method is based on a rapid multiplex PCR and agarose gel electrophoresis. The second method is High Resolution Melt (HRM) approach. Using these techniques we increase BBO sample analyzed and calculate the percentage of individuals of different groups in a short space of time. SNP analysis showed that the proportion of individuals BBOI and BBOII from different basins of the lake and in the total is close to 1:1. These results suggest that representatives of different genetic groups of BBO distributed evenly in the lake and do not constitute geographically dispersed flocks.
- 2. Ribosomal DNA sequence analysis did not reveal any genetic differences between BBOI and BBOII.
- 3. Analysis of microsatellite polymorphism has showed that both a BBO and LBO are represented by single populations (Teterina et al., 2005, 2007). Analysis of the BBOI and BBOII for six polymorphic nuclearencoded microsatellite loci reveals no significant differentiation.
- 4. The following characteristic were applied for biological analysis: fork length, body weight, Fulton's condition coefficient. No reliable morphological intraspecies subdivisions were revealed.

Thus, polymorphism analysis in LBO showed that this species formed a single panmictic population. In contrast, intraspecies structure of BBO is more complicated. At present, the reasons for the BBO subdivision is not clear and other studies will be aimed at resolution of this matter.

This study was supported by the Russian Foundation for Basic Research (grant no. 01-04-48939-a, 08-04-01434-a).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВНУТРИВИДОВОЙ СТРУКТУРЫ ГОЛОМЯНОК БАЙКАЛА С ПОМОЩЬЮ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОГО И БИОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗОВ Тетерина В.И., Мамонтов А.М., Кирильчик С.В.

Лимнологический институт СО РАН, 3, Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Два вида эндемичного семейства голомянок – большая *Comephorus baicalensis* (БГ) и малая *C. dybowski* (МГ) голомянки – самые удивительные и многочисленные рыбы Байкала, играющие одну из ключевых ролей в биологических процессах, протекающих в озере и, таким образом, составляющие систему, которая может служить индикатором этих процессов. В данной работе, для исследования внутривидового полиморфизма голомянок использовались анализ нуклеотидных последовательностей митохондриального гена цитохрома *b* (Cyt*b*) и первого внутреннего спейсера рибосомной ДНК (ITS1), микросателлитный анализ (7 локусов) и биологический анализ. Сравнивались выборки голомянок из трех котловин Байкала (южной, средней и северной).

- 1. Анализ нуклеотидной последовательности Cytb показал, что МГ представлена в Байкале единой генетически не подразделенной популяцией, в то время как у БГ было выявлено наличие двух генетических групп – БГ-I и БГ-II (Teterina et al., 2010). Уровень нуклеотидного разнообразия у МГ был намного ниже по сравнению с обеими группами БГ. Распределение особей по группам у БГ не зависело от места сбора материала. Для выявления этих групп без секвенирования мы разработали маркеры однонуклеотидного полиморфизма (SNP-маркеры, SNP - single nucleotide polymorphism). Для идентификации SNP, специфичных для каждой группы, мы использовали два метода. Первый метод основан на мультиплексной ПЦР и агарозном гель-электрофорезе. Второй подход заключался в идентификации SNP методом высокоточного плавления ДНК-дуплексов (продуктов амплификации) – HRM-анализ (High Resolution Melting). Эти подходы позволили в кратчайшие сроки **увеличить** выборку большой голомянки и посчитать процентное соотношение особей принадлежащих к разным генетическим группам, собранных из разных районов Байкала. Соотношение особей БГ-І и БГ-ІІ, выловленных из разных котловин озера и в сумме со всего озера оказалось близким к 1:1. Полученные результаты свидетельствуют о том что, представители разных генетических групп БГ распределены в пределах озера равномерно и не образуют географически разобщенных стад.
- Анализ нуклеотидной последовательности ITS1 не выявил какой-либо генетической подразделенности голомянок в пределах озера Байкал и не выявил генетических различий между БГ- I и БГ-II.

- Согласно анализу микросателлитной ДНК как малая, так и большая голомянки представлены в Байкале едиными генетически не подразделенными популяциями (Тетерина и др., 2005, 2007). Между группами БГ-I и БГ-II статистически значимых отличий по микросателлитным локусам не выявлено.
- Для биологического анализа учитывались следующие показатели длина по Смиту, масса тела, упитанность по Фультону. По данным показателям различий между группами БГ-I и БГ-II выявлено не было.

Таким образом, анализ внутривидового полиморфизма МГ показал, что данный вид формирует в Байкале единую популяцию. В отличие от этого, внутривидовая структура БГ является более сложной. В настоящее время, причины генетической подразделенности БГ по митохондриальному геному не известны и поиск решения этой проблемы является целью последующих работ.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты № 01-04-48939-а, 08-04-01434-а).

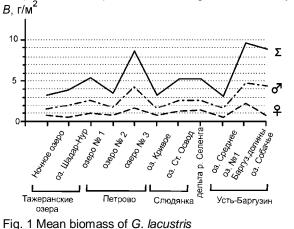
COMPARATIVE CHARACTERISTICS AND INTRASPECIFIC VARIABILITY OF Gammarus lacustris Sars, 1863 FROM PRE-BAIKALIAN WATER BODIES Tikhonova Ye.N., Kupchinsky A.B.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

<u>ten800@mail.ru</u>

Gammarus lacusrtis Sars, 1863 is a widely distributed species (Karaman, 1977). Inhabiting numerous Pre-Baikalian water bodies, it is quite absent in Lake Baikal. (Bekman, 1954). The gamarus is widely used in fishing as a lure and hence, it is a commercial species itself. Biology and ecology of *G. Lacustris*, chemical composition of water in some Pre-Baikalian and Trans-Baikalian lakes are considered in detail in Bekman (1951; 1954), Matafonova (2007), Dzyuba et al. (1997). We performed work for studies of present state of population of a lacustrine gammarus *Gammarus lacustris* Sars, 1863 in some water bodies of Irkutsk Region and Buryat Republic.

The material oa present study consisted of samples of *G. Lacustris* taken from water bodies of different types: in girts and pre-delta lakes of the Selenga R., in lakes of the Barguzin River floodplain, Tazheran lakes and lakes in Krestovskaya Depression near Yelantsy settl., in Kultuk lakes (Slyudyanka area) in the southern part of Lake Baikal and in Lake Kotokel'. These materials served as a base for comparative characteristics and intraspecific variability of *G. Lacustris* from 11 water bodies of Irkutsk Region and Buryat Republic were the aim of the present work. In this water bodies, *G. Lacustris* is studied for the first time. First we have obtained the pattern of biomass (Fig. 1) and of abundance (Fig. 2) of gammarus on the base of qualitative and quantitative samples (Zhadin, 1956). The colour of gammarus body is noticed separately for each water body.





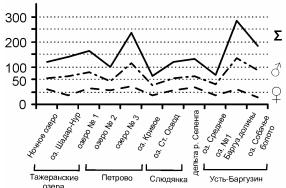


Fig. 2. Mean abundance of *G. lacustris* Средняя численность *G. lacustris*.

$(\Sigma$ – mean value of females and males together for each sample). Средняя биомасса *G. lacustris* (Σ – среднее значение самок и самцов вместе для каждой пробы).

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ВНУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ GAMMARUS LACUSTRIS SARS, 1863 ПРИБАЙКАЛЬСКИХ ВОДОЁМОВ Тихонова Е.Н., Купчинский А.Б.

Лимнологический институт СО РАН, 3, Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Gammarus lacusrtis Sars, 1863 – широко распространённый палеарктический вид (Karaman, 1977). Населяя многочисленные водоемы Прибайкалья, он полностью отсутствует в Байкале. (Бекман, 1954). Гаммарус широко используется в рыболовстве в качестве приманки и наживки, и, таким образом, сам является объектом промысла. Биология и экология *G. lacustris,* химический состав воды некоторых озёр Прибайкалья и Забайкалья подробно рассмотрена в работах М.Ю. Бекман (1951; 1954), Д.В. Матафонова (2007), Е.В. Дзюба и др. (1997). Нами были проведены работы по изучению современного состояния популяции озерного гаммаруса Gammarus lacustris Sars, 1863 в некоторых водоемах Иркутской области и Республики Бурятия.

Материал настоящего исследования состоял из сборов *G. lacustris*, производившихся на водоемах разного типа: в протоках и придельтовых озерах р. Селенга, озерах поймы реки Баргузин, Тажеранских озерах и озерах в пади Крестовской в районе пос. Еланцы, Култучных озерах (Слюдянский район) в южной части Байкала и в озере Котокель. Эти материалы легли в основу сравнительной характеристики и внутривидовой изменчивости *G. lacustris* из 11 водоёмов Иркутской области и Республики Бурятия и послужили целью настоящей работы. Исследования на данных водоёмах по *G. lacustris* проводятся впервые. В качестве первого шага нами получено представление о биомассе (рис. 1) и численности (рис. 2) гаммаруса на основании качественных и количественных проб (Жадин, 1956). Отдельно для каждого водоёма отмечена окраска тела гаммаруса.

Озёра восточного берега оз. Байкал, характеризующиеся более высокой численностью и биомассой гаммаруса, наиболее отдалёны от мест интенсивной добычи рыболовами и заготовителями. К менее продуктивным относятся озёра, расположенные на западном берегу, испытывающие антропогенный прессинг в настоящее время, или последствия нерегламентированного вылова гаммаруса в прошлые годы. В различных местообитаниях цвет тела живых рачков варьирует от светло-серого до грязно-зелёного, что, по-видимому, зависит от питания и химического состава воды.

На наш взгляд, в качестве следующего этапа исследований, было бы интересным описать эволюционный сценарий видообразования и расселения вида на основе работ на молекулярном уровне.

CELLULAR MECHANISMS OF THERMAL STRESS DEFENSE IN TWO AMPHIPOD SPECIES WITH DIFFERENT THERMOTOLERANT ABILITY

Timofeyev M.A.^{*,**}, <u>Bedulina D.S.</u>^{*,**}, Protopopova M.V.^{*,**}, Pavlichenko V.V.^{*,**}, Axenov-Gribanov D.V.^{*,**}, Shatilina Z.M.^{*,**}

^{*} Irkutsk State University, 5, ul. Sukhe-Batora, Irkutsk 664011 Russia **Baikal Research Centre, Irkutsk, 5, Karl Marx st., Irkutsk 664003, Russia <u>m.a.timofeyev@gmail.com</u>

A broad variety of cellular defense mechanisms exists. Two of the most important of them are heat shock proteins (HSP) and the antioxidative system (AOS). HSP can both to fold newly-synthesized proteins and to protect and refold partly-denaturized proteins during the stress exposure. It was shown that heat shock leads to the increase of HSP expression (Kopecek et al., 2001). The complex AOS is the defense mechanism against damaging action of reactive oxygen species during the thermal stress.

The aim of research was to estimate the species-specific differences in functioning of the key cellular defense mechanisms in two amphipod species which are different in their thermotolerance ability.

As the object of research two baikalian congener amphipod species *Eulimnogammarus verrucosus* and *E. cyaneus* were chosen.

E. verrucosus is a stenoecious species which is spread along the littoral zone up to the depth 10-15 m. In experiments this species shows the low level of thermal resistance (Timofeyev et al., 2001). Another chosen species *E. cyaneus* is the representative of upper-littoral zone with the maximal population density at the water edge (Veynberg at al., 1994). According to the experimental data *E. cyaneus* has high thermoresistant ability (Timofeyev, Kirichenko, 2004).

Amphipods were collected from the shoreline of the lake Baikal at the settlements Bolshie Koty and Listvyanka (South Baikal). Experiments were carried out in aerated thermostatic cameras. Previously acclimated animals were incubated at the temperature 25°C, and fixed by deep freezing in liquid nitrogen. Control animals were incubated at the acclimation temperature.

The content of HSP was determined by Western blotting, enzyme activities were measured spectrophotometrically.

It was shown that the AOS activity is modulated by hyperthermia in both species. Activity of the three enzymes was more pronounced at thermal-tolerant *E. cyaneus*. The constitutive content of HSP70 in the control conditions was higher in this species as well. During the hyperthermia exposure the level of HSP70 increased in both species with greater range in thermal-sensitive *E. verrucosus*.

Thus the present results demonstrated that two congener amphipod species with different thermotolerance ability show different reaction of the main cellular defense mechanisms against acute thermal stress. That proofs the high plasticity of these mechanisms in adaptation of organisms to the certain thermal environmental conditions.

This research was partially supported by grants of Russian Foundation for Basic Research № 09-04-00398-a, 10-04-00611-a, 10-04-92505-*I*/K_a, 10-04-00611-a; Rosobrazovanie 2.1.1/982, Federal Target Program "Research and Training Specialists in Innovative Russia, 2009-2013", grant of the President of Russian Federation MK-351.2009.4 This support is gratefully ackno1wledged.

DIVERSITY OF BLUE-GREEN ALGAE IN MONGOLIA Tsegmid B.*, Nergui S.**

*Institute of Botany, MAS, 77, Jukov av., Ulaanbaatar-51, Mongolia **Faculty of Biology, National University of Mongolia, Bldg. 2, Ulaanbaatar 210646, Mongolia bokhoo2000@yahoo.com, soninkhishig2000@yahoo.com

Cyanobacteria are a special group of prokaryote organisms which intensively develop in extreme habitats, such as soda and salty lakes, sea lagoons and thermal springs.

In Mongolia, studies on algae began in 1903 when Dorogostaisky registered 1 species of blue-green algae and Ostenfeld recorded 20 species of blue-green algae. Following this, Mongolian national scientists such as Ulziikhutag N., Dulmaa A., Nansalmaa B., D. Tuya and Tsetsegmaa D. began to publish algae study results since 1960. In 2005, Dorofeyuk and Tsetsegmaa were published and registered 192 blue-green algae species belong to 59 genera 15 family and then 200 blue-green algae species belonging to 59 genera were registered by Tsetsegmaa D., 2008.

To date, Mongolian blue-green algae flora has been recorded as 218 species, subspecies belonging to 67 genera, 16 families.

Cha diversity index of cyanophyta was 0.6 at the Arctic Ocean basin, 0.8 in the Pacific Ocean basin and 1.18 in the Central Asian internal basin. As results of species composition cluster trees for the Arctic Ocean basin and the Pacific Ocean basin was very similar, the Central Asian internal basin was very different to the others, as single outlier.

A total of 20 papers and books by 15 different authors of different geographic regions were used in the literature review.

GLOBAL CLIMATE CHANGES AND PRODUCTIVITY OF BAIKAL OMUL (COREGONUS MIGRATORIUS GEORGI)

Tyagun M.L.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

<u>mary@lin.irk.ru</u>

The problem of Baikal ichthyocenoses productivity decrease in the late 1960's – early 70's has been widely discussed in scientific literature. It is assumed that reduced fish catches may be influenced by any of the following factors: anthropogenic, hydrological and ecosystematical (depletion of the feeding resources) (Tyutrin, 1969; Mamontov, 1977b; Kalyagin, 1999). However, there is no unified explanation of the productivity drop at present. To cope with uncertainty in the estimates of the production dynamics of common species, we need to investigate functions of the lake ecosystem as well as the impacts of global climatic change.

With the data obtained during past 50 years, the researchers were able to analyze productivity of Baikal omul, since this approach may be applied not only in the resource assessment. Omul, a typical representative of whitefish, is ecologically flexible and, hence, may be regarded an ecosystem indicative species. On this basis, it seems worthwhile studying particular changes of this species alongside with the ecosystematical and hydrological impacts, solar cycles, as well as the production of its main feeding object – yellow-fin sculpin (*Cottocomephorus grewengkii*). Including correlated ecosystem characteristics and natural factors of the biosphere into our analysis would give us a comprehensive idea of the omul population and current processes in the ecosystem.

Ecosystem of Lake Baikal is a priori related to global climatic changes. One of the principal characteristics reflecting climatic processes is the temperature of the near-surface air. Detrended global temperature (dT), as its index, is a key indicator of climate changes (Klyashtorin, Libushin, 2005).

The trend in dramatic decrease of omul and yeallow-fin sculpin catches of the 1960's -70's, and lower *Melosira* concentration (*M. baicalensis*) coincided with the drop of the water level in the rivers feeding the lake and global dT. Minimal catches of omul (2000–3000 q.) registered in mid-70's (Kozhov, Spelit, 1958) fell within the minimal global dT (1975) (Figs. 1A: c; 1B). Gradual increase of the global dT (Fig. 1B) started after 1975. Active temperature growth was observed in the 1980's, reaching its maximum in the 1990's. During 1980's, sampling catches of omul exceeded the maximal catches of the mid-70's. (A small decline in fish catches was reported in the late 1980's – early 1990's, a period of lower global dT growth rate (Fig. 1B)). The catches grew again as the global dT peaked, the curve run being identical to the temperature curve.

Taking into consideration the correlation of omul catches with the global dT, its 60-year cycle and the dynamics of catches during the centennial period (Tyurin, 1969), it may be assumed that the present time (2000-2010) is characterized by a small natural decrease in omul abundance. Maximal drop of catches is expected by the end of the global dT cycle, i.e. 2035.

Moreover, there is a close correlation of annual fish scale growth and solar activity, and the dynamics of both indices is quite similar (Fig. 1A: j, k, l, m). The correlation coefficients of different periods lie in the range of 0.81- 0.95.

Relying upon the correlation of growth rings with the solar activity cycles, we anticipate small regular intensification of omul growth that falls within the next solar activity peak (1912-1914) coming in 2-3 years. However, no pronounced abundance increase is foreseen in the period of active sun.

Fall of the water level and drying out of small rivers typical for the warming periods and relative climate drying was predicted for the first decades of this century on the territory of Eurasia (Krivenko, 1992). Based on the predictions at the continental scale, we observed natural drop of omul numbers due to deterioration of good spawning and incubation conditions during next 11 years, when small rivers might have been frozen as a result of lower water level at the spawning grounds. Under such conditions, the spawning omul decreases in number that entails reduction of the future populations.

In summary, it may be stated that productivity variations of common fish species are quite natural and affected by the global processes in the biosphere. However, during periods of dramatic climate changes special emphasis should be given to regulation of valuable fish catches in order to minimize negative natural impact on their productivity.

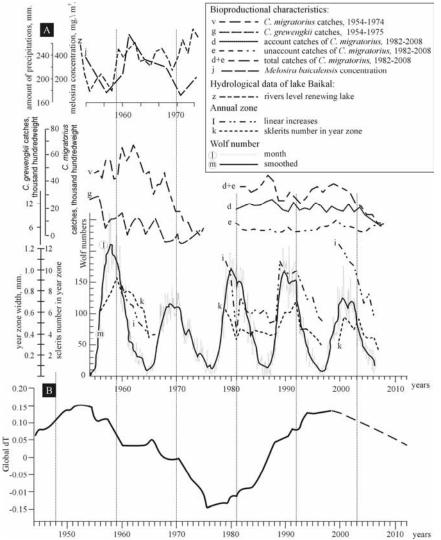


Fig.1. A – variations of the Lake Baikal ecosystem characteristics: hydrological cycle, catches of omul (*C. migratorius*), yellow-fin sculpin (*C. grewengkii*), melosira (*M. baicalensis*) concentrations; changes in solar activity; B – global temperature dynamics of the of the near-surface air (global dT). (A – изменения характеристик экосистемы оз. Байкал: гидрологического цикла, уловов омуля (*C. migratorius*), желтокрылого бычка (*C. grewengkii*), концентраций мелозиры (*M. baicalensis*); изменения солнечной активности; B – динамика глобальной температуры приземного слоя (Глобальной dT)).

ГЛОБАЛЬНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И ПРОДУКЦИОННЫЕ КАЧЕСТВА БАЙКАЛЬСКОГО ОМУЛЯ (COREGONUS MIGRATORIUS GEORGI)

Тягун М.Л.

Лимнологический институт СО РАН, 3, Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Вопрос снижения продуктивности ихтиоценозов озера Байкал в конце шестидесятых – начале семидесятых годов прошлого века неоднократно обсуждался в научной литературе. Поиск причины падения уловов проводился среди разных факторов: антропогенного, гидрологического, экосистемного (снижения ресурсов кормовой базы) (Тюрин, 1969; Мамонтов, 1977 б; Калягин, 1999). Но единого мнения по поводу основной причины влияния на урожайность до настоящего времени нет. Понимание продукционной динамики массовых видов возможно не только при исследовании функционирования экосистемы озера. Также необходим поиск факторов внешнего влияния глобального климатического характера.

За полувековой период накоплен ряд сведений, позволяющих провести анализ продукционных данных байкальского омуля. Такой анализ интересен не только с точки зрения ресурсной оценки. Омуль, являясь типичным представителем сиговых, в высокой степени экологически пластичный вид, и, следовательно, может быть позиционирован как экосистемный вид-индикатор. Учитывая этот факт, имеет смысл исследовать изменение характеристик, касающихся непосредственно этого вида, в ряду ключевых факторов в экосистеме, гидрологического и солнечного циклов, а также продукции его основного калорийного кормового компонента – желтокрылого бычка (*Cottocomephorus grewengkii*). Привлечение к такому анализу связанных экосистемных характеристик и естественных биосферных факторов может дать целостное представление о состоянии омуля и привести к пониманию происходящих в экосистеме процессов.

Байкальские экосистемные изменения априори связаны с глобальными изменениями климата. Одной из важнейших характеристик, отражающих климатические изменения, является температура приземного слоя воздуха. Её индекс, Глобальная dT, является важнейшим климатическим показателем (Кляшторин, Либушин, 2005).

Стремительное падение уловов омуля, желтокрылого бычка в шестидесятых – семидесятых годах и снижение концентраций мелозиры (*Melosira baicalensis*) происходило однонаправленно с падением уровня воды в реках, питающих озеро, и Глобальной dT. Минимальные уловы омуля (2-3 тыс. ц.), зафиксированные в середине семидесятых годов (Кожов, Спелит, 1958) приходятся на минимум Глобальной dT (1975 г.) (Fig. 1A: в; 1B). В период, следующий за 1975 г. началось увеличение Глобальной dT (Fig. 1B). Активный рост температурного показателя наблюдался в восьмидесятые годы, а в девяностые годы достиг максимальных значений. В период восьмидесятых учётный вылов омуля стал превышать критические уловы середины семидесятых годов. В конце восьмидесятых – начале девяностых годов наблюдалось небольшое снижение уловов. (В этот период рост Глобальной dT снижен (Fig. 1B). В период максимума Глобальной dT уловы снова выросли: ход кривой схож с кривой температурного показателя.

Учитывая связь уловов омуля с Глобальной dT, её 60-летний цикл, а также особенности динамики уловов омуля в вековом цикле (Тюрин, 1969) можно полагать, что в настоящий период (2000-2010 гг.) происходит естественное несильное снижение численности омуля. Максимальное снижение уловов ожидается на исходе цикла температурного климатического показателя, к 2035 г.

Также обнаружена высокая связь годовых приростов чешуи и солнечной активности. Степень сходства поведения этих двух характеристик достаточно высокая (Fig. 1A: и, к, л, м). Коэффициенты корреляции для периодов разных лет находятся в диапазоне 0,81 – 0,95.

Полагаясь на связь приростов чешуи с качеством солнечной активности, можно предположить, что в ближайшие 2-3 года ожидается очередная несильная интенсификация роста омуля, которая будет приходиться на очередной солнечный максимум (1912-1914 гг.). Но крупного скачка увеличения численности в период активного солнца не последует.

Для евроазиатского континента в первые десятилетия нынешнего века прогнозировалось снижение показателей уровня воды и роста обезвоживания мелких рек, типичных для периода потепления и относительной засушливости климата (Кривенко, 1992). Если опираться на континентальный прогноз, то количество особей омуля за очередной одиннадцатилетний период естественно сокращалось из-за ухудшений условий нереста и инкубационного периода, в течение которого возможно промерзание мелких рек из-за снижения уровня воды на нерестовых участках. В таких условиях омули, нерестующие в этих участках, сокращают свою численность, и это влияет на снижение численности новых поколений.

Полагаясь на объединённые данные, можно констатировать, что изменения продуктивности массовых видов вполне естественны и подчинены глобальным биосферным процессам. Но в критические с климатической точки зрения годы, необходимо предельное внимание к вопросам регуляции вылова ценных пород рыб, чтобы предельно минимизировать нагрузку в условиях естественной депрессии их продуктивности.

STRUCTURAL VARIATIONS IN OTOLITH MICRORELIEF OF CLOSELY AND FAR RELATED BAIKAL FISH TAXA AS REVEALED BY FRACTAL ANALYSIS

Tyagun M.L.*, Golovko A.A.** * Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia **Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia mary@lin.irk.ru, golovko@iszf.irk.ru Micromorphology of fish otoliths has recently aroused considerable interest among experts in different fields. Yet, the organization mechanisms and functions of the microstructure remain unclear (Mount et al., 2004). Otolith, being a significant part in the acoustic apparatus of fish, regulates the hierarchic layout of crystalline elements, divergent in shape and packing, in a strictly conservative place – acoustic furrow (sulcus acousticus). The area, including such elements, has a special sensory tissue – macula. The macula consists of sensory cells interacting with the surface of the microstructure. Acoustic vibrations of the otolith cause mechanical action and polarization of the cells. The structural organization of macula is generally presented as a simple scheme including areas that symbolize cell groups of various lengths and polarization vectors. It is considered that a polarized macular pattern is identical to the otolith macular pattern including areas with structures of different types as well. Each area is visualized as hierarchic levels of multidimensional geometrical objects. Therefore, availability of a pattern analogous to the sensory macula is insufficient for describing its organization. To understand the structural organization of such sensory epithelium, we need to use fractal analysis to elucidate the geometry of this complex object.

Microcanonical analysis of the multifractal spectra confirmed the fractal origin of the hierarchic organization of the crystallized otolith surface. Multifractal pattern of this biomineral surface is consistent with the ideas on these structures formation in nature (insentient substance). Instantaneous temporal analysis of the complex self-organizing processes in nature, such as lithospheric orogeny or fluid flow through porous media showed their fractal geometry. It seems that regulation of the otolith microrelief formation by the organism is facilitated by sustaining non-isotropy of its tissue that is required for fixation of the arriving signal by the acoustic organs and space orientation.

The similarity of multifractal spectral patterns of stone sculpins (*P. kneril*), described for different areas of crystallized surface using different scales, is quite evident (Fig. 1). Thus, we are convinced that the scale variations during analysis do not affect the quality of the data obtained. The concave curves of the multiscale images of the same area of stone sculpins are located within the same range of values and reach the same level. However, the data on the sulcus acousticus microstructure of the same species are somewhat different: the range of low values of the curve slope is shifted. The spectrum has a relatively wider distribution range and it bears witness to uniqueness of the acoustic zone microstructure. But, since the behavior of the curve describing this area is almost consistent with the curves of the extramacular zone of the same species, the tendency for the general intraspecific conservativeness of the microrelief patterns should be validated.

The multifractal spectra of the crystalline patterns of four species selected for this analysis differ (Fig. 2). This supports a hypothesis on the unique species organization of the crystallized surface of the biomineral. Based upon the species spectral curves integrated into pairs by their relationship distance, we conclude that the closer is the relationship, the greater is the number of common features of the external microreliefs (stone and sand sculpins, *P. knerii, L. kesslerii*) and the larger is the taxonomical divergence (grayling and dace, *T. baicalensis, L. leuciscus*), the greater are the differences in the multifractal spectra.

The data obtained allow us to state that the fractal analysis provides a possibility to describe the organization of crystalline elements of the biomineral and use its fractal parameters, multifractal spectrum in particular, for taxonomic revisions.

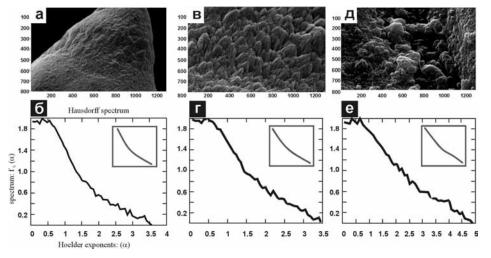


Fig. 1. Original images (a, c, e) and Hausdorff multifractal spectra (b, d, f) of the crystallized surface of the acoustic zone of *P. кпегіі* otolith: a, b, c, d – postrostrum photographed at different magnifications, e, f – sulcus acousticus (Исходные изображения (a, c, e) и хаусдорфовские мультифрактальные спектры (b, d, f) для кристаллизованной поверхности слухового отдела отолита *P. кпегії*: a, b, c, d - зона построструма отолита, снятая с разным увеличением, e, f - зона слухового ложа).

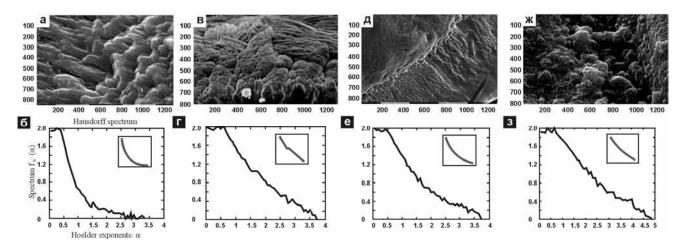


Fig. 2. Original images (a, c, e, h) and Hausdorff multifractal spectra (b, d, f, i) of crystallized surface of the macula of Baikal fish species: grayling (a, b), dace (c, d), stone (e, f) and stone sculpins (h, i).(Исходные изображения (a, c, e, h) и мультифрактальные спектры Хаусдорфа (b, d, f, i) для кристаллизованной поверхности макулярного пятна отолита байкальских видов рыб: хариуса (a, b), ельца (c, d), каменной (e, f) и песчаной широколобок (h, i).

СТРУКТУРНЫЕ РАЗЛИЧИЯ МИКРОРЕЛЬЕФА ОТОЛИТА БЛИЗКИХ И ДАЛЬНЕРОДСТВЕННЫХ БАЙКАЛЬСКИХ ИХТИОТАКСОНОВ МЕТОДОМ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Тягун М.Л.*, Головко А.А.

* Лимнологический институт СО РАН, 3, Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия ** Институт солнечно-земной физики СО РАН, 126а, ул. Лермонтова, Иркутск 664033, Россия

Микроморфология отолита рыб в последние годы вызывает интерес у специалистов различных областей. Механизмы организации микроструктурного полотна и его функциональные особенности до конца не раскрыты (Mount et al., 2004). Отолит, являясь важной функциональной частью акустического аппарата рыб, способен организовывать в строго консервативном месте, зоне слухового жёлоба, разнообразные по форме и способу упаковки иерархии кристаллизованных элементов. К пятну, содержащему подобные элементы, прилегает специализированная нервная ткань – слуховая макула. Макула содержит сенсорные клетки, которые взаимодействуют с микроструктурной поверхностью. В момент акустических колебаний отолита клетки механически раздражаются и поляризуются. Структурную организацию макулы принято представлять в виде простой схемы, состоящей из областей, символизирующих группы клеток разной длины, с разным вектором поляризации. Считается, что образец поляризованной макулы тождественен образцу макулярного пятна отолита, в котором также можно обнаружить участки с разнотипными структурами. Но каждый такой участок визуально представляет собой иерархию разноразмерных геометрических объектов. Поэтому для понимания его организации схемы, аналогичной для сенсорной макулы, недостаточно. Понимание принципа структурной организации ткани такого рода возможно с помощью фрактального анализа, способного описать природу геометрии сложного объекта.

С помощью микроканонического метода мультифрактальных спектров фрактальная природа иерархии кристаллизованного полотна отолита была подтверждена. Мультифрактальный характер поверхности этого биоминерала согласуется с представлениями о формировании подобных структур в природе (неживая материя). При сложных самоорганизующихся природных процессах, таких как горообразование в литосфере или просачивание жидкостей в пористую среду, мгновенный временной срез процесса демонстрирует фрактальную геометрию. Вероятно, контроль синтеза микрорельефа отолита в организме осуществляется таким образом, что в течение всего времени формирования его ткань неизотропна, что необходимо для фиксации направления поступающего сигнала акустическим комплексом и ориентации в пространстве.

Сходство поведения мультифрактальных спектров паттернов каменной широколобки (*P.knerii*), полученных для разных зон кристаллизованной поверхности, выполненных с разным масштабом, очевидно (Fig. 1). Этот факт позволяет утверждать, что различие масштаба изображения при анализе на результат качественно не влияет. У каменной широколобки кривые разномасштабных изображений одной области вогнуты в одном диапазоне значений и продолжаются до одного и того же уровня. Но данные для микроструктуры слухового жёлоба этого же вида несколько отличны: смещён диапазон низких значений вогнутого участка кривой. Спектр имеет сравнительно больший диапазон распределения. Это свидетельство уникальности микроструктуры слуховой зоны. Но поскольку кривая этой области по поведению практически не отличается от таковых, полученных для внемакулярной зоны того же вида, следует подтвердить тенденцию общей внутривидовой консервативности устройства рельефных структур.

Мультифрактальные спектры кристаллизованных паттернов четырёх видов, выбранных для анализа, различны (Fig. 2). Это подтверждает гипотезу уникальной видовой организации

кристаллизованной поверхности биоминерала. Исходя из характеристик спектральных кривых видов, объединённых попарно по принципу дистанции родства, очевидно следующее. Чем ближе родство, тем больше общих черт в организации наружного рельефа (каменная и песчаная широколобки, *P. knerii, L. kesslerii*). Чем больше дистанция таксономической дивергенции (хариус и елец, *T. baicalensis, L. leuciscus*), тем различия мультифрактальных спектров более существенны.

Благодаря полученным данным, можно констатировать, что фрактальный анализ позволяет идентифицировать организацию кристаллизованных элементов биоминерала и опираться на её фрактальные параметры, в частности мультифрактальный спектр, как на таксономическую характеристику.

ULTRASTRUCTURAL FEATURES OF SOME BAIKAL FISH IMMUNOCYTES Yakhnenko V.M.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia vera@lin.irk.ru

Fish have the same organs responsible for haemopoiesis and immune response, of which spleen, pronephros and liver are most essential. Therefore, examination of the morphology and functions of immunocompetent cells would throw some light on the dynamics of immune response in fish (Kondrat'eva et al., 2001). Intensity of immune response depends on the effect and origin of the factors influencing it as well as adaptive features of the organism (Mikryaev et al., 2001). The present study is aimed at elucidating the immunocyte reactions of Baikal fish from different ecological groups to phenol that is one of the most common contaminants of aquatic ecosystems. Phenol and phenolic compounds belong to neuroparalytic agents causing general intoxication of the organism (Luk'yanenko, 1970; Flerov, 1973, 1989; Mikryakov et al., 2001; Valedskaya, 2005).

Ultrastructural analysis of the immunocytes from haematogenous organs of perch (*Perca fluviatilis*), inhabiting shallow coastal zone (26 specimens), stone sculpin (*Paracottus kessleri*), inhabiting coastal slopes (0-200 m) (68 specimens) and yellow-fin sculpin (*Cottocomephorus grewigkii*), inhabiting the pelagic zone (75 specimens), in a normal state and affected by phenol was carried out using 3, 6, 12 mg/l concentrations during 1, 4, 14 days with light, scanning and transmission microscopy.

All main groups of immunocompetent cells were identified in the touch smears of the haematogenous organs: plasmocytes, reticulocytes, lymphocyte and granulocyte precursors. In response to phenol attack the fish suppress lymphopoiesis and stimulate myelopoiesis. Drop of lymphocytes is indicative of a decline in the formation of antigen decoding patterns. Immunocytes with destructed mitochondria and depletion of specific granules in the granulocytes were found. Deterioration of the mitochondrial structures is related to reduction of oxygen dependence of cells. Destruction of the lymphoid tissue was observed in liver to a larger extent, and kidneys and spleen to a smaller extent.

Analogous changes in the cell structure of the haematogenous organs of the fish were registered in response to different concentrations of phenol. However, the effect of 3 mg/l concentration of phenol induced less pronounced changes in haemopoiesis. Phenol concentration of 12 mg/l was mortal to sculpins in contrast to perch.

ОСОБЕННОСТИ УЛЬТРАСТРУКТУРЫ ИММУННОЦИТОВ НЕКОТОРЫХ РЫБ ОЗЕРА БАЙКАЛ Яхненко В.М.

Лимнологический институт СО РАН, 3, Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

У рыб кроветворные и иммунные функции осуществляются в одних и тех же органах, основными из которых являются селезенка, пронефрос и печень, поэтому морфо-функциональная оценка иммунокомпетентных клеток может свидетельствовать о характере развития иммунного ответа у рыб (Кондратьева и др., 2001). Интенсивность проявления ответной иммунной реакции зависит как от силы и происхождения воздействующего фактора, так и от адаптивных особенностей организма (Микряков и др., 2001). Цель исследования: изучить особенности реакции иммуноцитов рыб Байкала разной экологической принадлежности на воздействие фенола – одного из наиболее распространенных загрязнителей водных экосистем. Фенол и его соединения относятся к нервно-паралитическим ядам, они вызывают общую интоксикацию организма (Лукьяненко, 1970; Флеров, 1973, 1989; Микряков и др., 2001; Валедская, 2005).

Исследовалась ультраструктура иммуноцитов из кроветворных органов в норме и при экспериментальном воздействии фенолом в концентрациях 3, 6 12 мг/л в течение 1, 4, 14 суток у обитателя прибрежно-соровой зоны окуня (*Perca fluviatilis*) (26 экз.), представителей подотряда рогатковидных рыб: обитателя прибрежно-склоновой зоны (0 – 200 м) каменной широколобки (*Paracottus kessleri*) (68 экз.) и пелагической зоны (0–200 м) желтокрылки (*Cottocomephorus grewigkii*) (75 экз.) методами световой, сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии.

В мазках-отпечатках кроветворных органов выявлены все основные группы иммунокомпетентных клеток: плазмоциты, ретикулоциты, предшественники лимфоцитов и гранулоцитов. На воздействие фенола рыбы реагируют супрессией лимфопоэза и стимуляцией миелопоэза. Снижение доли лимфоцитов свидетельствует о снижении образования антигенраспознающих структур. Выявлены

иммуноциты с деструкцией митохондрий, дегрануляцией специфических гранул в гранулоцитах. Нарушение структуры митохондрий связано с уменьшением кислородозависимой функции клеток. Процессы разрушения лимфоидной ткани выявлены в печени в большей, в почках и селезенке – в меньшей степени.

Изменения структуры клеток кроветворных органов аналогичны для исследованных видов рыб при воздействии разной концентрации фенола. Однако, концентрация фенола в 3 мг/л вызывала менее глубокие изменения гемопоэза. Для бычковых рыб в отличие от окуня концентрация фенола в 12 мг/л была смертельной.

APPROBATION OF GENETIC AND MORPHOLOGICAL METHODS FOR POPULATION STUDIES OF EPISCHURA BAICALENSIS (COPEPODA, CALANOIDA)

Zaidykov I.Yu., Maior T.Yu., Naumova E.Yu., Sukhanova L.V., Kirilchik S.V. Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia igorrock11@mail.ru

Epischura baicalensis is a relic species inhabiting Lake Baikal, the Bratsk reservoir, and presumably the Ustllimsk reservoir. The areal extent and probable isolation in reservoirs make it possible to suppose that the population structure possesses some specific features. The aim of this work was to carry out population analysis of the species. First of all, it was necessary to find appropriate methods. As known from experience, many scientists encountered difficulties using only genetic and morphological methods. It was also difficult to choose morphological markers, as well as to obtain PCR products for small crustaceans.

The location of pores and other microstructures of the exoskeleton are of significant interest in studying taxonomy of aquatic crustaceans and systematic constructions of different level. We analyzed 13 specimens of Epischura females sampled in Southern Baikal and 3 females from the Bratsk reservoir (Alekseev, Naumova, 2005). Significant differences were recorded in a number of these structures for Baikal and Bratsk populations of Epischura which may indicate possible genetic isolation.

One of the effective methods used for studying intraspecific genetic polymorphism is the analysis of fragments of mitochondrial genome (mtDNA). The most popular part of mtDNA for studying invertebrates is a gene fragment of the cytochrome c oxidase subunit 1 (CO1). The earlier studies of Baikal cyclopides (Smykova et al. 2008) with CO1 analysis allowed us to use this method.

Total DNA was isolated from egg pouches of Epischura for molecular analysis. It allowed, from the one hand, the preservation of specimens in the collection for detailed morphological analysis, and, from the other hand, the avoidance of problems associated with DNA amplification of possible parasites. DNA was isolated from both live and fixed (in 96% ethanol) pouches. At the first stage of DNA isolation, the specimen from the fixed samples was kept in distilled water for 10-15 min to remove ethanol, and then egg pouches were separated. DNA isolation was performed in 10 μ l: two-fold buffer for PCR containing 32 mM (NH₄)₂SO₄, 130 mM Tris-HCl, pH 8.8 (25°C), 0.2% Tween 20, 0.1 mg/mL proteinase K, and 1-2 egg pouches from one cyclop female. The mixture was incubated at 65°C for 1 h and heated at 94°C for 10 min for inactivation of proteinase K. The hydrolyzate was used for PCR or kept at -20°C.

Universal primers LCOI 1490 and HCOI 2158 (Folmer, 1994) were used for amplification of CO1 mtDNA gene. A DNA fragment of the expected size was obtained using polymerase Dream-taq (Fermentas). A nucleotide sequence of CO1 gene was determined for 4 specimens of Epischura. The size of the analyzed fragment was 620 bp nucleotides. There were revealed 19 positions with nucleotide substitutions. All substitutions were synonymic and located in the third position of a codon. Transition/transversion ratio was 6.5. Nucleotide diversity \Box was equal to 0.02. Thus, results of the morphological and genetic analyses showed that markers used by us can be applied in studies of intraspecific polymorphism of Epischura baicalensis.

This work was supported by SB RAS Grant No. 37.

АПРОБАЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ И МОРФОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ПОПУЛЯЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ *EPISCHURA BAICALENSIS* (COPEPODA, CALANOIDA) Зайдыков И.Ю., Майор Т.Ю., Наумова Е.Ю., Суханова Л.В., Кирильчик С.В.

Лимнологический институт СО РАН ,3, Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Epischura baicalensis – эндемичный реликтовый вид, обитающий в озере Байкал и в Братском водохранилище, и, предположительно, в Усть-Илимском водохранилище. Протяженность ареала и возможная изолированность в водохранилищах позволяет предположить некоторые особенности популяционной структуры. Цель работы – провести популяционный анализ вида. Для начала необходимо найти подходящие методы. Опыт показывает, что многие ученые сталкивались со сложностями при применении только генетических и только морфологических методов. Также не просто определиться с морфологическими маркерами. Большие сложности существуют в методах получения ПЦР продуктов для мелких ракообразных.

Анализ расположения пор и других микроструктур экзоскелета представляет значительный интерес при исследованиях таксономии водных ракообразных и для систематических построений различного уровня. Мы применили этот метод (Алексеев, Наумова, 2005) для изучения 13 экземпляров

самок эпишуры собранных в Южном Байкале и трех самок из Братского водохранилища. Нами обнаружено достоверное различие в количестве данных структур для байкальской и братской популяции эпишуры, что может свидетельствовать о возможной генетической изоляции.

Одним из эффективных методов, используемых для исследования внутривидового генетического полиморфизма, является анализ фрагментов митохондриального генома (мтДНК). Среди наиболее популярных районов мтДНК для исследований беспозвоночных животных – фрагмент гена первой субъединицы цитохром оксидазы (CO1). Ранее проводимые исследования байкальских Cyclopoida (Смыкова и др., 2008) с использованием анализа СО1 позволили предположить применимость методики для нашего объекта. Суммарную ДНК для молекулярного анализа выделяли из яйцевых мешков эпишуры, что, с одной стороны, позволило сохранить особей в коллекции для детального морфологического анализа, а с другой – избежать проблем, связанных с амплификацией ДНК возможных паразитов. Выделение ДНК проводили как из живых, так и из фиксированных в 96% этаноле мешков. На первом этапе выделения тотальной ДНК из фиксированных образцов, особь выдерживали в течение 10-15 минут в дистиллированной воде, чтобы удалить остатки спирта, и затем отделяли яйцевые мешки. Выделение ДНК проводили в 10 мкл: 2-кратный буфер для ПЦР, содержащий 32 мМ (NH₄)₂SO₄, 130 мМ Трис-HCl pH 8,8 (25°С), 0,2% Tween 20, 0,1 мг/мл протеиназы К, 1-2 яйцевых мешка от одной самки циклопа. Смесь инкубировали при температуре 65°С в течение 1 часа, далее прогревали при 94°С в течение 10 мин. для инактивации протеиназы К. Полученный гидролизат использовали для ПЦР или хранили при -20°С. Для амплификации гена СО1 мтДНК использовали универсальные праймеры LCOI 1490 и HCOI 2158 (Folmer, 1994). Фрагмент ДНК ожидаемого размера был получен при использовании полимеразы Dream-taq (Fermentas). Нуклеотидная последовательность гена СО1 определена для четырех особей эпишуры. Размер анализируемого фрагмента составил 620 пар нуклеотидов. Всего выявлено 19 позиций с нуклеотидными заменами. Все замены являются синонимичными и расположены в 3-ей позиции кодона. Соотношение транзиций/трансверсий равно 6,5. Показатель нуклеотидного разнообразия 🗆 равен 0,02. Таким образом, результаты проведенного морфологического и генетического анализа показывают, что использованные нами маркеры применимы для проведения исследований внутривидового полиморфизма E. baicalensis.

Работа поддержана интеграционным грантом СО РАН № 37.

ALGOLOGICAL DIVERSITY OF THE HYPERSALINE ORUMIEH LAKE (IRAN) Zarei-Darki B.

Department of Biology, Islamic Azad University, Falavarjan Branche, Esfahan, Iran zarei@mail.ru

Orumieh is oligotrophic lake located in a wide intermountain hollow. The area of water fluctuates between 4750 and 6100 km² and depends on lake level fluctuations in the spring and autumn during rains. Lake is shallow. Its depth is about 6 m in northern part and up to 12-15 m in southern part. There are great negative setups due to small depth of lake under long winds; it is especially in lower deltas of the rivers that cause their swamping. Orumieh Lake is among most mineralized lakes of the world; however water salinity differs in different parts of the lake due to the freshened influence of the rivers which flow into the water body mostly from the west. The high mineralization of water accounts for leaching of the salt-rocks composing lake basin. In the course of last ten years, salinity of lake has increased and makes more than 300 g/l (Eimanifar&Mohebbi, 2007). It is necessary to note that lake water contains a great deal of bromine (Petrov, 1955).

The first algofloristic information about the Orumieh Lake was reported by the Löffler (1961) who collected samples in the environs Haidarabad Town in the estuary of one in a inflowing river (salinity was 6.27 g/l) and revealed 13 infraspecific taxa from two algal division. Unfortunately, algological composition was recorded only to genus in the subsequent works (Reyahi, 1994; Mohebbi, 2006).

Materials for the present study are based on 45 samples collected by the author from 5 stations in the 2001, 2002 and 2008 years. Methods of sampling, processing, and storage of the algological material are those generally accepted in algology (Vodorosli, 1989). Species identification of the algae was carried out at the Biology Laboratory of Islamic Azad University, the Falavarjan Branch (Iran) and at Kharkov National University (Ukraine).

As a result of processing the original data on lake, 38 species represented by 44 infraspesific taxa were revealed. Of these 12 species were representatives of the blue-green algae, 20 diatoms and 6 green algae. Two species as *Synechocystis salina* Wisl. and *Dunaliella salina* Teod. were recorded on the all stations and in the whole sampling periods. This characterized them as polyhalobous species. In the estuaries of rivers where water was significantly freshened, *Achnanthidium affine* (Grunow) Czarnecki, *Cocconeis disculus* (Schumann) Cleve in Cleve & Jentzsch, *C. placentula* Ehrenberg, *Ulnaria ulna* (Nitzsch) P. Compère in Jahn et al., *Amphora ovalis* (Kützing) Kützing and other were revealed. Species as *Cyanothece major* (Schröter) Komárek, *Johannesbaptistia pellucida* (Dickie) Taylor et Drouet, *Phormidium lloydianum* (Gomont) Anagnostidis & Komárek, *Pleurosigma elongatum* W. Smith, *Mastogloia baltica* Grunow in van Heurck were met at the lake bottom. Taxa of *Spirulina major* Kütz., *Ceratoneis closterium* Ehrenberg, *Nitzschia obtusa* W. Smith, *Surirella ovalis* Brébisson, *Surirella striatula* Turpin and other were found in the water column in the littoral zone. The observed water bloom was provided by *Synechocystis salina* Wisl. at the time of sampling in the 2001 year,

and *Dunaliella salina* right up to brine reddening in the 2008 year. It is necessary to note representative riches of genus *Dunaliella* Teod. So 77.8 % of the total diversity of the revealed species of this genus for Iran has been identified in the Orumieh Lake.

Thus, lake algological diversity depends on its degree of salinity which in one's turn depends on atmospheric precipitation on this territory and river full-flowing. Now, algological diversity grows poor because of yearly inflow decrease of river waters and as result of increase in lake salinity.

2. EVOLUTION OF GENES, GENOMICS, META-GENOME ANALYSIS OF BIOLOGICAL COMMUNITIES. ЭВОЛЮЦИЯ ГЕНОВ, ГЕНОМИКА, МЕТАГЕНОМНЫЙ АНАЛИЗ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ.

DINOFLAGELLATE GENETIC DIVERSITY DURING SPRING ICE-COVERED PERIOD IN THE LAKE BAIKAL

Annenkova N.V., Belykh O.I., Belikov S.I.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

Different communities of organisms living under the ice was known for a long time but stay little investigated, especially in fresh waters. Baikal is the oldest and the deepest freshwater lake. Some planktonic organisms including photosynthetic one's live in it in Spring, when the lake is covered by ice. Dinoflagellates are one of the main component of this under-ice Baikalian community (Tanichev&Bondarenko, 1995). These protists have two flagella, some of them are phototrophs, but others are geterotrophs, also several taxons are symbionts and parasites.

In the present study we carried out the first investigation of the genetic diversity of the dinoflagellates from the Baikalian under-ice community. To do this, metagenomic approach was used: we isolated 18S rDNA fragments of the dinoflagellates from the water probe with using dinoflagellate specific primers and created a DNA library with 58 clones on the base of these fragments. These clones were analyzed with RFLP analysis and sequencing of 30 clones. The water probe was taken in April when there was the main dinoflagellate diversity according to microscopic data. Also we analyzed one more clone library based on partial dinoflagellate 18S rDNA probe that was taken in the beginning of March. At that time there was practically the one dinoflagellate morphospecies known as endemic *Gymnodinium baicalense* in plankton. According to our and other studies this species was the most dominant within dinoflagellates in spring seasons. Sequences determined by us and those that were chosen from the GenBank/NCBI, were included into phylogenetic analyses by Bayesian and maximum likelihood methods. Akaike information criterion was used to select the substitution model for the analyses.

Obtained new nucleotide sequences clustered with well-known dinoflagellate species with various degrees of statistical support. We proved the existence of *Gyrodinium helveticum* in the Baikalian plankton, this species is typical for freshwater lakes and stays active for all seasons except winter (Takano&Horiguchi, 2004). Also there was *Peridinium aciculiferum* in our probe, it was previously described from some European lakes as spring blooming species. *P. aciculiferum* seems to be a freshwater toxic dinoflagellate (Rengefors&Legrand, 2007). We determined a phylogenetic position of *Gymnodinium baicalense*, that dominated within the under-ice dinoflagellate community and stopped blooming when the ice was broken. It was found that this species is closely related to unknown dinoflagellate from the glacial sample from Kongsfjorden, Greenland. Also marine *Gymnodinium aureolum* was in one clade with *G. baicalense*. Thus *G. baicalense* had little similarity with other known for this moment freshwater species and more closely related to marine dinoflagellate living on the ice. In addition it had to be mentioned about several nucleotide sequences that did not form significant clades with other species though they clustered with representatives of Gymnodiniaceae or Peridiniaceae. Probably, a part of these sequences belonged to other species, e. g. to endemic *Peridinium baicalense* that was into analyzed probe according to microscopic data. On the other hand heterogeneity of the clades under discussion may be because of some intraspecific processes and implies an extended evolution of them in the lake.

Thus under-ice Baikalian community includes the whole specter of various dinoflagellates in which the species that phylogenetically is more close to marine ones dominates. Dinoflagellates are among the first planktonic organisms that appeared in early spring and they are very important for zooplankton nutrition. Spring under-ice life play a high role in the ecosystem activity of Lake Baikal, so it is needed in future studies and protection.

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ДИНОФЛАГЕЛЛЯТ В ВЕСЕННИЙ ПОДЛЕДНЫЙ ПЕРИОД НА БАЙКАЛЕ

Анненкова Н. В., Белых О. И., Беликов С. И.

Лимнологический институт СО РАН ,3, Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Сообщества водных микроорганизмов, обитающих подо льдом, известны давно, но они, особенно в пресных водах, остаются недостаточно изученными. Байкал – это уникальное, древнейшее и самое глубокое пресноводное озеро. В весенний период Байкал покрыт льдом, под которым активно

развивается ряд организмов. В ходе многолетних исследований было показано, что существенным элементом байкальского подледного сообщества являются динофлагелляты (Таничев и Бондаренко, 1995). Это двужгутиковые простейшие, среди которых известны и автотрофы, и гетеротрофы, а также симбионты и паразиты.

Нами впервые проведено изучение генетического разнообразия динофлагеллят из байкальского подледного сообщества. Для этого использовали метагеномный подход: из общей ДНК водной пробы с помощью специфичных праймеров выделили фрагменты 18S рДНК динофлагеллят и на их основе создали библиотеку из 58 клонов. Эти клоны были проанализированы с помощью рестрикционного анализа и секвенирования 30 последовательностей. Используемую пробу отбирали в апреле, когда согласно данным микроскопии в воде присутствовало наибольшее разнообразие динофлагеллят. Кроме этого анализировали ещё одну библиотеку клонов, основанную на 18S рДНК динофлагеллят из пробы, отобранной в начале марта. В это время в воде присутствовал практически исключительно один морфовид динофлагеллят, известный как эндемичный *Gymnodinium baicalense* и, согласно нашим исследованиям и литературным данным, доминирующий среди динофлагеллят в весенний сезон. На основании расшифрованных нуклеотидных последовательностей и последовательностей, выбранных из базы данных GenBank, конструировали филогенетические деревья методами Байеса и максимального правдоподобия по модели нуклеотидных замен ДНК, выбранной с использованием критерия Akaike.

В результате проведенного исследования выявлен ряд нуклеотидных последовательностей байкальских динофлагеллят, кластеризующихся с уже известными видами с разной степенью статистической поддержки. Мы показали присутствие в планктоне Gyrodinium helveticum, этот вид типичен для пресноводных озер и активен в течение всего времени, за исключением зимы (Takano&Horiguchi, 2004). Выявили Peridinium aciculiferum, который ранее описан для европейских озер вегетирует именно в весеннее время, причем обладает определенной токсичностью и (Rengefors&Legrand, 2007). Кроме этого определили филогенетическое положение Gymnodinium baicalense – самого распространенного в подледном сообществе Байкала динофлагеллята и прекращающего активную вегетацию со сходом льда. Оказалось, что он генетически близок к морскому динофлагелляту из ледника в Гренландии (Kongsfjorden), также к нему близок морской эвригалинный вид Gymnodinium aureolum. Таким образом, G. baicalense имеет малое сходство с другими известными на данный момент пресноводными видами и более близок к морскому виду, обитающему на льду. Кроме этого следует отметить наличие ряда нуклеотидных последовательностей, которые не образовывали достоверных клад с другими видами, хотя также кластеризовались либо с Gymnodiniaceae, либо с Peridiniaceae. Возможно, что часть этих последовательностей принадлежит другим видам, например, эндемичному Peridinium baicalense, присутствующему в рассматриваемой пробе согласно данным микроскопии. С другой стороны, гетерогенность рассматриваемых клад может быть следствием внутривидовых процессов и свидетельствовать о том, что на данный момент эволюционные процессы в данных группах активно продолжаются.

Таким образом, подледное сообщество на Байкале включает в себя целый спектр динофлагеллят, доминирует в котором вид, филогенетически более близкий к морским представителям группы. Динофлагелляты – одни из самых первых планктонных организмов, начинающих активную жизнедеятельность весной, и они очень важны для питания зоопланктона. В целом, весеннее подледное сообщество играет большую роль в жизнедеятельности экосистемы Байкала, поэтому нуждается в дальнейшем, пристальном изучении и охране.

GENETIC RELATIONSHIPS OF WHITEFISH COREGONUS SPP. OF THE OB' RIVER AND YENISEI RIVER BASINS

Baldina S.N.*, Gordon N.Yu.*, Isaeva O.A. **, Politov D.V.* N.I. Vavilov Institute of General Genetics RAS, 3, ul. Gubkina, Moscow 119991 Russia Federal State Research Institution 'Institute of Ecology of Fishery Water Bodies', 33, Commune of Paris st., Krasnoyarsk 660097, Russia <u>SvetlanaNik@yandex.ru</u>, <u>dmitri p@inbox.ru</u>

Coregonid fishes (*Coregonidae*, *Salmoniformes*) are key elements of the ichthyofauna in large river systems of Siberia such as the Ob' and Yenisei Rivers. Low-rakered Siberian whitefish (*Coregonus pidschian* s. l.) is the most polymorphic coregonid species. In the Ob' R. and Yenisei R. it is represented by a number of allopatric and sympatric populations and various ecomorphological forms. We studied intraspecific genetic structure of Siberian whitefish and other Siberian coregonid species by means of mitochondrial DNA variation (PCR-RFLP of ND-1 fragment) and 31 allozyme loci. Ordination of samples by Principal Component Analysis based on allozyme data revealed several clusters. First group is represented by endemic whitefishes of Lake Teletskoe located in the upper Ob' River basin. Both sympatric forms, low-rakered euryphagous Teletski whitefish *C. smitti* and dwarf pelagic medium-rakered Pravdin's whitefish *C. pravdinellus* share unique or untypical for whitefishes alleles in allozyme loci *IDDH-1,2**, *LDH-A1,2**, *PGM-2* that sharply differs them from the Arctic Sea populations of *C. pidschian* inhabiting lower reaches of the Ob' and other Siberian rivers. Despite the possibility of potential gene exchange within the Ob' R. basin the Lake Teletskoye whitefishes seem to be completely

isolated from the Arctic Sea C. pidschian due to unsuitable anaerobic fish kill conditions of the middle Ob' and generally low migratory activity of this species. Since the construction of the dam of the Novosibirsk hydroelectric power station it serves as an additional barrier for whitefish migration. Despite the marked morpho-ecological differences the two sympatric L. Teletskoe forms genetic differentiation was very low indicating recent origin from a common ancestor and incomplete isolation between them. Most likely coregonid speciation within the lake has occurred since Pleistocene as a result of sympatric speciation rather than through multiple invasions. Within the Yenisei R. basin concentration of specific alleles marking the south Siberian gene pool decreases from upper Yenisei R. (Lake Azas, Lake Kadysh and Hamsara R. in Todzha Valley) to lower Yenisei (the Kureika River and the Yenisei Bay). Therefore, whitefishes of lower Yenisei R. basin are much closer to typical subarctic *pidschian* while upper Yenisei whitefishes represent hybrid swarm incorporating both 'southern' ('subalpine') and 'subarctic' alleles and mitochondrial haplotypes. Genetic differentiation was higher within southern populations and between southern and northern populations, while northern (subarctic) group was genetically relatively uniform from Europe to Eastern Siberia. Mitochondrial DNA data also demonstrate presence of unique composite haplotypes in the upper Ob' and Yenisei basins and clear differentiation from other whitefishes but L. Teletskove haplotypes were not so strikingly diverged from others as it was observed in allozymes. The obtained data indicate occurrence of separate south-Siberian lineage of Siberian whitefish well differentiated from other lineages and preserved in most pure form in upper Ob' River. The Yenisei R. serves as a main route of gene exchange between southern and northern whitefish gene pools. The third major gene pool is represented by Lake Baikal coregonids, Baikal omul C. migratorius, lake whitefish and lake-riverine whitefish. Up to date there is little information about gene exchange between Baikalian coregonids definitely representing a single evolutionary lineage, and other Yenisei R. coregonids. Our mtDNA data indicate that Yenisei riverine whitefish may be very close to lake-riverine whitefish of Lake Baikal (also known as 'Baikalian pidschian'). All these findings need to be confirmed by data from other genetic markers and further examined in broader phylogeographical context.

The study is supported by Russian Foundation for Basic Research grant 10-04-01757-a, by Programs of Fundamental Research by Presidium of RAS "Biodiversity' (Genetic Diversity and Gene Pools') and 'Biospere Origin and Evolution of Bio-Geoecological Systems' and by Division of Biological Sciences of RAS 'Bioresources of Russia'.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ СВЯЗИ СИГОВ *COREGONUS* (TELEOSTEI, SALMONIFORMES, COREGONIDAE) БАССЕЙНОВ ОБИ И ЕНИСЕЯ

Балдина С. Н.*, Гордон Н. Ю.*, Исаева, О.А.*, Политов Д. В.*

* Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, 3, ул. Губкина, Москва 119991, Россия *Федеральное государственное научное учреждение «Научно-исследовательский институт экологии рыбохозяйственных водоемов», 33, ул. Парижской Коммуны, Красноярск 660097, Россия

Сиговые рыбы (Coregonidae, Salmoniformes) являются ключевыми элементами ихтиофауны таких крупных речных систем Сибири как Обь и Енисей. Малотычинковый сибирский сиг Coregonus pidschian s. І. является наиболее полиморфным видом сиговых. В бассейнах рек Оби и Енисея он представлен рядом аллопатрических и симпатрических популяций и существует в виде различных морфоэкологических форм. Мы изучили внутривидовую генетическую структуру пыжьяновидных сигов и других представителей сиговых рыб Сибири с помощью анализа изменчивости митохондриальной ДНК (ПЦР-ПДРФ фрагмента ND1) и 31 аллозимного локуса. Согласно результатам анализа главных компонент, выполненного на основании изоферментных данных, C. pidschian на территории вышеназванных бассейнов сибирских рек образует несколько кластеров. Первую группу составляют эндемичные симпатричные сиги из оз. Телецкое (бассейн верхней Оби). Обе симпатричные формы, малотычинковый эврифаг телецкий сиг C. smitti и карликовый пелагический среднетычинковый сиг (сижок) Правдина характеризуются наличием уникальных и нетипичных для сиговых аллелей по ряду аллозимных локусов: IDDH-1,2*, LDH-A1,2*, PGM-2, которые указывают на чёткую дифференциацию их от ледовитоморских популяций C. pidschian из нижней Оби и других сибирских рек. Сиги Телецкого озера не являются полностью изолированными, и существует вероятность генного обмена с верхне-обскими речными популяциями, но изоляция от ледовитоморских пыжьянов связана с неподходящими для жизни рыб анаэробными условиями в среднем течении Оби и низкой миграционной активностью данных видов. Плотина Новосибирской ГЭС, возведённая на р. Обь, также является дополнительным барьером для миграции сиговых рыб. На фоне ярко выраженных морфо-экологических отличий между телецким сигом и сигом Правдина уровень генетической дифференциации низкий, что указывает на их недавнее происхождение от общего предка и неполную изоляцию. Более вероятно, что видообразование в пределах озера произошло в плейстоцене в результате симпатрического видообразования, чем в результате многократных повторных вселений. В пределах бассейна Енисея концентрация специфических аллелей, маркирующих южно-сибирский генный пул уменьшается от верхнего (оз. Азас, оз. Кадыш, р. Хамсара – водоемы Тоджинской котловины) к нижнему течению Енисея (р. Курейка, Енисейский залив). Таким образом, сиги из нижнего Енисея более близки к типичным субарктическим пыжьянам, в то время как верхнеенисейские сиги представляют собой гибридную группу, содержащую («субальпийские») и «субарктические» аллели и митохондриальные гаплотипы. «южные» Дифференциация в пределах южной группы популяций и между южными и северными сигами весьма

значительна, в то время как северная (субарктическая) ветвь сигов генетически относительно однородна на территории от Европы до Восточной Сибири. Данные, полученные с помощью анализа ND1 фрагмента митохондриальной ДНК также демонстрируют наличие уникальных комплексных гаплотипов в верхних течениях Оби и Енисея и чёткую дифференциацию от C. pidschian из других водоёмов Сибири. Однако, анализ мтДНК не выявил столь существенной дивергенции сигов из оз. Телецкое от других сиговых, как это было показано с помощью аллозимных маркёров. Таким образом, полученные результаты указывают на существовании отдельной, хорошо дифференцированной от ледовитоморской, южно-сибирской линии в эволюции сигов, в наиболее чистом виде сохранившейся в верхней Оби. Енисей выступает в качестве главного пути обмена генами между южным и северным генными пулами сигов. Третий генетический пул представлен сиговыми озера Байкал: байкальским омулем C. migratorius, байкальскими озёрным сигом и озёрно-речным сигом. В настоящее время имеются немногочисленные сведения о существовании обмена генами между байкальскими сиговыми, которые являются единой эволюционной ветвью, и енисейскими речными сигами. Наши mtDNA данные показали, что енисейский речной сиг очень близок к озёрно-речному сигу оз. Байкал (который также известен как байкальский пыжьян). Полученные результаты требуют дальнейшего изучения с использованием также и других генетических маркёров, которое следует проводить в более широком филогеографическом контексте.

Работа поддержана грантом РФФИ 10-04-01757-а, Программами фундаментальных исследований Президиума РАН «Биологическое разнообразие» (Подпрограмма «Генофонды и генетическое разнообразие») и «Происхождение биосферы и эволюция био-геологических систем» (Направление II), ОБН РАН «Биоресурсы России: Оценка состояния и фундаментальные основы мониторинга».

BAIKAL WHITEFISHES (COREGONIDAE) AS AN OBJECT OF ECOLOGICAL GENOMICS

Bychenko O.S.*, Azhikina T.L.*, Belomestnikch T.V.**, Sukhanova L.V.** *M.M. Shemyakin and Yu.A. Ovchinnikov Institute of Bioorganic Chemistry RAS, 16/10, Miklukho-Maklaya st., Moscow 117997, Russia ** Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk 664033, Russia Isukhanova@yandex.ru

Having the unusual propensity to rapid speciation and adaptive radiation Coregonidae are becoming a model system for studying the genomic basis of adaptive divergence and reproductive isolation (Stott & Todd 2005; Hudson et al., 2005; Bernatchez et al., 2010). Of particular relevance is the occurrence both in North America (taxon *C. clupeaformis*) and Eurasia (taxon *C. lavaretus*) of lacustrine forms of true whitefish that live in sympatry (pelagic and benthic ecotypes). Phylogenetic studies confirmed that similar ecotypes from different lakes likely have a polyphyletic origin and appeared in the process of recent parallel evolution during postglacial divergence into pelagic and benthic niches in each of these lakes (Bernatchez et al., 2010). Moreover, during last few years intensively used gene expression studies have shown for some genes that this parallel phenotypic evolution of whitefish ecotypes accompanied by parallelism in expression of the genes potentially underlying phenotypic divergence (Derom, Bernatchez 2006; Derome et al. 2006; Whiteley et al. 2008; Jeukens et al., 2009).

Baikal omul *C. migratorius* Georgi and Baikal whitefish *C. baicalensis* Dybowski represent one more case of sympatric postglacial whitefish divergence into pelagic and benthic niches (Sukhanova et al. 2004). But Lake Baikal is the only place were whitefish sympatric divergence repeated many times within the same water body over long period of time (not less then one million years) without secondary contacts with other coregonid lineages. Another peculiarity consists in multilevel pattern of intraspecific phenotypic divergence, pronounced in the pelagic ecotype (omul). Such multilevel structure is determined by availability of multiple ecological niches in the large, deep oligotrophic lake with high structured water body (Smirnov et al., 2009).

A whole genome comparison of Baikal whitefish and omul using subtractive hybridization did not reveal any extended sequences specific to one of the two genomes (Bychenko et al 2009). All differential fragments found in that work had polymorphic character, differed by single oligonucleotide substitutions and short indels, and belonged to non-coding genomic regions: introns, micro- and minisatellites, as well as transposon-like structures. It might suggest that although genetic differences between coregonids at early stages of evolution are minimal in terms of genomic DNA sequence, they still can affect expression of some genes through e.g. mutations or heritable epigenetic modifications in *cis*-regulatory sequences.

Using the SAGE method (Serial Analysis of Gene Expression) (Velculescu 1995), we have performed a comparative study of Baikal whitefish and omul brain transcriptomes. At least ~4% of short representative cDNA sequences (tags) revealed quantitative non-polymorphic differences between the fishes under study. We showed that most tags more represented in whitefish than in omul had a resemblance to protein synthesis and regulatory genes. In contrast, tags more represented in omul were mostly similar to segments of metabolism genes. These results are in agreement with those obtained in transcriptomics studies of North American (taxon *Coregonus clupeaformis*) whitefish sympatric pairs. Some tags differentially expressed in brain of whitefish and omul were similar to cDNA of genes of the nervous and immune systems and of DTSsa4 Tc1-like DNA transposons. It should be noted that in whole genome comparison (Bychenko et al 2009) many of differential fragments located close to coding regions of the immune system genes were 65-85% similar to Tc1-like

transposons widely spread among fishes (Bychenko et al. 2009). The corresponding tags being ~3 fold better represented in the Baikal whitefish transcriptom library.

Undoubtedly, the most important candidate genes related to the adaptive divergence of Baikal whitefish and omul, identified in this work, still need to be examined. The issues that remain open are: 1) is parallelism in phenotypic adaptation of Lake Baikal and other whitefishes toward the use of the pelagic niche is accompanied by parallelism in candidate gene transcription; 2) is multilevel pattern of intraspecific phenotypic divergence in pelagic form in Lake Baikal accompanied by differences in extent of candidate gene transcription?

The work was financially supported by RFBR grants №05-04-486880-a, №10-04-01583-a, and grants of the Program of principal scientific schools of Russia (project 2395.2008.4) and the Program 'Molecular and Cellular Biology' of the Presidium of the Russian Academy of Sciences.

БАЙКАЛЬСКИЕ СИГОВЫЕ (COREGONIDAE) КАК ОБЪЕКТ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ГЕНОМИКИ Быченко О.С.*, Ажикина Т.Л.*, Беломестных Т.В.**, Суханова Л.В.**

Институт биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН, 16, ул. Миклухо-Маклая, Москва 117997, Россия

^{**} Лимнологический институт СО РАН ,3, Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

<u>И</u>еобычайно склонные к быстрому видообразованию и адаптивной радиации, сиговые рыбы начинают активно использоваться в качестве модели для изучения генетических основ адаптивной дивергенции и репродуктивной изоляции(Stott, Todd 2005; Hudson et al., 2005; Bernatchez et al., 2010). Особый интерес представляют дивергентные экотипы истинных сигов, населяющие озера Северной Америки (таксон *Coregonus clupeaformis*) и Евразии (таксон *C. lavaretus*). Филогенетические исследования подтвердили, что одинаковые экотипы разных озер, вероятнее всего, имеют полифилетичное происхождение и появились в каждом озере в результате недавней параллельной эволюции аналогичных признаков, во время послеледникового освоения пелагической и придонной ниш. Более того, за последнее несколько лет было показано, что эта параллельная эволюция экотипов сигов сопровождается параллелизмом в экспрессии ряда генов, вероятно обуславливающих фенотипическую дивергенцию (Derom&Bernatchez, 2006; Derome et al., 2006; Whiteley et al. 2008; Jeukens et al., 2009).

Байкальские омуль *C. migratorius* Georgi и озерный сиг *C. baicalensis* Dybowski представляют еще один случай недавней послеледниковой симпатрической дивергенции истинных сигов на пелагический и придонный экотипы (Sukhanova et al., 2004). Уникальность байкальской пары в том, что только здесь дивергенция по нишам повторялась много раз на протяжении длинного промежутка времени (не менее одного миллиона лет) внутри одного и того же озера и без вторичного контакта с другими линиями сиговых. Еще одна особенность – многоуровневая структура внутривидового фенотипического полиморфизма, ярко выраженная у пелагической формы (омуля) и обусловленная многочисленностью ниш в глубоком олиготрофном водоеме со структурированной водной толщей (Smirnov et al., 2009).

Полногеномное сравнение байкальских сига и омуля методом вычитающей гибридизации не выявило устойчивых межвидовых различий (Bychenko et al., 2009а). Все найденные нуклеотидные последовательности соответствовали полиморфным не кодирующим участкам геномов (интронам, микро- и минисателлитам, транспозоноподобным структурам), варьирующим в результате однонуклеотидных замен и коротких делеций. Сделано предположение, что хотя различия геномов на ранних стадиях эволюции сиговых минимальны, они могут затрагивать экспрессию некоторых генов посредством, например, мутаций или наследуемых эпигенетических модификаций в *cis*-регуляторных последовательностях.

Проведен сравнительный анализ транскриптомов мозга байкальских озерного сига и омуля методом SAGE (Velculescu 1995). Выявлено не менее 4% коротких репрезентативных фрагментов кДНК (тагов) свидетельствующих о количественных не полиморфных различиях между исследуемыми видами. Большинство тагов, встречающихся у озерного сига в 2-3 раза чаще, чем у омуля, имели сходство с участками генов белкового синтеза и регуляторных генов. Таги более представленные у омуля имели сходство в основном с участками генов метаболизма. Эти результаты согласуются с данными, полученными в упомянутых выше исследованиях транскриптомов североамериканских (таксон *C. clupeaformis*) симпатрических пар сиговых. Некоторые таги, по-разному представленные у сига и омуля, были сходны с кДНК генов нервной и иммунной систем и DTSsa4 Tc1-подобными ДНК транспозонами. Следует отметить, что полногеномное сравнение (Bychenko et al., 2009а) выявило несколько полиморфных некодирующих участков вблизи генов иммунной системы. Почти все они имели участки на 65-85% сходные с широко распространенными у рыб Tc1-подобными ДНК транспозонами (Bychenko et al. 2009б). Соответствующий таг был ~ в 3 раза более представлен в транскриптоме мозга байкальского сига.

Несомненно, идентифицированные нами дифференциально экспрессирующиеся у байкальских озерного сига и омуля гены, потенциально вовлеченные в адаптивную дивергенцию сиговых (геныкандидаты), должны исследоваться далее. Открытыми остаются вопросы: 1) сопровождается ли параллелизм в фенотипических адаптациях к использованию пелагиали у байкальских и вышеупомянутых сиговых параллелизмом в экспрессии генов-кандидатов; 2) сопровождается ли многоуровневый характер внутривидовой фенотипической дивергенции пелагических форм в Байкале различным уровнем экспрессии генов-кандидатов?

Работа проведена при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований (гранты №05-04-486880-а, №10-04-01583-а), гранта Ведущих научных школ России (проект 2395.2008.4) и программы «Молекулярная и клеточная биология» Президиума РАН.

SOFTWARE FOR SIMULATION OF THE BROKEN GENE FLOW IN ONE-DIMENSIONAL POPULATIONS Bukin Y.S.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia bukinys@lin.irk.ru

The study population structure of modern species using molecular genetic data is of great interest for scientist which connected the fact that the population represents a structural unit of microevolution, in which changes under the influence of gene drift and natural selection. The using genetic data, in particular molecular characteristics of organisms can most accurately define the extent of intraspecies genetic variability and geographic boundaries of populations.

Often naturally species have ribbon area of habitats. If the time spent by the organism to cross intersection of the ribbon area is less than or comparable with the duration of a generation, all the processes associated with the formation of genetic diversity will be determined by the flow of genetic information along the area. Such area of habitats, in terms of genetics, can be considered relatively one-dimensional. The boundaries of the populations on the one-dimensional area is areas where suspended or significantly slows down the flow of genetic information between different groups within a species at the littoral zone are directed along the coast of the lake.

For some species of the littoral zone of Lake Baikal and other ancient lakes on the basis of genetic data set population structure. The researcher, based on some facts, may suggest a hypothesis to explain the formation in this species of the similar population structure and genetic polymorphism. One way of testing hypotheses of this kind is mathematical-computer model that test proposed scenario under given population parameters.

In our work, we offer a program that implements a model of population dynamics on the one-dimensional area of habitat. The main characteristic of area in model is the maximum allowable density of organisms at each point. User before the numerical experiment divides the one-dimensional area into segments in each of which specifies its maximum allowable density of organisms. Making it, the researcher models the one area that is typical for the studied species. The other parameters in the model are the mobility and rate of reproduction of organisms.

Each individual in the model is given its own "nucleotide sequence» that passed from mother to offspring (model of mitochondrial DNA). When the sequence is passed from parents to offspring with a given probability the mutation can occur. At the end of each simulation researcher can compare the molecular data model with data obtained in the study of natural populations. On the basis of comparison model and real data it is possible to do conclusions about the applicability of the hypothesis of formation of population structure of species and genetic polymorphism.

Figure 1 shows an example of the work of the program when the area of habitat of the species with x coordinates between 0 and 1 is divided into 4 segment separated by regions with unfavorable conditions for the existence of the species. The left side of the figure shows the dependence of the function K (x) - the maximum possible density for the coordinates x on the area. The right side figure shows the scheme of resettlement organisms and the formation of population structure in the process of computer numerical experiment.

The algorithm of the program and the modeling method is based on an individually-based approach proposed in the papers (Dieckmann&Doebeli, 1999; Doebeli&Dieckmann, 2000) and then used by us in previous studies (Semovski et al, 2003; Bukin et al., 2007).

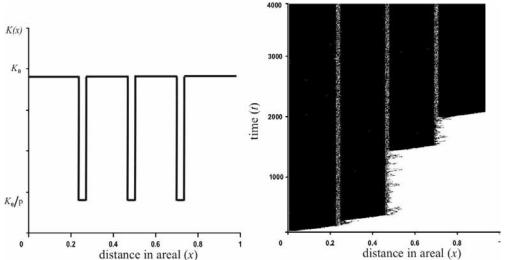


Fig. 1. The scheme of computer numerical experiment on modeling the formation of population structure of a onedimensional heterogeneous area. The figure shows the diagram of the resettlement of organisms in the experiment and the dependence of a maximum allowable density of organisms K(x) from the coordinates on the area (Схема компьютерного численного эксперимента по моделированию формирования популяционной структуры вида на одномерном неоднородном ареале. На рисунке показаны диаграмма расселения организмов в процессе эксперимента и зависимость заданной плотности организмов K(x) от координаты на ареале).

ПРОГРАМНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРЕРЫВИСТЫХ ПОТОКОВ ГЕНОВ В ОДНОМЕРНЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ

Букин Ю.С.

Лимнологический институт СО РАН, 3, Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Исследование популяционной структуры современных видов с использованием молекулярногенетических данных представляет большой интерес, связанный с тем, что популяция представляет собой структурную единицу, в которой происходят микроэволюционные изменения под воздействием дрейфа генов и естественного отбора. Использование генетических данных, в особенности молекулярных характеристик организмов, позволяет наиболее точно определить масштабы внутривидовой генетической изменчивости и географические границы популяций.

Довольно часто в природе встречаются виды с ленточным ареалом обитания. Если время, затрачиваемое организмом на поперечное пересечение ленточного ареала меньше или соизмеримо с продолжительностью жизни поколения, то все процессы, связанные с формированием генетического разнообразия, будут определяться потоками генетической информации вдоль ареала. Подобные ареалы, с точки зрения генетики, можно считать условно одномерными. Границами популяций на одномерном ареале будут участки, где прерывается или существенно замедляется поток генов вдоль ареала. Одним из примеров одномерного ареала являться литоральная зона озера Байкал. Основные потоки генетической информация между различными группами в пределах вида направлены вдоль побережья озера.

Для некоторых видов литоральной зоны озера Байкал и других древних озер на основе генетических данных установлена популяционная структура. При этом исследователь, опираясь на некоторые факты, может предложить гипотезу, объясняющую формирование у данного вида подобной популяционной структуры и генетического полиморфизма. Одним из способов проверки гипотез подобного рода являются математико-компьютерные модели, обыгрывающие предложенный сценарий поведения вида на ареале с заданными популяционными параметрами.

В нашей работе мы предлагаем программу, которая реализует модель динамики популяции на одномерном ареале обитания. Основной характеристикой ареала обитания организмов в модели является предельно допустимая плотность организмов в каждой точке. Пользователь перед началом численного эксперимента делит одномерный ареал на отрезки, в каждом из которых задает свою предельно допустимую плотность организмов. Действуя таким образом, исследователь моделирует тот ареал, который характерен для исследуемого вида. Другими параметрами в модели является подвижность организмов скорость размножения. Также пользователь первоначально задает отрезок на ареале, в пределах которого распределено начальное количество организмов.

Каждая особь в модели наделена собственной «нуклеотидной последовательностью», передающейся от матери к потомству (модель митохондриальной ДНК). При передаче последовательности от родителей к потомству с заданной вероятностью может произойти мутация. В финале каждой симуляции исследователь может сравнить молекулярные данные модели с данными, полученными в ходе исследования природных популяций. На основе сравнения можно сделать выводы о применимости предложенной гипотезы формирования популяционной структуры вида и генетического полиморфизма.

На рисунке (Fig. 1) представлен пример работы программы в случае, когда ареал обитания вида с координатами *x* от 0 до 1 разбит на 4 отрезка, разделенных областями с неблагоприятными условиями для существования вида. Левая часть рисунка показывает Зависимости функции *K*(*x*) – максимально возможной плотности для вида от координаты на ареале. Правая часть рисунка показывает схему расселения вида и формирования популяционной структуры в процессе компьютерного численного эксперимента.

Алгоритм работы программы и метод моделирования основан на индивидуально ориентированном подходе, предложенном в работах (Dieckmann&Doebeli, 1999; Doebeli&Dieckmann, 2000) и затем используемом нами в предыдущих исследованиях (Semovski et al, 2003; Bukin et al, 2007).

COMPARATIVE ANALYSIS OF INTRASPECIFIC GENETIC POLYMORPHISM IN ENDEMIC INVERTEBRATES FROM LAKE BAIKAL Bukin Yu.S., Kravtsova L.S., Kaigorodova I.A., Novikov A.V., Fazalova V.P.,

Peretolchina T.E., Pudovkina T.A., Petunina Zh.V., Sherbakov D.Yu.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

bukinys@lin.irk.ru

Studies of intraspecific genetic diversity (polymorphism) at molecular level make it possible to obtain information on the population structure of species and history of changes in their abundance and ecology. On the one hand, low genetic diversity may indicate low effective abundance of populations or its reduction, i.e. recent passing through the 'bottleneck". On the other hand, high genetic diversity is evidence of high effective abundance of a species and its flourishing for a long period of time. Another factor characterizing the level of genetic differentiation is organism mobility. The higher mobility of organisms, the lower genetic diversity of these organisms (Semovski et al., 2003; Bukin et al., 2007). Nucleotide sequences of Folmer's fragment of the cytochrome c oxidase subunit 1 (CO1) are often used in studies of population genetic diversity. This marker was used for assessment of genetic diversity of the following endemic organisms of Lake Baikal: a mollusc *Baicalia carinata* (Peretolchina et al., 2007), an amphipod *Gmelinoides fasciatus* (Gomanenko et al., 2005) and an oligochaete *Pseudorhynchelmis alyonae* (Kaigarodova et al., 2009).

The aim of this work was to compare intraspecific genetic diversity of mitochondrial marker CO1 in different groups of Baikal endemic invertebrates and to correlate the results obtained with ecology and probable demographic history of these species. A set of nucleotide sequences of populations of molluscs, oligochaetes, polychates, amphipods, and chironomids was used for the analysis. A matrix of pairwise genetic differences was built for the comparison of genetic polymorphism for each species. Unmatched positions in nucleotide sequences were used as a measure for genetic distance. Distribution of pairwise genetic distances for each species was estimated from histograms.

The comparison of histograms revealed (Fig. 1) that all species under study may be divided into three groups. Species with low genetic diversity belong to the first group (*Baicalia dybowskiana, Liobaicalia stiedae, Parabaikalia oviformis, Pseudobaikalia pulla tenuicosta, Pseudobaikalia zachwatkini, Baicalia rugosa, Teratobaikalia duthiersii, Baicalia turriformis, Maackia herderiana, and Paratanytarsus baicalensis); the second group – species with average level of polymorphism of CO1 marker (<i>Baicalia carinata, Baicalia carinatocostata, Korotnewia korotnevi,* and *Godlewskia godlewskii*), and the third group is represented by species with high level of genetic diversity (*Pseudorhynchelmis alyonae* and *Manayunkia godlewskii*).

The majority of molluscs with low genetic diversity (*B. dybowskiana, L. stiedae, P. oviformis, P. pulla tenuicosta, B. rugosa,* and *T. duthiersii*) are few in number and widespread around Lake Baikal inhabiting the depth from10 to 100 m. Low genetic diversity, in this case, it attributed to low effective abundance of populations. Some species of molluscs with low genetic diversity are numerous but inhabit rocks (*B. turriformis*) and boulders (*M. herderiana*) within the depth between 3 and 30 m (*P. zachwatkini*). Low genetic diversity may be caused by fluctuations of the lake level and sharp decrease in the abundance of these species for the past tens of thousand years. Chironomids *P. baicalensis* possess low genetic diversity because of high mobility of their imagoes accelerating exchange of genes among distant groups. Widespread occurrence and high abundance of *B. carinata, B. carinatocostata, K. korotnevi,* and *G. godlewskii* indicate high effective abundance of populations thus providing average genetic diversity of molluscs. Baikal endemic worms *P. alyonae* and *M. godlewskii* possess high genetic diversity due to their very low level of mobility which considerably increases intraspecific genetic polymorphism (Semovski et al., 2003; Bukin et al., 2007).

This work was supported by RFBR Grants Nos. 09-04-00972-a, 08-04-98046-r_Siberia_a, and 08-04-98063-r_Siberia_a.

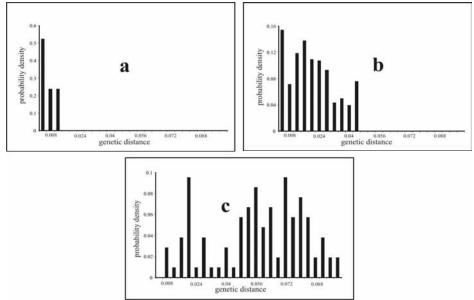


Fig. 1. Typical distribution of pairwise intraspecific genetic distances on the example of some Baikal endemic species. a) Baicalia turriformic – low genetic diversity; b) Baicalia carinata – average genetic diversity, and c) Pseudorhynchelmis alyonae – high genetic diversity (Характерное распределение попарных внутривидовых генетических расстояний на примере некоторых байкальских эндемиков. a) Baicalia turriformic – низкое генетическое разнообразие; b) Baicalia carinata – среднее генетическое разнообразия; c) Pseudorhynchelmis alyonae – высокое генетическое разнообразие.)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВНУТРИВИДОВОГО ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОЛИМОРФИЗМА У ЭНДЕМИЧНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ БАЙКАЛА Букин Ю.С., Кравцова Л.С., Кайгородова И.А., Новиков А.В., Фазалова В.Р., Перетолчина Т.Е., Пудовкина Т.А., Петунина Ж.В., Щербаков Д.Ю.

Лимнологический институт СО РАН ,3, Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Исследование внутривидового генетического разнообразия (полиморфизма) на молекулярном уровне позволяет получить информацию о популяционной структуре, истории изменения численности и экологии исследуемого вида. С одной стороны, низкое генетическое разнообразие может указывать на маленькую эффективную численность популяций или ее сокращение, т.е. недавнее прохождение «бутылочного горлышка». С другой стороны, большое генетическое разнообразие говорит о высокой эффективной численности вида и о его процветании в течение длительного времени. Другим фактором, определяющим степень генетической дифференциации, является подвижность организмов. Чем больше подвижность организмов, тем меньше будет характерное для них генетическое разнообразие (Semovski et al., 2003; Bukin et al., 2007). Часто в популяционных исследованиях генетического разнообразия используют нуклеотидные последовательности фолмеровского фрагмента первой субъединицы цитохромоксидазы (СО1). При изучении эндемиков Байкала этот маркер применялся для оценки генетического разнообразия моллюска *Baicalia carinata* (Перетолчина и др., 2007) и амфиподы *Gmelinoides fasciatus* (Гоманенко и др., 2005) и олигохеты *Pseudorhynchelmis alyonae* (Кайгородова и др., 2009).

В данной работе приводится сравнение внутривидового генетического разнообразия митохондриального маркера CO1 различных групп байкальских эндемичных беспозвоночных и сопоставление полученных результатов с экологией и возможной демографической историей данных видов. Для анализа использовали наборы нуклеотидных последовательностей ряда популяций моллюсков, олигохет, полихет, амфипод, хирономид. С целью сопоставления генетического полиморфизма для каждого вида была построена матрица попарных генетических различий, в качестве меры генетической дистанции была использована доля несовпадающих позиций в нуклеотидных последовательностях. Затем с помощью гистограмм была оценена форма распределения попарных генетических расстояний для каждого вида.

В результате сравнения гистограмм было установлено (Fig. 1), что все исследуемые виды можно разделить на три группы. Первая группа – это виды с низким генетическим разнообразием (Baicalia dybowskiana, Liobaicalia stiedae, Parabaikalia oviformis, Pseudobaikalia pulla tenuicosta, Pseudobaikalia zachwatkini, Baicalia rugosa, Teratobaikalia duthiersii, Baicalia turriformis, Maackia herderiana, Paratanytarsus baicalensis); вторая группа – виды со средними показателями полиморфизма маркера CO1 (Baicalia carinata, Baicalia carinatocostata, Korotnewia korotnevi, Godlewskia godlewskii) и третья – виды с высокими показателями генетического разнообразия (Pseudorhynchelmis alyonae, Manayunkia godlewskii).

Большинство из исследованных видов моллюсков с низким генетическим разнообразием (*B. dybowskiana, L. stiedae, P. oviformis, P. pulla tenuicosta, B. rugosa, T. duthiersii*) являются малочисленными, широко или менее широко распространенными по Байкалу, и обитают в диапазоне

глубин от 10 до 100 метров. Низкое генетическое разнообразие в этом случае может быть связано с небольшим размером эффективной численности популяций. Некоторые виды моллюсков с низким генетическим разнообразием являются многочисленными, но обитают на скалах (*B. turriformis*) и валунах (*M. herderiana*) на глубинах от 3 до 30 метров (*P. zachwatkini*). Низкое генетическое разнообразие в этом случае может быть связанно с колебаниями уровня озера и резким падением численности этих видов в последние десятки тысяч лет. Для хирономид *P. baicalensis* характерно низкое генетическое разнообразие из-за высокой подвижности их имаго, что ускоряет обмен генов между удаленными группами. Широкое распространение и многочисленность *B. carinata, B. carinatocostata, K. korotnevi, G. godlewskii* свидетельствуют о достаточно большой эффективной численности популяций, обуславливающей среднее генетическое разнообразие моллюсков. Байкальские эндемичные черви *P. alyonae* и *M. godlewskii* обладают высоким генетический полиморфизм (Semovski et al., 2003; Bukin et al., 2007).

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 09-04-00972-а, № 08-04-98046-р_сибирь_а и № 08-04-98063-р_сибирь_а.

PHYLOGENETIC DIVERSITY OF CANINE DISTEMPER VIRUS IN LAKE BAIKAL SEAL (PHOCA SIBIRICA) POPULATION Butina T.V., Trukhan I.S., Belikov S.I.

Limnological Institute, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia butina@lin.irk.ru

Morbillivirus epizootics in marine mammals have been found in a variety of marine mammal species throughout the world over the past 20 years. The virus epizootic which resulted in significant mortality of Siberian seals (*Phoca sibirica*) in Lake Baikal during 1987/88 was caused by the canine distemper virus (CDV) (Grachev et al., 1989).

The aim of our study was an up to date detection of CDV in Baikal seals and an evaluation of the genetic diversity of Baikal CDVs in comparison with other virus strains available in the GenBank on the basis of nucleotide sequence analysis of the phosphoprotein gene fragment. We analyzed the seal tissues samples collected in the period of 2000-2008 and compared our data with those received before. The total RNA was isolated with kits "Ribozol" ("InterLabService", Russia). The reaction of reverse transcription polymerase chain reaction (RT-PCR) was performed as described by Barrett et al. (1993). DNA fragments obtained in the RT/PCR reaction were analyzed by direct sequencing on a Beckman Coulter 8800 automated sequencer. Phylogenetic trees were reestablished with Bayesian inference method using MrBayes v3.1.2 (Huelsenbeck& Ronguist, 2001).

Phylogenetic analysis revealed that the majority of CDVs recovered from 1992 till 2008 were similar to the one responsible for the epizootic of Lake Baikal seals during 1987/88. The isolate of this virus belong to the Arctic group of CDVs. Several virus structures of 1995 strongly differed from the others and they were more similar to isolates from Europe, USA and Japan.

In conclusion, it was found that CDV has been circulating among Baikal seals during all period since the epizootic of 1987/88 with an average infection rate of several tens of percents. Our results of phylogenetic analysis suggested that at least two different genotype of CDV has been circulating in Lake Baikal since 1987/88 and Arctic-like CDV strain, responsible for the epizootic, is prevalent so far. So the probability of future outbreaks of CDV in Lake Baikal seals as well as in other wild animal populations is very high.

This research was supported by the Russian Foundation for Basic Research, project 08-04-98059.

ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ВИРУСА ЧУМЫ ПЛОТОЯДНЫХ В ПОПУЛЯЦИИ БАЙКАЛЬСКОЙ НЕРПЫ (*PHOCA SIBIRICA*)

Бутина Т.В., Трухан И.С., Беликов С.И.

Лимнологический институт СО РАН ,3, Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

За последние 20 лет морбилливирусные инфекции были обнаружены у различных видов морских млекопитающих по всему миру. Вирусная эпизоотия, которая привела к гибели большого количества сибирских тюленей (*Phoca sibirica*) в озере Байкал в 1987-88 гг., была вызвана вирусом чумы плотоядных (CDV) (Grachev и др., 1989).

Целью нашего исследования стало выявление вируса чумы плотоядных у байкальских тюленей в последние годы, оценка генетического разнообразия этого вируса, сравнение его с другими вирусными штаммами, доступными в базе данных GenBank на основе анализа нуклеотидной последовательности фрагмента гена фосфопротеина. Мы проанализировали образцы тканей нерп, собранные в период с 2000 по 2008 гг., и сравнили эти данные с полученными ранее. Суммарную РНК выделяли с помощью набора «РИБО-золь» («ИнтерЛабСервис», Россия). Реакцию обратной транскрипции и полимеразную цепную реакцию (ОТ-ПЦР) проводили, как описано ранее (Barrett et al., 1993). Нуклеотидные последовательности полученных в реакции ОТ-ПЦР фрагментов ДНК определяли с помощью автоматического секвенатора Beckman Coulter 8800. Филогенетические древа получены методом Байеса с помощью программы MrBayes v3.1.2 (Huelsenbeck и Ronquist, 2001).

Филогенетический анализ показал, что большинство вариантов вируса чумы плотоядных, выявленных с 1992 по 2008, были сходны с вирусом, ответственным за эпизоотию байкальских тюленей в 1987/88 гг. Изолят этого вируса принадлежит арктической группе вируса чумы плотоядных (Arctic group). Несколько вирусных последовательностей 1995 г. сильно отличалось от остальных, они были более сходны с изолятами вируса чумы плотоядных из Европы, США и Японии.

В результате было показано, что вирус CDV циркулировал среди байкальских тюленей в течение всего периода, начиная с эпизоотии 1987/88 гг., при этом средний уровень инфицирования составлял несколько десятков процентов. Результаты филогенетического анализа показали, что, начиная с 1987 г. в озере Байкал циркулировали как минимум два различных генотипа этого вируса и штамм вируса, ответственный за эпизоотию, принадлежащий к арктической группе, распространен в популяции до сих пор. Таким образом, вероятность повторных вспышек чумы плотоядных у байкальских тюленей и среди популяций других диких животных остается очень высокой.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 08-04-98059.

GENETIC MECHANISMS OF SYMPATRIC SPECIATION IN LANDLOCKED LAKES (ON THE EXAMPLE OF TRANSBAIKALIAN CHARRS)

Gordeeva N.V.*, Alekseyev S.S.**, Matveev A.N.***, Samusenok, V.P.***

*N.I. Vavilov Institute of General Genetics RAS, 3, ul. Gubkina, Moscow 119991, Russia **N.K. Kol'tsov Institute of Developmental Biology RAS, 26, ul. Vavilova, Moscow 119991, Russia *** Irkutsk State University, 5, Sukhe-Batora st., Irkutsk 664011, Russia

ribka04@mail.ru

Tracing initial stages of speciation is among the top goals of evolutionary research. The study of the mechanisms of organisms' diversification is most effective in polymorphic groups undergoing rapid adaptive radiation. Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.) *complex* are among the best model objects for such studies due to high phenotypic plasticity and ecological polymorphism exhibited in extreme conditions of coldwater habitats throughout their wide range. Transbaikalia is an isolated part of charr range very far to the south from circumpolar northern distributions. In this area relict populations of Arctic charr inhabit landlocked alpine lakes in headwaters of the tributaries of Baikal Lake and the Lena River. Arctic charr in Transbaikalian lakes are morphologically and ecologically diverse, in most lakes 2 or 3 sympatric forms were found, - the large, small, and dwarf form.

Variation at eight microsatellite loci and at growth hormone 1 gene (GH1) was studied in Arctic charr from 14 Transbaikalian lakes in order to assess their genetic divergence and speciation modes involved in the origin of intralacustrine forms. Differentiation among populations was high and comparable with that among north European charr populations. Genetic distances were positively correlated with geographic (along water way) distances between lakes in the assumption of the dispersal of charr to the Baikal basin from the headwaters of the Chaya River (the Lena basin) over Baikal-Lena divide. Geographic distribution of some microsatellite alleles and GH1 variants may be considered as indicator of recent colonization routes. Correlation between genetic distances and estimates of morphological similarity (calculated from 9 meristic characters) between sympatric forms was significantly negative. Estimates of genetic diversity were positively correlated with lake size. In all lakes with sympatric forms these had common alleles private to the lake and formed monophyletic groups in phylogenetic trees which strongly suggests their independent intralacustrine origin in different lakes on the basis of sympatric speciation. The only exception was observed in parapatric populations of two closely connected (0.3 km) lakes where separation of forms probably occurred as a single event.

Hierarchical analysis of molecular variance (AMOVA) showed that the portion of inter-population variability due to differences between sympatric forms (10 % of total variance) is comparable with component described genetic variation among major basins (Baikal, Chaya, Vitim, Olekma; 7.9 % of total variance). The degree of differentiation between sympatric forms varied among lakes (mean $F_{ST} = 0.166$) up to complete segregation of their gene pools in two lakes. Estimates of gene exchange *m* varied from 0.001 to 0.05. The most abundant dwarf form had highest effective numbers and genetic diversity because it occupies the most stable pfoundal habitat. Large charr are a rare and the less stable form. We suppose that this form can be originated *de novo* from other sympatric (small or dwarf) forms.

Thus, we can conclude that intralacustrine forms of Arctic charr in Transbaikalian lakes represent more or less isolated populations. These forms have sympatric origin and thus, are result of repeated evolution. In different Transbaikalian lakes different levels of divergence of forms is observed, although the lakes were colonized by charr approximately at the same time, after the last glaciation. We can assume that in each of the lakes sympatric charr forms are likely in stable equilibrium (as "dumb-bell-shaped" structures sensu Kondrashov, Mina, 1986) which is determined by the properties of lake ecosystems.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ СИМПАТРИЧЕСКОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ В ИЗОЛИРОВАННЫХ ОЗЁРАХ (НА ПРИМЕРЕ ГОЛЬЦОВ ЗАБАЙКАЛЬЯ)

Гордеева Н.В. *, Алексеев С.С. **, Матвеев А.Н. ***, Самусенок В.П.***

* Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, 3, ул. Губкина, Москва 119991, Россия ** Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН, 26, ул. Вавилова, Москва 119991, Россия *** Иркутский Государственный Университет, 5, ул. Сухэ-Батора, Иркутск 664011, Россия

Исследование начальных стадий видообразования можно отнести к главным задачам эволюционного учения. Наиболее эффективно исследование механизмов дивергенции у полиморфных групп, испытавших быструю адаптивную радиацию. Арктические гольцы *Salvelinus alpinus* (L.) *complex* могут служить хорошей моделью для такого рода исследований благодаря широкой фенотипической пластичности и экологическому полиморфизму, который они демонстрируют в экстремально холодноводных условиях обитания. Населяющие Забайкалье гольцы изолированы далеко к югу от обширного циркумполярного ареала. Здесь реликтовые популяции гольцов были найдены только в изолированных озёрах, приуроченных к верховьям притоков озера Байкал и реки Лены. В каждом озере гольцы представлены одной–тремя экологическими формами – карликовой, мелкой и крупной.

Мы проанализировали изменчивость восьми микосателлитных локусов и участка гена гормона роста (GH 1) в выборках арктических гольцов из 14-ти озёр Забайкалья для того, чтобы исследовать генетическую дивергенцию и механизмы образования симпатрических форм. В целом генетическая дифференциация среди популяций оказалась высокой и была сравнима с аналогичными оценками, полученными для популяций гольцов Европы. Генетические дистанции оказались положительно скоррелированы с географическими расстояниями между популяциями (по кратчайшему водному пути), исходя из предположения, что заселение бассейна Байкала произошло из верховьев р. Чая (бассейн р. Лены) через водораздел Байкал-Лена. Географическое распределение некоторых аллелей микросателлитных локусов и вариантов GH1 может рассматриваться как индикатор путей расселения гольцов в Забайкалье. Корреляция генетических дистанций и оценок морфологического сходства (рассчитаны на основании 9-ти меристических признаков) между симпатрическими формами оказалась достоверно отрицательной. Оценки популяционного генетического разнообразия обнаружили положительную связь с величиной озера. Во всех озёрах с симпатрическими формами последние всегда имели общие аллели, уникальные для озера, и формировали монофилетическую группу на общем филогенетическом древе, что прямо свидетельствует о независимом происхождении экологических форм в исследованных нами озёрах. Единственное исключение найдено в парапатрических популяциях двух соседних, соединённых коротким ручьём (0,3 км) озёрах, в которых, скорее всего, разделение форм имело место лишь однажды.

Иерархический анализ молекулярной вариансы (AMOVA) показал, что часть межпопуляционной генетической изменчивости, приходящаяся на долю симпатрических форм (10% от общей вариансы) сопоставима с компонентом изменчивости между основными бассейнами (Байкал, чая, Витим, Олёкма; 7,9% от общей вариансы). Оценки дифференциации между симпатрическими формами широко варьировали среди озёр (средняя оценка $F_{ST} = 0.166$), вплоть до полной сегрегации генофондов в двух из исследованных озёр. Оценки генной миграции m между формами варьировали от 0,001 до 0,05. Карликовая форма оказалась самой многочисленной и имела самые высокие оценки разнообразия, очевидно, благодаря тому, что она занимает наиболее стабильную глубоководную нишу. Крупная форма самая малочисленная и, скорее всего, может периодически возникать *de novo* из соседних форм.

Мы можем заключить, что внутриозёрные формы гольцов репродуктивно изолированы, возникли симпатрически и представляют результат параллельной эволюции в озёрах Забайкалья. Степень генетической дивергенции симпатрических форм в каждом из озёр неодинакова, хотя колонизация озёр гольцами происходила примерно в одно и тоже время. Мы предполагаем, что популяции симпатрических форм находятся в динамическом равновесии, наподобие «гантелевидных» структур у (Kondrashov, Mina, 1986), определяемом свойствами экосистемы озера.

SYMPATRIC FORMS OF WHITEFISHES OF TRANSBAIKALIAN LAKE ORON Gordon N.Yu.*, Baldina S.N.*, Matveev A.N.**, Politov D.V.* *N.I. Vavilov Institute of General Genetics RAS, 3, ul. Gubkina, Moscow 119991 Russia ** Irkutsk State University, 5, Sukhe-Batora st., Irkutsk 664011 Russia gordon@vigg.ru

The lake Oron concerns to a river basin Vitim, proceeding in a Baikal rift zone and a large Siberian river of Lena being by the top inflow. The lake has significant depths and extensive shoalinesses (up to 22 % of the area of a bottom) with sandy-oozy grounds. Rather heats of water and other seasonal hydrological features cause development phytoplankton, the maximum water vegetation and rich invertebrate fauna. The structure of ichthyofauna lakes is complex, 19 species of fishes, characteristic for northern-asian reservoirs of a faunistic complex (Matveev, Samusenok, 2006) here live.

Whitefishes of genus *Coregonus* are presented in lake to two sympatric by forms. One of them - lacustrine-riverine whitefish until recently has been presented to two sorts: fast- and slowly growing. Modern researches have shown, that, noted Yu.E.Kalashnikov (1978) slowly growing form lacustrine-riverine whitefish, has practically disappeared as a result of a long unregulated gill-net fishing. Other form – lacustrine whitefish with high gill rakers number, in Kalashnikov's opinion (1978) has subspecies status *C. lavaretus oronensis*

Kalaschnikov. Modern researchers are inclined to consider it as lacustrine whitefish with middle number of gill rakers. Thus, the researches lead till now and based only on morphometric and ecological data, do not give the certain answer to questions about taxonomic status, phylogenetic attitudes and an origin whitefishes of Lake Oron.

Our problem was to find answers to these questions using the genetic approach. As a molecular-genetic method has been applied fulfilled earlier (Politov et al., 2000) the PCR-RFLP analysis mitochondrial gene ND1 dehydrogenase complex. Having applied this approach, we have analysed 18 samples of lacustrine-riverine whitefishes and 27 samples lacustrine whitefishes with middle number of gill rakers. In total it has been received 11 composite haplotypes from which general -3 and on 4 haplotypes was present at each form as rare.

On our preliminary data it is necessary to note, that all haplotypes, found out at Lake Oron whitefishes, do not meet among others investigated by us before kinds and forms whitefishes on all area of their dwelling in Russia, except for haplotypes Z6436 and M5535. Haplotypes Z6436 and M5535 have appeared the general and at coregonids, living in Lake Baunt. Haplotypes Z6436 and Z6410 have been found out also in lacustrine-riverine whitefishes, caught at settlement Ust'-Kut, middle reaches of Lena River. Besides haplotype Z6436 it has appeared in whitefishe from Lake Dodot of Todja depression, the upper reaches of Yenisei River.

Both forms Lake Oron whitefishes have differences from other kinds investigated by us and forms whitefishes some Siberian lakes. Lake Oron whitefishes have constant haplotype W1 on restrictase *Hinf* I which at others whitefishes meets seldom. Among themselves lacustrine-riverine whitefishe and lacustrine whitefishe of Lake Oron differ on frequencies of haplotypes N and W2 on restrictase *BstU* I. Hardly it is possible to consider such distinction diagnostic, that would enable to distinguish on haplotype lacustrine – riverine whitefishe and lacustrine whitefishe of Lake Oron.

Our researches have shown that whitefishes, living in Lake Oron, are combined into homogeneous genetic group by presence of the general mitochondrial DNA. Sympatric speciation has led to morphological distinctions of both whitefishe forms by prefernce of their to the different ecological conditions existing in same large reservoir. Presence of the general haplotypes in Lake Oron whitefishes and whitefishes caught in middle reaches of Lena River and in the upper reaches of Yenisei River speaks about communication of basins of these large rivers up to a raising and final formation of the Baikal depression, it is probable in Pleistocene, that in turn proves to be true geological researches of Baikal rift zone.

Work is supported by Russian Foundation for Basic Research grant 10-04-01757-a, by Programs of Fundamental Research by Presidium of RAS "Biodiversity and Gene Pools' and 'Biospere Origin and Evolution of Geo-Bioecological Systems' and by Division of Biological Sciences of RAS 'Bioresources of Russia'.

СИМПАТРИЧЕСКИЕ ФОРМЫ СИГОВ ОЗ. ОРОН ИЗ ЗАБАЙКАЛЬЯ Гордон Н.Ю.*, Матвеев А.Н.**, Балдина С.Н.*, Политов Д.В.*

^{*} Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, 3, ул. Губкина, Москва 119991, Россия ** Иркутский Государственный Университет, 5, ул. Сухэ-Батора, Иркутск 664011, Россия

Озеро Орон относится к бассейну реки Витим, протекающей в зоне Байкальского рифта и являющейся верхним притоком крупной сибирской реки Лены. Озеро имеет значительные глубины и обширные мелководья (до 22% площади дна) с песчано-илистыми грунтами. Относительно высокие температуры воды и другие сезонные гидрологические особенности обусловливают развитие фитопланктона, высшую водную растительность и богатую фауну беспозвоночных. Структура ихтиоценоза озера сложна, здесь обитают 19 видов рыб, характерного для североазиатских водоемов фаунистического комплекса (Матвеев, Самусенок, 2006).

Сиги р. *Coregonus* представлены в озере двумя симпатрическими формами. Одна из них - сигпыжьян, до недавнего времени был представлен двумя разновидностиями: быстро- и медленнорастущей. Современные исследования показали, что, отмеченная Ю.Е. Калашниковым (1978) медленно растущая форма сига-пыжьяна, практически исчезла в результате длительного нерегламентированного промысла. Другая форма – озерный многотычинковый сиг, по мнению Калашникова (1978) имеет подвидовой статус *С. lavaretus oronensis* Kalaschnikov. Современные исследователи склонны рассматривать этого сига как среднетычинкового. Таким образом, исследования, проведенные до настоящего времени и основанные только на морфометрических и экологических данных, не дают определенного ответа на вопросы о таксономическом статусе, филогенетических отношениях и происхождении сигов озера Орон.

Нашей задачей было найти ответы на эти вопросы, используя генетический подход. В качестве молекулярно-генетического метода был применен отработанный ранее (Politov et al., 2000) ПЦР-ПДРФ анализ митохондриального гена ND1 дегидрогеназного комплекса. Применив этот подход, мы проанализировали 18 экз. сига-пыжьяна и 27 экз. озерного среднетычинкового сига. Всего было получено 11 композиционных гаплотипов, из которых общих – 3 и по 4 гаплотипа присутствовало у каждой формы как редкие.

По нашим предварительным данным следует отметить, что все гаплотипы, обнаруженные у оронских сиговых, не встречаются среди других исследованных нами ранее видов и форм сиговых на всем ареале их обитания в России, за исключением гаплотипов Z6436 и M5535. Гаплотипы Z6436 и

М5535 оказались общими и у сиговых, обитающих в оз. Баунт. Гаплотипы Z6436 и Z6410 были обнаружены также у пыжьянов, выловленных у г. Усть-Кут, средняя Лена. Кроме того, гаплотип Z6436 оказался у сига из оз. Додот Тоджинской котловины, верхний Енисей.

Обе формы оронских сигов имеют отличия от других исследованных нами видов и форм сигов некоторых сибирских озер. Оронские сиги имеют постоянный гаплотип W1 по рестриктазе *Hinf* I, который у других сигов встречается редко. Между собой сиг-пыжьян и озерный сиг оз. Орон отличаются по частотам гаплотипов N и W2 рестриктазы *BstU* I. Такое различие вряд ли можно считать диагностическим, используя которое, можно было бы гаплотипически отличать оронских сига-пыжьяна и озерного сига.

Наши исследования показали, что сиги, обитающие в озере Орон, объединены в однородную генетическую группу наличием общей митохондриальной ДНК. Симпатрическое видообразование привело к образованию двух морфологически различающихся форм сигов в силу привязанности их к разным экологическим условиям, существующим в одном и том же крупном водоеме. Наличие общих гаплотипов у оронских сигов и сигов, выловленных в средней Лене и в верхнем Енисее, говорит о связи бассейнов этих крупных рек до поднятия и окончательного формирования Байкальской котловины, вероятно в верхнетретичное время, что, в свою очередь, подтверждается геологическими исследованиями Байкальской рифтовой зоны.

Работа поддержана программами фундаментальных исследований Президиума РАН «Биологическое разнообразие» 10-04-01757-а (Подпрограмма «Генофонды и генетическое разнообразие») и «Происхождение биосферы и эволюция био-геологических систем» (Направление II), ОБН РАН «Биоресурсы России: Оценка состояния и фундаментальные основы мониторинга».

SILICATEIN GENES – THE POSSIBLE MOLECULAR MARKERS FOR THE IDENTIFICATION OF CLOSELY RELATED SPONGE SPECIES

Kaluzhnaya O.B., Itskovich V.B., Solovarov I.S., Belikov S.I. Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033. Russia

Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, <u>x-sun77@rambler.ru</u>

Sponges (phylum Porifera), the evolutionarily oldest metazoans, support their body by a skeleton of biomineralized spicules and collagenous extracellular matrix (Simpson, 1984). Spicules of sponges belonging to dominant class Demospongiae contain silicateins – proteins witch take part in biogenic silica precipitation and determination of the spicule morphological features. Baikal, the most ancient lake characterized by exceptional biodiversity and higher percent of endemism (80%), is inhabited by 18 sponge species, of which 13 form the endemic family Lubomirskiidae. The baikalian sponge species are closely related and difficult to identify by morphological methods. Phylogenetic analyses based on the well-known markers such as 18S rRNA gene, COXI gene ans ribosomal internal transcribed spacers (ITS) are informative only on family and genus levels. As additional molecular approach for closely related species identification might be checkout the protein-coding genes and their exon-intron structures.

In this study 15 sequences of different silicatein gene fragments (3-6 exones, 3-5 intrones) of 7 endemic and cosmopolitan sponge species (*B. intermedia*, *B. fungiformis*, *L. baikalensis*, *L. incrustans*, *Swartschewskia papyraceae*, *Ephydatia muelleri*, *E. fluviatilis* and *Spongilla lacustris*) were determined. All phylogenetic reconstructions were performed using neighbor-joining, maximum likelihood methods and Bayesian analysis. Phylogenetic analysis based of translated silicatein fragments of all known sequences (of marine and freshwater sponges) show that freshwater sponge silicateins authentically differ from marine group making separate clade in witch break up into four clusters, corresponding to four silicatein isoforms. However several branches in freshwater clusters are still non-separated. Better result was obtained when exon-intron sequences were used for phylogenetic analysis. In this case not only clusters of the different silicatein isoforms were separated but also different species into these clusters. This result indicates that the most inter-species differences are take place into non-coding (intron) part of of silicatein genes. Further investigation of the silicatein genes sequences and structure gives a good promising for the development of molecular marker for the closely related sponge species identification.

DIVERSITY OF BACTERIA ASSOCIATED WITH LAKE BAIKAL SPONGES AND IDENTIFICATION OF POLYKETIDE SYNTHASE GENES IN SPONGE-DERIVED STRAIN *Pseudomonas fluorescens* 28Bb-06 Kaluzhnaya O., Terkina I., Itskovich V.

Лимнологический институт СО РАН ,3, Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия x-sun77@rambler.ru

Phylum Porifera consists of approximately 15,000 species inhabiting marine and freshwater environments. Although most sponges are found in the marine environment, an estimated 150 species populate freshwater habitats. Since sponges are filter feeders they make associations with great amount of microorganisms. Molecular ecological studies have suggested that a majority of sponge-associated microbes are uncultured. Investigation of cultured microorganisms derived from sponge communities is also important so far they can produce a novel bioactive metabolites. In recent years, a numerous studies have concerned to estimation of

microbial diversity and to detection of the ability of sponge-associated bacteria to produce different bioactive compounds, large number of which are polyketides. In contrast to marine sponges, freshwater-sponge microbial communities are poorly studied.

In present work for the first time the uncultivated bacterial diversity associated with the endemic baikalian sponge L. baicalensis was described employing 16S rRNA gene library construction, restriction fragment length polymorphism (RFLP) and phylogenetic analysis. Primers specific for bacteria 16S rRNA (9F and 1525R) yielded a band of the expected size of 1500 bp; combined PCR products were cloned into the vector pTZ57R/T (Fermentas), yielding 230 independent clones. A total of 102 bacterial clones were subjected to RFLP-analysis, resulting in 22 restriction patterns. One clone from each group was randomly chosen for sequencing. The BLAST and phylogenetic analyses indicate abundant bacterial diversity in sponge L. baicalensis. About 36% of sponge-derived microbial sequences were related to Actinobacteria (n = 8), which is a potential resource for drug research. Clones affiliated with alpha-Proteobacteria (n = 4), beta-Proteobacteria (n = 4), Verrucomicrobia (n = 4), Bacteroidetes (n = 1) were also observed. Cultivation of bacteria associated with baikalian sponges (L. baicalensis and Baikalospongia bacillifera) resulted in isolation of 85 strains, 30 of which were identified by microbiological and molecilar (16S rRNA) methods. Most of the strains analyzed were belong to phylums alpha-, gamma-Proteobacteria, Firmicutes and Actinobacteria. Strain Pseudomonas fluorescens 28Bb-06 was chosen for molecular screening to determine the presence of PKS genes. Four obtained KS-domain sequences shared 40-53% identity to each other at amino-acid level and 51-66% identity with PKS genes of different bacteria including producers of versiniabactin (Ybt; siderophore, virulence factor), rhizoxin (RhiA, antimitotic agent with anti-tumor activity), epothilone (EpoE; cytotoxic agent) and disorazol (DszA; inhibitor of tubulin polymerization). Low homology percent of obtained sequences with those published in GenBank may indicate that P. fluorescens 28Bb-06 is able to produce secondary metabolites not previously characterized. Our results revealed the high diversity of Lake Baikal sponge microbial community and potential ability of microorganisms associated with baikalian sponge to produce the novel bioactive compounds.

DIVERSITY OF POLIKETIDE SYNTHASE GENES ISOLATED FROM METAGENOMIC DNA SPONGE LUBOMIRSKIA BAICALENSIS

Kulakova N.V., Kaluzhnaya O.V., Itskovich V.B., Belikov S.I.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk 664033, Russia

<u>kulakova @lin.irk.ru</u>

Sponges are a rich source of various biologically active metabolites - polyketides synthesized by polyketide synthases (PKS) – large multienzyme complexes. Many of the detected polyketides with various biological activities – anticancer, antibacterial, and others, have been isolated from microorganisms associated with the sponge, but the freshwater sponges in this regard remain poorly understood. Lubomirskia baicalensis sponge was collected in Lake Baikal near Listvyanka from 10-15 m depth. Metagenomic DNA was analyzed by PCR and sequencing to identify PKS genes and nonribosomal peptide synthetase (NRPS) genes determining the synthesis of secondary metabolites and toxins. 18 sequences were obtained from PCR with degenerate primers specific for conservative regions of PKS genes, whereas with primers for PCR identification of NRPS A domain, no PCR product was detected.

An analysis of translated amino acids showed that all gene fragments were assigned to the modular PKS type I, widely represented in the bacterial community of a sponge. The analyzed sequences most closely clustered with members from groups of Cyanobacteria, Myxobacteria, Proteobacteria, Verrucomicrobia and unicellular green algae. Homology of amino acid sequences within the studied group was 35-99%, whereas homology with sequences taken from GenBank database did not exceed 70%. Phylogenetic analysis showed that half (9 of 18) of all sequences belongs to clade of PKS genes derived from Cyanobacteria, but only three sequences clustered with free-living coastal strain of *Synechococcus* sp. CC9311 with the high bootstrap. Some PKS sequences were found from Proteobacteria and Verrucomicrobia groups. One of sequences clustered with PKS obtained from genus *Methylobacterum* and *Beijerickia*, another sequence clustered with PKS from genus *Burkhoderia*, known for producing of different polyketides. Separate branch of unicellular green algae PKS included two of obtained sequences.

Analysis of obtained sequences indicates the great diversity of PKS genes in the metagenomic DNA L.b. and suggests the existence of a wide spectrum of secondary metabolites in freshwater sponge. Farther study is necessary to indicate and caracterized polyketides from baikalian sponges.

РАЗНООБРАЗИЕ ГЕНОВ ПОЛИКЕТИДСИНТАЗ, ИЗОЛИРОВАННЫХ ИЗ МЕТАГЕНОМНОЙ ДНК ГУБКИ LUBOMIRSKIA BAICALENSIS

Кулакова Н.В., Калюжная О.В., Ицкович В.Б., Беликов С.И.

Лимнологический институт СО РАН ,3, Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Губки являются богатым источником различных биологически активных веществ - поликетидов, синтезируемых поликетидсинтазами (ПКС) - большими мультиферментными комплексами. Многие из обнаруженных поликетидов с различной биологической активностью – антираковой, антибактериальной и др., были выделены из микроорганизмов, ассоциированных с губкой, однако пресноводные губки

остаются в этом отношении малоизученными. Губка *Lubomirskia baicalensis* (L.b.) была собрана в озере Байкал рядом с поселком Листвянка с глубины 10-15 метров. Метагеномная ДНК губки проанализирована с помощью ПЦР и секвенирования с целью идентификации генов ПКС и нерибосомальных пептидсинтаз (НРПС), определяющих синтез вторичных метаболитов и токсинов. С помощью ПЦР с использованием вырожденных праймеров, специфичных консервативным участкам генов кетосинтаз, были получены 18 последовательностей, тогда как с праймерами для идентификации А домена НРПС, ПЦР-фрагментов получить не удалось.

В результате анализа транслированных аминокислот все исследованные фрагменты генов были отнесены к модулярным ПКС первого типа, широко представленными в бактериальном сообществе губки. Проанализированные последовательности наиболее близко кластеризуются с представителями групп Cyanobacteria, Myxobacteria, Proteobacteria, Verrucomicrobia и однокленточными зелеными водорослями. Гомология аминокислотных последовательностей внутри исследованной группы составила 35-99%, тогда как гомология с последовательностями, взятыми из базы данных GenBank не Филогенетический анализ показал, что половина (9 из 18) из всех превышала 70%. последовательностей кластеризуется с генами ПКС, полученными из цианобактерий, однако только три последовательности образуют кластер с хорошей достоверностью и наиболее близки к прибрежному, свободноживущему штамму Synechococcus sp. CC9311. Также обнаружены ПКС из групп Proteobacteria Verrucomicrobia. Одна из исследованных последовательностей образует кладу с ПКС, И изолированными из родов Methylobacterium и Beijerinckia, другая объединяется с ПКС рода Burkholderia, из представителей которого были получены поликетиды с различной биологической активностью. Отдельную ветвь образуют ПКС одноклеточных зеленых водорослей, куда вошли две из исследованных последовательностей.

Анализ полученных последовательностей указывает на большое разнообразие генов ПКС в метагеномной ДНК L.b. и позволяет предположить наличие широкого спектра биологически активных веществ в пресноводных губках, поиск и характеристика которых остается задачей дальнейших исследований.

GENETIC STRUCTURE AND RELATIONSHIPS BETWEEN POPULATIONS OF SIBERIAN PIDSCHIANS Luczynski M.*, Mamontov A.M.**, Yakhnenko V.M.**

^{*}Department of Environmental Biotechnology, University of Warmia and Mazury, Sloneczna 45G, 10-718, Olsztyn, Poland ^{**} Lymnological Institute SB RAS, Ulan-Batorskaya, 3, 664033 Irkutsk, Russia

Twelve samples Siberian whitefish from Lakes: Baikal, Labaz, Tsipo-Tsipikanskaya system and Rivers: Upper Angara, Barguzin, Lena have been investigated. The fishes are subdivided into the lacustrine, riverine and lacustrine-riverine, densely and sparsely gillrakered, generative riverine and generative lacustrine, plancthivore and benthivore, with autumn or spring spawning forms. Fishes have been identified on morphological and biological characteristics. Allele frequence data were derived from the electrophoretic separation of the enzyme products of 33 genetic loci. There are often more genetic differences among sympatric populations or ecomorphological groups of populations than among geographically remote forms. It is connected with dwelling division of whitefishes on pelagic and benthic and different ecology of spawning. Siberian whitefish from Lake Labaz was formed as a result of local adaptation to the conditions of cold water body which was preserved as a pre-glacial refugium during the last Pleistocene glaciation. Distribution of loci on region reflects possible related relationships of whitefishes.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И ВЗАИМООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ СИГАМИ-ПЫЖЬЯНАМИ СИБИРИ Люцинский М.*, Мамонтов А.М.^{**}, Яхненко В.М.^{**}

Department of Environmental Biotechnology, University of Warmia and Mazury, Sloneczna 45G, 10-718, Olsztyn, Poland

^{**} Лимнологический институт СО РАН, 3, Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Исследовано 12 выборок сигов-пыжьянов из озер: Байкал, Лабаз, Ципо-Ципиканских и рек: Верхняя Ангара, Баргузин, Лена. Рыбы представлены озерными, озерно-речными и речными, много- и малотычинковыми, генеративно-речными и генеративно-озерными, планкто- и бентоядными формами с осенним и весенним нерестом. Рыбы были идентифицированы по морфологическим и биологическим признакам. Данные по частотам аллелей были получены с помощью электрофоретического разделения 33 генетических локусов. Наибольшие генетические различия выявлены между симпатрическими популяциями или эколого-морфологическими группами, в отличие от географически отдаленных форм. Это связано с подразделением сигов на пелагические и бентические формы и разной экологией нереста. Сиг-пыжьян из озера Лабаз был сформирован в результате местной адаптации к условиям холодного водоема, который был сохранено как доледниковый рефугиум во время последнего Плейстоценового оледенения. Распределение локусов по региону отражает возможные взаимоотношения сигов.

STUDY OF INTRASPECIFIC GENETIC POLYMORPHISM IN SAND SCULPINS AND STONE SCULPINS Madyarova Ye.V., Teterina V.I., Sukhanova L.V., Yakhnenko V.M., Bogdanov B.E., Kiril'chik S.V.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk 664033, Russia

<u>madyarova@lin.irk.ru</u>

Baikalian Cottoidei or sculpins is a fishes group comprising three families represented mainly by endemic forms. The sculpins are noticeable by rapid evolution rates and can be a good model for studies of speciation processes. To study intraspecific genetic polymorphism, we selected representatives of two species of Baikalian scilpins: sand sculpin (*Leocottus kesslerii*, Dybowski, 1874) and stone sculpin (*Paracottus knerii*, Dybowski, 1874).

Both species inhabit a littoral zone. Stone sculpins are associated with stony grounds and conduct near-bottom life. Sand sculpins prefer sandy grounds and have pelagic larvae. Stone and sand sculpins are unique representatives of Baikalian Cottoidei the areal of which is not limited by lake territory.

To study population structure of the species, we have used nucleotide sequences of mitochondrial gene of Cytochrom B and polymorphism of micro-satellite DNA.

The analysis of obtained data on mitochondrial gene of cytochrom B in stone sculpins revealed subdivision of the species at least into three groups: southern, north-western and eastern. The micro-satellite analysis confirmed the subdivision of stone sculpins into southern, north-western and eastern populations and allowed to find smaller island population.

The polymorphism level in stone sculpins population and the distribution of haplotypes of cytochrom B gene by fetching allows to suppose that colonization of stone sculpins in the lake started from the Southern basin of Lake Baikal.

Data analysis both by nuclear and by mitochondrial marker of sand sculpins did not reveal any subdivision of this species in Lake Baikal. Thus, Baikalian population can be considered as panmixian one.

The difference in population structure of the species studied is explained by the availability of pelagic larvae in the ontogenesis of sand sculpins, while stone sculpins at all the stages of their development conduct near-bottom life.

This study was supported by RFBR, Projects NoNo 05-04-49003-a, 06-04-63150-k.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВНУТРИВИДОВОГО ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОЛИМОРФИЗМА ПЕСЧАНОЙ И КАМЕННОЙ ШИРОКОЛОБОК Мадьярова Е.В., Тетерина В.И., Суханова Л.В., Яхненко В.М.,

ярова Е.Б., Тетерина Б.и., Суханова Л.Б., Яхненко Б. Богданов Б.Э., Кирильчик С.В.

Лимнологический институт СО РАН, 3, Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Байкальские коттоидные или рогатковидные – это группа рыб, включающая в себя три семейства, состав которых представлен в основном эндемичными формами. Рогатковидные рыбы примечательны быстрыми темпами эволюциями и могут служить хорошим модельным объектом для исследования процессов видообразования. Для изучения внутривидового генетического полиморфизма были выбраны представители двух видов байкальских рогатковидных рыб: песчаная широколобка (*Leocottus kesslerii*, Dybowski, 1874) и каменная широколобка (*Paracottus knerii*, Dybowski, 1874).

Оба вида обитают в литоральной зоне. Каменная широколобка приурочена к каменистым грунтам и ведет придонный образ жизни. Песчаная широколобка предпочитает песчаные грунты и имеет пелагическую личинку. Каменная и песчаная широколобки единственные представители байкальских коттоидных рыб ареал обитания которых выходит за пределы озера.

Для исследования популяционной структуры видов использовали нуклеотидные последовательности митохондриального гена цитохрома Б и полиморфизм микросателлитной ДНК.

Анализ полученных данных по митохондриальному гену цитохрома Б каменной широколобки выявил подразделеннось вида как минимум на три группы: южная, северо-западная и восточная. Микросателлитный анализ подтвердил подразделенность каменной широколобки на южную, северо-западную и восточную популяции, а так же позволил обнаружить более мелкие, островные субпопуляции.

Уровень полиморфизма популяций каменной широколобки и распределение гаплотипов гена цитохрома Б по выборкам позволяет предположить, что расселение каменной широколобки в озере началось с южной котловины Байкала.

Анализ данных, как по ядерному, так и по митохондриальному маркеру песчаной широколобки не выявил какой-либо подразделенности вида в Байкале. Таким образом, байкальскую популяцию можно считать панмиксной.

Разница в популяционной структуре исследуемых видов объясняется наличием пелагической личинки в онтогенезе песчаной широколобки, в то время как каменная широколобка на всех стадиях своего развития ведет придонный образ жизни.

SOME FEATURES OF BAIKAL SPONGE MITOCHONDRIAL GENOME ORGANIZATION Maikova O.O., Belikov S.I.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

Idboo8@mail.ru

Sponge fauna in the Lake Baikal includes the families Lubomirskiidae and Spongillidae. The family Lubomirskiidae is endemic, and includes 4 genera and 13 species and 1 subspecies (Efremova, 2004). The taxonomy of freshwater sponges, in particular the Lubomirskiidae, is problematic and their phylogeny and evolution are not well understood. During the last years many scientists start to analyze the mitochondrial genome to solve of these issues. Moreover, recently the sequence of the mitochondrial genome of the Baikal sponge *Lubomirskia baicalensis* was determined (Lavrov, 2009). However, not only coding regions, but also the intergenic regions in mitochondrial genomes may provide significant data for understanding the taxonomic low level and evolution.

The nucleotide sequences of the intergenic regions (IGR) of the mitochondrial genome between the genes tRNA-Tyr – tRNA-Ile and tRNA-Ile – tRNA-Met of 20 sponges (10 species) from the family Lubomirskiidae and 6 sponges (3 species) from the family Spongillidae were determined. The length of these sequences ranging from 386 bp in *E. fluviatilis* (Spongillidae) to 980 bp in *L. fusifera* (Lubomirskiidae), which is associated with the presence of multiple indels. Fore sponges were chosen for the more detailed comparative analysis, representatives of all 4 genera the family Lubomirskiidae. An analysis of these sequences has shown many inverted repeats that form secondary structures. Some of these secondary structures were previously identified in *Lubomirskia baicalensis* by D.V. Lavrov (Lavrov, 2009). The IGRs of all analyzed Baikal sponge has A-T-rich regions localized before tRNA genes, which form a stable hairpin, similar in all sponges.

We have also found unknown open reading frame (ORF) between the tRNA-Tyr and tRNA-Ile genes of mitochondrial genome of sponges from the family Lubomirskiidae. This ORF encodes the putative protein which has the length to 67 aa. All amino acid sequences possess the start ATG-codon (at position 28) and the stop-codons TAG or TAA at the different positions. Despite the different length of putative protein, it has 21 amino acids conservative region at the N-end, which is the part of putative transmembrane domain.

Our study showed that increasing the size of intergenic regions of the mitochondrial genome of the Baikal sponge occurs not only due to the insertion of direct and inverted repeats, but also due to presents the open reading frames. Thus the Baikal endemic sponges differ from cosmopolitan sponges in there features of the mitochondrial genome organization.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ МИТОХОНДРИАЛЬНОГО ГЕНОМА БАЙКАЛЬСКИХ ГУБОК Майкова О.О., Беликов С.И.

Лимнологический институт СО РАН ,3, Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Спонгиофауна в Байкале представлена семействами Lubomirskiidae и Spongillidae, при этом Lubomirskiidae является эндемичным, и включает в себя 4 рода и 14 видов (Ефремова, 2004). The taxonomy of freshwater sponges, in particular the Lubomirskiidae, is problematic and their phylogeny and evolution are not well understood. В последнее время проведен ряд исследований, направленных на решение данных вопросов с использованием мтДНК. Более того, недавно определена последовательность митохондриального генома байкальской губки *Lubomirskia baicalensis* (Lavrov, 2009). В настоящее исследование некодирующих районов мтДНК губок представляет большой научный интерес, поскольку до сих пор неизвестен механизм регуляции репликации и транскрипции (Lada Lukic-bilela et. al., 2008).

Мы определили нуклеотидные последовательности фрагмента митохондриального генома, включающего два высоко вариабельных участка между генами тРНК-Туг и тРНК-Меt, разделенные reном тРНК-Ile. Из 28 проанализированных образцов губок, 6 относятся к космополитному семейству Spongillidae и 22 – к байкальскому семейству Lubomirskiidae. Длина амплифицированных последовательностей варьирует от 386 пн у *E. fluviatilis* (Spongillidae) до 980 пн у *L. fusifera* (Lubomirskiidae), что связано с присутствием множественных делеций/вставок. В результате сравнительного анализа байкальских губок с космополитными показано наличие множества инвертированных повторов у представителей семейства Lubomirskiidae. Инвертированные повторы образуют шпильки, количество которых варьирует у разных губок. У всех проанализированных байкальских губок межгенные районы tRNA-Y – tRNAI – tRNA-M имеют консервативные A-T-богатые области перед генами тPHK, которые образуют стабильные шпильки, схожие у всех губок. Некоторые из этих шпилек были ранее идентифицированы у *Lubomirskia baicalensis* Лавровым.

У всех исследуемых губок в некодирующей области между генами тРНК-Туг и тРНК-Ile обнаружена ORF, которая начинается у всех последовательностей с кодона ATG в позиции 28, заканчивается кодоном TAG. Длина предполагаемого белка варьирует от 39 до 74 аминокислот, при этом наблюдается консервативный блок в 21 аминокислоту с N-конца.

CHROMATIN ELIMINATION IN AMPHIPODS (CRUSTACEA, MALACOSTRACA) Natyaganova A.V., Klimenkov I.V., Khanaev I.V.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia avn61@mail.ru

Chromatin elimination (diminution) is reorganization of genomes organisms at which a part of chromosomal material is removed from cellular nuclei to the cytoplasm. This phenomenon is detected in several groups of organisms at first stages of their embryogenesis; it is supposed that this is appropriate to numerous eukaryotes (Grishanin et al., 2006). During this process not only chromosomal fragments, but also whole chromosomes and even their sets can delete from cellular nuclei. Molecular genetic studies showed that eliminated material is enriched by non-coded repeated DNA sequences and represents a supercompact chromatin (heterochromatin). Biological significance of chromatin diminution is unclear, but, according to some suppositions, its role in organisms' development can be diverse: for the regulation of gene activity, for sex differentiation, for interspecies isolation, etc. (Grishanin et al., 2006). The purpose of this communication - provide the first data on the chromatin elimination in embryogenesis in representatives of the higher crayfish - amphipods.

We studied two Baikal endemic species: a benthopelagic species *Polyacanthisca calceolata* Bazikalova, 1937 and a sponges inhabitant *Dorogostaiskia parasitica* (Dybowsky, 1874), as well as holarctic freshwater species *Gammarus lacustris* Sars, 1863 from Angara River. We used for cytological analysis light and electronic microscopy. The preparations were made from multicellular embryos (at gastrula stage), taken from females brood asks.

During the analysis of embryos of all the three species using light microscopy, we revealed in cytological preparations dense bodies of different sizes (1-6 mcm) which shone brightly at staining with a fluorescent, DNA-specific dye DAPI. These bodies are positioned either near or in a tight contact with interphase and dividing nuclei (Fig. 1a). Intensive staining while using C-method (test for heterochromatin) and observed the morphological interconnection of these bodies with cellular nuclei allow to consider them as granules of eliminated chromatin material. At electronic microscopy studies of preparations of embryos of G. lacustris in different regions of interphase nuclei, as well as in cells cytoplasm, we revealed electronically dense chromatin material as compact rounded lumps. Also found a deep protrusion of the compacted material, together with the nuclear membrane into the cytoplasm (Fig. 1, b). According to the classical concept of the mechanism of chromatin diminution, such chromatin body may in the course of cell division to remain outside the daughter nuclei. Besides, in nuclei matrix and in cytoplasm ring-shaped structure with the enlightened middle area are revealed, they are alike to fiber hanks of different size and density. Interestingly, these structures located out of the cell nucleus are always in a tight contact with mitochondrions. Probably, this particularly shaped nuclear material is also related to diminution process, as rings of chromatin filaments were observed at DNA elimination at some animals (Beerman, Gunther, 1980). Hence, our data show that chromatin elimination during embryogenesis can occur not only at first but at later stages (at gastrula stage).

For amphipods chromosomal sets, including Baikal species, the presence of supernumerary Bchromosomes as heterochromatin micro-bodies is characteristic (Salemaa, Kamaltynov, 1994). Somatic conjugation with formation of big heterochromatin granules is appropriate to B-chromosomes (Shcherbakov, 1967). On the base of this information and of our observations, we can suppose that not only chromosomal fragments, but also B-chromosomes can be eliminated material in amphipods. As in amphipods, including their Baikal representatives, sexual chromosomes are not revealed, one can suppose that chromatin diminution can determine their sexual differentiation. The observed cytological pictures of protrusion heterochromatin material in the interphase nuclei of embryos amphipods have high similarity with similar patterns of embryonic cells of plant hybrids. It is shown that they eliminated a different number of chromosomal materials of one of the parental genomes (Gernand et al., 2005). In this case, the diminution in the amphipods may indicate that the hybrid nature of their genetic material.

Studying of chromatin diminution in the taxonomically rich group of endemic Baikal amphipods (300 species) selected as models will allow understanding better molecular and cytological mechanisms of diminution genome reorganization and its biological significance.

The study is supported by RFBR grant No 09-04-00781. The authors thank Dr. in Biol. Sci. T.Ya. Sitnikova for provided samples of the species P. calceolata and Cand. In Biol. Sci. I. V. Mekhanikova for its taxonimoc identification.

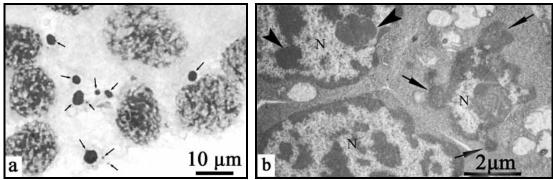


Fig. 1. Chromatin elimination in embryonic cells of amphipods. a – eliminated granules of chromatin among dividing nuclei in embryos of *D. parasitica* — light microscopy; b – chromatine granules inside interphase nucleus (shaped arrows) and protrusion of chromatin material from nucleus to the cell cytoplasm (simple arrows) at *G. lacustris*, N are cells nuclei, transmission microscopy (Элиминация хроматина в эмбриональных клетках амфипод. а – элиминированные гранулы хроматина среди делящихся ядер у эмбрионов *D. parasitica* – световая микроскопия; б – гранулы хроматина внутри интерфазного ядра (фигурные стрелки) и глубокое выпячивание хроматинового материала из ядра в цитоплазму клетки (простые стрелки) у *G. lacustris*, N – ядра клеток – трансмиссионная микроскопия).

ЭЛИМИНАЦИЯ ХРОМАТИНА У АМФИПОД (CRUSTACEA, MALACOSTRACA) Натяганова А.В., Клименков И.В., Ханаев И.В.

Лимнологический институт СО РАН, 3, Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Элиминация (диминуция) хроматина – реорганизация геномов организмов, при которой часть хромосомного материала удаляется из ядер в цитоплазму клеток. Это явление обнаружено в некоторых группах организмов на первых этапах их эмбриогенеза в ходе делений дробления оплодотворённого яйца и предполагается, что оно свойственно многим эукариотам (Гришанин и др., 2006). В ходе диминуции из клеточных ядер могут удаляться не только хромосомные фрагменты, но и целые хромосомы и даже их наборы. Молекулярно-генетическое изучение показало, что элиминируемый материал обогащён некодирующими повторяющимися последовательностями ДНК и представляет собой суперкомпактный хроматин (гетерохроматин). Биологическое значение диминуции хроматина не ясно, но, судя по высказанным предположениям, его роль в развитии организмов может быть разнообразной: для регуляции генной активности, дифференцировки полов, межвидовой изоляции и т.д. (Гришанин и др., 2006). Цель настоящего сообщения – представить первые данные об элиминации хроматина в эмбриогенезе у представителей высших ракообразных – амфипод.

Объектами исследования были два байкальских эндемичных вида: бентопелагический вид *Polyacanthisca calceolata* Bazikalova, 1937 и обитатель губок *Dorogostaiskia parasitica* (Dybowsky, 1874), а также голарктический пресноводный вид *Gammarus lacustris* Sars, 1863 из р. Ангара. Для цитологического анализа использовали методы световой и электронной микроскопии. Препараты изготавливали из многоклеточных эмбрионов (на стадии гаструлы), взятых из выводковых камер самок.

В ходе анализа эмбрионов всех трёх видов с помощью методов световой микроскопии на цитологических препаратах выявлены плотные тельца различных размеров (1-6 мкм), ярко светящиеся при окрашивании флуоресцентным ДНК-специфическим красителем DAPI. Эти тельца располагаются либо рядом, либо в тесном контакте с интерфазными и делящимися ядрами (Fig. 1, а). Интенсивная окрашиваемость при С-методе (тест на гетерохроматин) и наблюдаемые картины морфологической взаимосвязи этих телец с ядрами клеток позволяют расценивать их как гранулы элиминируемого хроматинового материала. При электронно-микроскопическом исследовании препаратов эмбрионов G. lacustris в разных участках их интерфазных ядер, а также в цитоплазме клеток выявлен электронноплотный хроматиновый материал в виде компактных округлых образований. Обнаружены также картины глубокого выпячивания этого уплотнённого материала вместе с ядерной мембраной в цитоплазму (Fig 1, b). Согласно классическому представлению о механизме диминуциии хроматина, такие, вынесенные на периферию кариосферы, хроматиновые тела в ходе деления клеток могут остаться за пределами дочерних ядер. Кроме того, в матриксе ядер и в цитоплазме выявлены кольцевидные структуры с менее электронноплотной срединной областью, напоминающие различные по размеру и плотности мотки нитей. Интересно, что эти структуры, расположенные за пределами ядер, всегда имеют тесный контакт с митохондриями. Возможно, и этот особым образом оформленный ядерный материал также имеет отношение к диминуционному процессу, поскольку кольца из нитей хроматина наблюдали при элиминации ДНК у некоторых животных (Beerman, Gunther, 1980). Таким образом, наши данные показывают, что элиминация хроматина в эмбриогенезе эукариот может происходить не только в период дробления яиц, но и на более поздних этапах.

Для хромосомных наборов амфипод, в том числе байкальских видов характерно присутствие сверхчисленных В-хромосом в виде гетерохроматиновых микротелец (Salemaa, Kamaltynov, 1994). В ядрах некоторых организмов В-хромосомы могут объединяться и формировать крупные гетерохроматиновые глобулы (Щербаков, 1967). Основываясь на этих сведениях и наших наблюдениях

можно предположить, что у амфипод в качестве элиминируемого материала могут выступать не только хромосомные фрагменты, но и В-хромосомы. Поскольку у амфипод, в том числе и у байкальских представителей не выявлены половые хромосомы, то не исключено, что диминуция хроматина может предопределять их половую дифференцировку. Наблюдаемые цитологические картины выпячивания гетерохроматинового материала в интерфазных ядрах эмбрионов амфипод имеют высокое сходство с аналогичными картинами из эмбриональных клеток растительных гибридов. Показано, что в них элиминируется различное количество хромосомного материала одного из родительских геномов (Gernand et al., 2005). В этом случае диминуция у амфипод может свидетельствовать о гибридной природе их генетического материала.

Изучение феномена диминуции хроматина в таксономически богатой группе эндемичных амфипод Байкала (более 300 видов), взятых в качестве модельных объектов, позволит глубже понять молекулярные и цитологические механизмы диминуционной реорганизации геномов и её биологическое значение.

Исследование поддержано: грантом РФФИ № 09-04-00781. Авторы благодарят д.б.н. Т. Я. Ситникову за предоставленные образцы вида Р. calceolata и к.б.н. И. В. Механикову – за его таксономическое определение.

THE GEOGRAPHY OF PROCESSES OF DIFFERENTIATION OF NORTHERN MONGOLOIDS, CAUCASOIDS AND ANCESTORS OF AMERICAN INDIANS Nazarova A.F.

A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, 33, Leninskij ave., Moscow 119071, Russia <u>afnazar@yandex.ru</u>

We were distinguished the Caucasoids frequencies of genes of blood proteins and enzymes in populations of Altaians. The matrix of genetic distances of 28 alleles of 12 loci of proteins, enzymes and blood groups of 11 populations of Europe, Asia and America, and than the matrix of genetic distances of 55 human populations of Europa, Asia, America Africa and Oceania were calculated. On data of these matrixes we constructed the evolutional dendrogrammes. From this dendrogrammes we suggested that Caucasoids were differentiated with North Mongoloids and Amerinds from Ancient Asiatic population while Middle Palaeolithic in region of Altay and in neighbour regions. The investigations of mitochondrial DNA polymorphism are supported our hypothesis about paleoasiatic origin of North Mongoloids, Caucasoids and Amerinds. The haplogroups of mitochondrial DNA of different human populations of Eurasia and America were marked the way of ancient tribes in their Palaeolithic migrations on map constructed by us.

The data of Russian anthropologists also supported Palaeoasiatic origin of Caucasoids, for example the distribution of frequencies of supraorbital canals in different human populations. Russian scientists decoded the petroglifs near Baikal Lake as ancient inscription. This inscription marked the holy plases of the goddess Amaterasu who belonged to the pantheon of ancient inhabitants of Nothern Asia (Siberia) who were ancestors both of the Shumers and the Khetts (ancient Caucasoids) as well as the Japanese (Mongoloids). There were anthropological data about inhabitance of Caucasoids in Northern Asia (Siberia) in palaeolithic. The forehead bone of Caucasoid dated 28 000 years ago was discovered near Krasnoyarsk (Buzhilova et al., 2008), and bone of neoanthropos dated 43 000 years ago was discovered near Tobolsk (Kuzmin et al., 2009).

So, as biological data – genetical, anthropological, paleozoological, as archeological and linguistic data suggested our hypothesis about that Caucasoids of Europa and Asia, and Northern Mongoloids and ancestors of American Indians were haven as center of their differentiation Northern Asia (South Siberia). Those populations arrived to places their modern inhabitance after many thousand years of migration.

ГЕОГРАФИЯ ПРОЦЕССОВ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ СЕВЕРНЫХ МОНГОЛОИДОВ, ЕВРОПЕОИДОВ И ПРЕДКОВ АМЕРИКАНСКИХ ИНДЕЙЦЕВ Назарова А.Ф.

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, 33, Ленинский проспект, Москва 119071, Россия

Вычислена матрица генетических расстояний 11 человеческих популяций Европы, Азии и Америки по 28 аллелям 12 локусов белков, ферментов и групп крови. Построенная по этой матрице дендрограмма показала определенное родство европейских и североазиатских народов, а также американских индейцев. Вычисленная нами матрица генетических расстояний 55 человеческих популяций и построение микроэволюционной дендрограммы этих популяций, принадлежащих к 4-м большим человеческим расам, подтвердили это родство. Сопоставление этих данных с общими гаплогруппами митохондриальной ДНК у европейцев, алтайцев и американских индейцев позволило нам предположить о присхождении указанных этносов из одной предковой азиатской палеолитической популяции. Антропологические данные о распределении частот надглазничных каналов черепа человека и расшифровка забайкальских петроглифов как древнейшей письменности подтверждают нашу гипотезу. Недавно получены антропологические доказательства нахождения европеоидов в Северной Азии (Сибири) в палеолите: под Красноярском обнаружена лобная кость европеоида, датированная около

28 000 лет назад (Бужилова с соавт., 2008), а в районе Тобольска найдена кость ноги неоантропа, датированная 43 000 лет назад (Kuzmin et al., 2009).

Таким образом, как биологические данные – генетические, антропологические, палеозоологические, так и археолого-лингвистические – говорят о том, что европеоиды Европы и Азии, так же, как северные монголоиды и предки американских индейцев, имели центром своей дифференциации регион Северной Азии (Южную Сибирь), и попали в места своего нынешнего пребывания в результате многотысячелетней миграции.

REPEATED UNIDIRECTIONAL INTROGRESSION OF NUCLEAR AND MITOCHONDRIAL DNA BETWEEN FOUR CONGENERIC TANGANYIKAN CICHLIDS

Nevado B., Fazalova V., Backeljau T., Hanssens M. and Verheyen E.

Royal Belgian Institute of Natural Sciences, 29, r. Vautier, Brussels 1000, Belgium bruno.nevado@naturalsciences.be

With an increasing number of reported cases of hybridization and introgression, interspecific gene flow between animals has recently become a widely accepted and broadly studied phenomenon. In this study we examine patterns of hybridization and introgression in Ophthalmotilapia spp., a genus of cichlid fishes from Lake Tanganyika, using mitochondrial and nuclear DNA from all four species in the genus, and including specimens from over 800 kilometers of shoreline. To this dataset we apply a range of phylogenetic and population genetics tools, complemented with analysis of simulated datasets under different scenarios of isolation and gene flow between diverging species. We show that several populations of the widespread O. nasuta are more closely related to sympatric populations of other, more spatially restricted species (O. boops and O. ventralis) than to conspecific but allopatric populations. This pattern originated by repeated and independent episodes of genetic exchange in different parts of the lake, with unidirectional introgression occurring into O. nasuta. Our analysis rejects the hypotheses that unidirectional introgression is caused by natural selection favoring heterospecific DNA, to skewed abundances of Ophthalmotilapia species, or to hybridization events occurring during a putative spatial expansion in O. nasuta. Instead, cytonuclear incompatibilities or asymmetric behavioral reproductive isolation (sexual selection) seem to have driven repeated, unidirectional introgression of nuclear and mitochondrial DNA into O. nasuta in different parts of the lake. Thus, while a species' distribution range creates the possibility of hybridization, it does not account for the prevalence of unidirectional introgression, which instead seems rather dependent upon individual characteristics of the species involved.

IDENTIFICATION OF P-GLYCOPROTEIN GENE SEQUENCE OF PALEARCTIC AMPHIPOD SPECIES GAMMARUS LACUSTRIS SARS

Pavlichenko V.V.****, Luckenbach T.***, Axenov-Gribanov D.V.****,

Protopopova M.V.*, Timofeyev M.A.***

^{*} Irkutsk State University, 5, Sukhe-Batora st., Irkutsk 664011 Russia

** Baikal Research Centre, Irkutsk, 5, Karl Marx st., Irkutsk 664003, Russia

*** Helmholtz center for environmental research – UFZ, 15, Permoserstraße, Leipzig 04318, Germany vpavlichenko@gmail.com

Due to the increasing economic activities entering of xenobiotics in to water bodies regulary happens. Therefore accumulation of xenobiotics in aquatic organisms increases also, that causes damage of cells and mutations. This problem is especially actual for the aquatic organisms as their ability to life highly depends on the environment conditions.

To cope with the negative influence of xenobiotics in all organisms the detoxication mechanisms were developed. The majority of organisms possess the mechanism of multixenobiotic resistance (MXR), which activates when the xenobiotic penetrates in to their cells. In a basis of this nonspecific process is activity of the protein P-glycoprotein. P-glycoprotein multidrug transporter removes from cells the diversified substances.

This investigation directs to the study of P-glycoprotein gene expression. For this case evolutionary conserved part of the genes coding P-glycoprotein was identified by a PCR screening, using degenerated primers based on the known sequences from related invertebrates. The PCR products were cloned, sequenced, and aligned to these start sequences known from the databases. As housekeeper for Real-time PCR was chosen actin gene. All procedures for determination of the actin sequences were the same as for P-glycoprotein. The aim of this project is to evaluate the P-glycoprotein multidrug transporter activity as stress biomarker in common Palearctic (European) species. Levels of synthesis P-glycoprotein and the deducing activity will be estimated in normal conditions, at presence of toxicant – chloride cadmium, and also at change abiotic characteristics of environment - temperature and oxidative stresses.

Gammarus lacustris Sars, 1863, is Palearctic species of amphipods which is the typical representative of species-cosmopolitans. Inhabits both freshwater and salty reservoirs in North America, Europe, Asia, Japan, Far East of Russia with the big variety of conditions. Palearctic species *G. lacustris* was collected in the small lake in Bolyshie Koty settlement (2 km from the shoreline of Lake Baikal). The sampling was done by hydrobiological nets.

Total RNA were isolated from the undifferentiated tissue of amphipods by using standard procedure with TRIZOL Reagent. The RNA-isolation samples were cleaned from the genomic DNA by DNase (Roch). Reverse transcription (RT) was performed using reverse transcriptase (Promega). The cDNA fragments encoding the Pglycoprotein and actin were amplified by PCR amplification. Oligonucleotide degenerative primers for the Pglycoprotein and actin were designed from multiple alignment of homologous sequences of crustaceans and an forward P-glycoprotein: GCCAATGCACACGAYTTYATC, reverse insects. Primers for GCDATKGCDATMCKYTGYTTCTGVCCDCC. Primers for actin: forward GGGGAGTACGACCCGGCCGTCC, reverse - CCCCAACGATGGCGAGTACGACCCG. The PCR products were injected into a 2.1 plasmid vector (Invinrogen) using the T4 DNA ligase. The ligation products were cloned in the E.coly competent cells. The sequences were made in the Helmholtz center for environmental research -UFZ (Leipzig, Germanv).

The obtained initial 88 bp sequence of P-glycoprotein gene for *G. lacustris* was extended by using special SmarterRACE kit (Clontech) in both 5' and 3' directions up to 2061 bp. On the 3'-end the polyA tail was detected.

The obtained partial sequences of P-glycoprotein and actin genes for *G. lacustris* are presented further: P-glycoprotein:

5'-CTAATACGACTCACTATAGGGCAAGCAGTGGTATCAACGCAGAGTACATGGGCGCCTTCGTCTACAGCGAT

CTCGAGATCAATATCACGGGAAATCGCGGCGCGCAGCTTAACAAGAGCGAAGACTACGTGAACGCGACTATCCAGGACAAC ATGCCGGGTGACTTCTTCACGCAGGTGGTGCGGTTTGGGGCCGGGGACGGCCATCATAGGAGGCATACAACTCCTCAC TGGATACGTCTTCGTGACGTGCCTCAACTACGCCGCTGAAGGGCAGGTCCACCGCATCCGCACCCAGTTCCTGCGCG CCACCATGCGGCAGGAGATGGGCTGGTTCGATACGCGCAAGACCAACGACTTCGCCTCGAAAGTTACCGAAGACCTT AACAAACTCCAAGAAGGCATTGGAGAGAAGATCGGAATGTTTGTGTTCTTTTCGTGACGTTCATTGCTAGCCTGATCA ACGCGTTCGTCCACGGCTGGGAGCTCACGTTGGTCATCATGTCTGTGTTCCCTCTGCTGGCCATCACCACCGGCGTCA TGGCAAAGATCCAATCCTCGCTGACATCTCGCGAGATGGCAGAGTATGCCAAGGCGGGCAGTATCGCAGAGGAGGTC ATGGGGGGCATCCGTACTGTGCTAGCCTTCGGGGGGGCAGGAAAAGGAGGTTATGAGGTACGAGAGCAATCTTATCCA CGCTCGCACTGCGGGTATCAAACGAGGCCTGTTTACGGGCATCAGCATGGGGCTAGTGTGGCTCATCATCTACGCCT CCTACTCCATCGCCTTCTGGTACGGCAGCGGTCTCATCATCGAGTCTCGTTACCCCAACGATGGCGAGTACGACCCGG CCGTCCTCATCGTCGTCTTCTTCAGCGTGTTGATGGGCGCGATGAACATGGGTCAGGCGGCACCGTTTATGGAGGCAT TCAACGTCGCGCGAGGGGGGGCGCCCAACGTGTATGAGGTGCTGGAGCGCCAGTCGCTCATAGACCCGTACTCTGA GGAAGGAATCAGGCCAAAGGATACCAACGGCTTTATTGAGTTCCGTGACGTGCACTTTAGCTACCCTTCGCGGCCCGA CGTCAAGGTTTTGCAGGGCTTGAATCTGCAGGTGCGGCCGGGCCAGACTGTTGCCCTTGTTGGCTCCTCGGGCTGTG GCAAATCGACGTGTGCGCGCTGATGCAGCGCTTTTACGACACCGCAAGCGGCTCTGTGTTGCTGGACTCTGTGGACC TACGCGAGCACAACATCGGTTGGCTGAGGGACCAGGTTGGCGTGGGGGACAGGAACCTGTGCTCTTCGCCACAACC ATCGAGAACAACATTAGGTACGGAAGGGACGGCCTCAGCTTCGACCAGGTAGTAGCTGCTTCCAAAGAAGCCAACGC GCACGATTTCATCATGAAGATGCCAATGCAATACCAGACCCAGGTTGGTGAGCGGGGCTCACAAATGTCAGGCGGACA GAAGCAGCGCATCGCCATCGCTCGAGCCCTGGTGAAGCAACCAAGAATACTGCTGCTCGATGAGGCTACTTCAGCGC TCGACAACCAGAGCGAAGCAGTGGTGCAGAATGCGCTCGATAAGGCACGACAGGGCCGCAGTACCATCATCGTCGCC CACCGCCTCACCATCCGCAGTGCAGACCTGATCGTGGCGATGCAGGATGGTCGTGCCGTTGAGATGGGCACTCA CGAGCAGCTGATGGTGAAGCACGGCCTCTACCACTCCCTCGTCACTGCACAGGTTGCACCCATTGACAGGAAGAGCG TCATCCACGAAGAGGTCTCGGCCGGCTCCGAGTACGAGACGGCGCCTGAGCTAGAGCAGCAGGACATCCTGGAGGA GCTGACGAATGCTGCTCCCATGGCGCTAGCCAGGGTGCCTTCGAGGCGCTCCACGAGAAGGCGACGCACCTCGTCC AAAAAAAAAAAGTACTCTGCGTTGATACCACTGCTTGCCCTATAGTGAGTCGTATTAGA-3'

The obtained sequence is a first genetic data about P-glycoprotein gene structure for *Gammarus lacustris*. According to the obtained sequences new working qPCR primer's pairs to P-glycoprotein and actin cDNA were designed. The obtained results can be used for the studying of gene-expression of P-glycoprotein of Palearctic amphipods *G. lacustris*.

G. lacustris is a widespread Palerctic species and common species for biotest studies. The data about P-glycoprotein activity under the influence of different stressors for *G. lacustris* can be used in the intoxication risk studies and toxicity assessments.

Acknowledgments: This research was partially supported by grants of RFBR 09-04-00398-a, 08-04-00928, 10-04-00611-a, 10-04-92505-ИК-a, AVCP "Vysshaya shkola" 2.1.1/982, Federal Target Program"Research and Training Specialists in Innovative Russia, 2009-2013", grant of President MK-351.2009.4, grant for PhD students and young scientists of Irkutsk State University № 111-09-003/A7.

GENETIC DIFFERENTIATION OF OMUL AND LACUSTRINE WHITEFISH (COREGONUS SPP.) OF LAKE BAIKAL BY ALLOZYME LOCI BY MULTIVARIATE ANALYSIS Politov D.V. *, Gordon N.Yu. *, Mamontov A.M. **

* Vavilov Institute of General Genetic RAS, Gubkin st., 3, GSP-1, Moscow, Russia

^{**} Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk 664033, Russia <u>gordon@vigg.ru</u>

The problem of status and relationships of coregonid fishes of Lake Baikal is one of the most disputable in the literature on this group. Currently all three forms of Baikalian Coregonus species (omul C. migratorius, lacustrine whitefish C. lavaretus baikalensis and riverine-lacustrine whitefish C. lavaretus pidschian natio baicalensis are considered to be members of a single clade putatively close to ancestral lineage in the genus evolution. In this study we present data on polymorphism observed in Baikal omul and lacustrine whitefish by a number of allozyme loci and results obtained based on this data by multivariate analysis of frequency data. Genetic analysis was performed by using in total 32 allozyme loci 8 of which (including isoloci) were selected for comparative analysis (G3PDH-1*, IDH-4*, MDH-3,4*, MEP-1,2*, PGDH* and PGM-2*). Differences in allelic composition concerned just few loci, and in general were related to frequency changes. In contrast to omul, in lacustrine whitefish no polymorphism was revealed at G3PDH-1*, PGDH*, and isoloci MDH-3,4*, while in omul MEP-1,2* was monomorphic. Higher frequency of IDH-4*7 allele was observed in omul (0-0,125 against 0,333 in whitefish). Multi-locus comparison was performed by Principal Component Analysis (PCA) made on a matrix of individual genotypes coded as frequency data (Reist et al., 1992, Politov et al., 2002). PCA showed that most individuals cluster according to their species diagnoses, however, some small area of overlapping also takes place. One individual from Zagli Bay had phenotype similar to lacustrine-riverine whitefish but carried allelic combination typical for lacustrine whitefish. An individual from locality Enhaluk genetically was characterized as a lacustrine whitefish that supported preliminary morphological diagnosis. Other fish from Enhaluk sample morphologically looked as backcrosses (lacustrine-riverine whitefish x omul) x omul, and genetically can be referred to as omul. In general, we can conclude that the employed method proved its efficiency in discriminating the studied sympatric Baikalian forms and hybrids of Coregonus. Low level of divergence was observed among Baikal omul and Baikal lacustrine whitefish which are considered as good species fully reproductively isolated since the first one spawns in Baikal Lake tributaries while the second - in the lake itself. Our data support earlier data obtained by allozyme analysis (Mamontov, Yakhnenko, 1998; Yakhnenko et al., 1998; Politov et al., 2000, 2002, 2007; Baldina et al., 2007), mtDNA (Politov et al., 2000, 2007; Sukhanova et al., 2002) and nuclear ribosomal genes (Sukhanova et al., 2004) about their relatively recent putatively sympatric origin from a common ancestor. Therefore, Baikal omul and Baikal lacustrine whitefish cannot be attributed to species they were traditionally belonged to (C. autumnalis and C. lavaretus, correspondently), and not even closely related to these species. Baikal Lake corregonids form well separated, putatively ancient and close to ancestral for the genus Coregonus evolutionary lineage.

The study is supported by Russian Foundation for Basic Research grant 10-04-01757-a, by Programs of Fundamental Research by Presidium of RAS "Biodiversity' (Genetic Diversity and Gene Pools') and 'Biosphere Origin and Evolution of Bio-Geoecological Systems' and by Division of Biological Sciences of RAS 'Bioresources of Russia'.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ОМУЛЯ И ОЗЕРНОГО СИГА (*COREGONUS* SPP.) ОЗ. БАЙКАЛ ПО АЛЛОЗИМНЫМ ЛОКУСАМ С ПРИМЕНЕНИЕМ МНОГОМЕРНОГО АНАЛИЗА Политов Д.В., Гордон Н.Ю., Мамонтов А.М.^{**}

Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, 3, ул. Губкина Москва 119991, Россия Лимнологический институт СО РАН ,3, Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Проблема статуса и родственных связей симпатрических видов сиговых рыб оз. Байкал остается одной из наиболее дискутируемых в литературе по данной группе. В настоящее время большинство исследователей благодаря молекулярным данным признает, что три формы байкальских сигов рода Coregonus (омуль С. migratorius, озерный С. lavaretus baicalensis и озерно-речной сиги С. lavaretus pidschian natio baicalensis) представляют собой единую и, вероятно, близкую к предковой для рода ветвы эволюции. Настоящее сообщение посвящено сравнительному анализу байкальского омуля и байкальского озерного сига по ядерным молекулярно-генетическим маркерам – аллозимным локусам. Приведены данные о полиморфизме байкальского омуля и озерного сига по ряду аллозимных локусов и результаты, полученные при многомерном анализе частотных данных. Байкальский омуль отлавливался в районе Ушканьих островов (1994 г.), на Малом Море и севернее залива Провал против поселка Энхалук (2003 г.). Последняя выборка по внешним признакам рыб («белоносые») представлялась как возможные возвратные гибриды от скрещивания гибрида (озерно-речной сиг х омуль) с омулем. Были взяты пробы и от производителей омуля на Большереченском рыбоводном заводе (все 2003 г.). Байкальский озерный сиг отлавливался на Малом Море (2003 г.) и в районе бухты Загли Малого Моря (2004 г.). Среди рыб из Энхалука одна особь представляла озерного сига, а в выборке Загли одна особь по признакам внешней морфологии могла быть отнесена к группе озерных популяций сига или возвратных гибридных особей (с 28 жаберными тычинками) от скрещивания озёрно-речного сига с омулем. Генетическое сравнение проводилось с помощью электрофоретического анализа аллозимов, контролируемых в общей сложности 32 локусами. Для сравнительного анализа были отобраны 8 локусов (включая изолокусы), контролирующие глицерол-3-фосфатдегидрогеназу (G3PDH-1*), изоцитратдегидрогеназу печени (IDH-4*), НАД-зависимую малатдегидрогеназу (MDH-3,4*), НАДФ-зависимую малатдегидрогеназу мышц (*MEP-1,2**), 6-фосфоглюконатдегидрогеназу (*PGDH**) и фосфоглюкомутазу (PGM-2*). Различия в аллельном составе касались лишь нескольких локусов, а в

основном носили частотный характер. Так, у сига не выявлено полиморфизма по локусам G3PDH-1* и PGDH*, а также изолокусам MDH-3,4*, а у омуля по изолокусам MEP-1,2*. Выявлена более высокая частота аллеля IDH-4*7 (0-0,125 у омуля в разных выборках против 0,333 у сига). Для выяснения вопроса о дифференцирующей способности всей совокупности использованных маркерных локусов матрица аллельных частот индивидуальных рыб (в кодировке [1; 0], [0; 1] для гомозигот, [0,5; 0,5] для гетерозигот и [0,25; 0,75] [0,75; 0,25] для гетерозигот по изолокусам с неравными дозами генов) подвергалась многомерному анализу по методу главных компонент. Анализ показал, что большая часть рыб кластеризуется согласно своим видовым диагнозам, однако незначительная область перекрывания все же наблюдается. Особь из Загли с фенотипом, близким озерно-речному сигу не отличалась по комбинации аллелей от озерного сига. Особь из Энхалука была по генотипу охарактеризована как озерный сиг, что согласуется с морфологическим диагнозом. Остальные особи из этого района, по внешним признакам принимаемые как возвратные гибриды от скрещивания гибрида (озерно-речной сиг х омуль) с омулем, по генотипам могут быть отнесены к омулю. Использованный метод подтвердил свою эффективность для дифференциации симпатрических форм сигов. Низкий уровень дивергенции байкальских омуля и озерного сига, видов, считающихся репродуктивно изолированными (первый нерестится в притоках Байкала, второй – в самом озере) подкрепляет ранее полученные данные с помощью аллозимов (Mamontov, Yakhnenko, 1998; Яхненко и др., 1998; Politov et al., 2000, 2002, 2007; Baldina et al., 2007), мтДНК (Politov et al., 2000, 2007; Sukhanova et al., 2002) и ядерных рибосомальных генов (Sukhanova et al., 2004) об относительно недавнем, по-видимому, симпатрическом происхождении их от общего предкового вида. Байкальские омуль и сиги, таким образом, не относятся к видам, к которым их традиционно относили (C. autumnalis и C. lavaretus), и даже не являются их близкими родственниками, формируя отдельную, по-видимому, древнюю и близкую у предковой для рода эволюционную ветвь.

Работа поддержана грантом РФФИ 10-04-01757-а, Программами фундаментальных исследований Президиума РАН «Биологическое разнообразие» (Подпрограмма «Генофонды и генетическое разнообразие») и «Происхождение биосферы и эволюция био-геологических систем» (Направление II), ОБН РАН «Биоресурсы России: Оценка состояния и фундаментальные основы мониторинга».

SIMULATION OF THE MOLECULAR EVOLUTION OF TICK-BORNE ENCEPHALITIS VIRUS GENOME AND ESTIMATION OF DIVERGENCE TIMES

Potapova U.V., Belikov S.I.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia shuana1983@yandex.ru

Tick-borne encephalitis (TBE) is the most important transmissible natural foci infection of the forest zone of the Eurasian continent. The TBE incidence is recorded in more than 25 countries of Europe and 7 countries of Asia. In the Russian Federation (RF) the disease is recorded in 46 administrative territories, including 18 territories of Siberia and the Far East (Onishchenko, 2003).

We have built a molecular evolution model of the Siberian and Far Eastern subtype of tick-borne encephalitis virus (TBEV) in order to determine the internal topology of species, as well as to establish the time of divergence of highly virulent and inapparent strains with different pathogenicity for humans.

We carried out a phylogenetic analysis of complete genomes of 24 strains of TBEV. Using statistical techniques, found that the concept of molecular clock observed for the studied objects. A series of construction of phylogenetic trees using the method of Bayesian analysis, implemented in the software package BEAST. It is clear from the obtained data that the diversification of inapparent strains from highly virulent strains occurred simultaneously, followed by the formation of an explosive bunch of closely related species. In contrast, the highly virulent strains of TBEV are more heterogeneous, and therefore their speciation occurred in a sufficiently long time.

Using the strict molecular clock model and logistic population growth for the studied group of viruses, estimate the divergence times within the group of strains of the Far Eastern subtype of TBEV compared with the strains of the Siberian subtype, obtained data on the phylogenetic relationships and phylogeography of investigated strains of TBEV.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ЭВОЛЮЦИИ ГЕНОМА ВИРУСА КЛЕЩЕВОГО ЭНЦЕФАЛИТА С РАССЧЕТОМ ВРЕМЕНИ ДИВЕРГЕНЦИИ Потапова У.В., Беликов С.И.

Лимнологический институт СО РАН ,3, Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Клещевой энцефалит является наиболее значимой трансмиссивной природно-очаговой вирусной инфекцией лесной зоны Евразийского континента. Заболеваемость КЭ регистрируют более чем в 25 странах Европы и 7 странах Азии, в Российской Федерации (РФ) – на 46 административных территориях, в том числе на 18 территориях Сибири и Дальнего Востока (Онищенко, 2003).

Нами были предприняты попытки моделирования молекулярной эволюции Сибирского и Дальневосточного субтипа вируса клещевого энцефалита с целью определения внутренней топологии

видов, а также для установления времен дивергенции высоковирулентных и инаппарантных штаммов, имеющих различную патогенность для человека.

Нами был проведен филогенетический анализ полных геномов 24 штаммов вируса клещевого энцефалита (ВКЭ). Используя статистические методы, установлено, что концепция молекулярных часов соблюдается для исследуемых объектов. Выполнена серия построений филогенетических деревьев с использованием метода Байесовского анализа, реализованного в программном пакете BEAST. На основе полученных данных наглядно видно, что отделение инаппарантных штаммов от высоковирулентных произошло одномоментно с последующим взрывным образованием букета близкородственных видов, тогда как высоковирулентные штаммы ВКЭ более гетерогенны, а значит их видообразование происходило на протяжении достаточно длительного периода времени.

При использовании модели строгих молекулярных часов и логистического роста популяции для исследуемой группы вирусов установлены времена расхождения видов с возможностью проследить время расхождения группы инаппарантных штаммов от высоковирулентных, получены данные по филогенетическим отношениям и филогеографии исследуемых штаммов ВКЭ.

HOW STABLE ARE THE COMMUNITIES OF BENTHIC INVERTEBRATES OF LAKE BAIKAL? Sherbakov D.Yu.*,**, Kravtsova L.S.*, Bukin Yu.S.*,Kaygorodova I.A.*, Novikov A.V.*,

Pudovkina T.A.*, Petunina J.A.*, Fazalova V.R.*, Peretolchina T.E.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia Trkutsk State University, 5, Sukhe-Batora st., Irkutsk 664011, Russia

<u>sherb@lin.irk.ru</u>

High biotop diversity is typical for the littoral of Lake Baikal, it must be important for maintaining high species richness of invertebrates inhabiting this area. In-depth analysis of the benthic fauna suggests that this diversity is organized into relatively stable communities, which are designated according its dominating species. Almost all of the dominating species belong to highly speciose groups evolved in confines of Lake Baikal as a result of adaptive radiation. Apparently, differential response of species (members of such groups) to dramatic changes of the whole Baikalian ecosystem common for the lake's history, played a pivotal role in formation of the modern species diversity. However, the question whether communities that require co-adaptation of their members influenced the evolutionary processes, remains open. It should be noted, that this problem is important for other species-rich ecosystems as well. For the communities to play the role in evolutionary development, their structures should remain stable during evolutionary significant time periods.

In this study we present the first attempt to link the data on genetic diversity of dominating and subdominating species of Baikalian invertebrate communities to the data on their evolutionary relationships with other members of the endemic species' flocks, and the data on the structure of corresponding communities with the aim to find an evidence of stability of the latter. At the current stage of the study, we performed comparison of intra-specific mismatch distributions of several species belonging to some benthic communities of macro-invertebrates as well as compared a number of integral properties of population diversity indexes of these species' phyletic evolution, namely the population size changes (with periods of extinction and expansion), degree of biotop fragmentation, temporal barriers for the gene flow etc. Therefore, significant correlation between mismatch distribution of non-sister species, belonging to the same, or similar community, could be considered as an evidence for relative stability of the species' mode of interaction and ecological roles during the history of these species. Resemblance of distributions would suggest that they were formed due to the influence of similar factors. Coupled with extensive data on ecology of the species, this analysis could highlight possible mechanisms of evolution in communities of organisms as the units of diversity in the lake Baikal.

Results of the comparison of genetic diversity using the CO1 marker of mitochondrial DNA between baikalian endemic species, suggest three groups of organisms based on their genetic polymorphisms. The first group represents species with low genetic diversity (intraspecific distances vary from 0 to 0.01) and includes *Baicalia dybowskiana, Liobaicalia stiedae, Parabaikalia oviformis, Pseudobaikalia pulla tenuicosta, Pseudobaikalia zachwatkini, Baicalia rugosa, Teratobaikalia duthiersii, Baicalia turriformis, Maackia herderiana, Paratanytarsus baicalensis.* In the second group there are species with average genetic diversity (intraspecific distances vary from 0.03 to 0.05) and it consists of *Baicalia carinata, Baicalia carinatocostata, Godlewskia godlewskii, Gmelinoides fasciatus.* The third group consists of species with high genetic diversity (from 0.07 to 0.09), namely *Pseudorhynchelmis alyonae* and *Manayunkia godlewskii.*

The majority of the investigated species of molluscs having low genetic diversity (*B. dybowskiana, L. stiedae, P. oviformis, P. pulla tenuicosta, B. rugosa, T. duthiersii*) play a secondary role in the communities of macro-invertebrates. Generally, they are found in a small numbers, being widely or less widely distributed within the lake and inhabit depths from 10 to 100 meters.

Some of the species of low genetic diversity are highly abundant, namely *B. turriformis*, *M. herderiana*, *P. zachwatkini*. *B. turriformis* inhabits underwater cliffs and rarely belongs to complex communities. The community of macro-invertebrates dominated by *M. herderiana* consists of 133 species and distributed on boulders on the depth not deeper than 5 meters, and the one dominated by *P. zachwatkini* includes 103 species and is located on underwater slope at depth 8-20 m (Kravtsova et al. 2004). Low genetic diversity of

dominating species of these communities could be a consequence of biotop rearrangement and fragmentation resulting from the lake level fluctuation.

Low genetic diversity of chironomids *P. baicalensis* is likely to be an outcome of the high mobility of imago that promotes a gene flow between remotely located territories. This species participates in macroinvertebrate communities as subdominant species and forms communities at the level of taxocoenosis of chironomids (Kravtsova 2007).

Species of the second group, B. *carinata, G. godlewskii, Gm. fasciatus, B. carinatocostata* are widely distributed and found in a big number, and average values of their genetic diversity could be suggestive about their relatively large effective population size. The first two species form communities in the biotops of underwater slope of the lake with sandy silt sediments. *Gm. fasciatus* also forms communities on boulders of terrace of the eastern basin of the lake (Kravtsova, 2007).

Amongst all the analysed species, oligochaets *P. alyonae* and polychaets *M. godlewskii* significantly exceed other species by the level of the genetic diversity. These species belong to benthic communities located at the soft sandy sediments. Exchange of the genetic material at the scale of the lake is limited due to the low mobility seemingly responsible for the increase of the intraspecific genetic polymorphism (Semovski et al., 2003; Bukin et al., 2007).

High degree of resemblance of pairwise distributions of genetic distances for organisms with approximately equal level of genetic diversity could be an evidence of relatively stable composition of communities of benthic invertebrates of the lake Baikal.

This study was supported by RFBR 09-04-00972-a, 08-04-98046-r_sibir_a and 08-04-98063- r_sibir_a.

НАСКОЛЬКО СТАБИЛЬНЫ СООБЩЕСТВА БЕНТОСНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ БАЙКАЛА? Щербаков Д.Ю.^{*,**}, Кравцова Л.С.^{*}, Букин Ю.С.^{*}, Кайгородова И.А.^{*}, Новиков А.В.^{*}, Пудовкина Т.А.^{*}, Петунина Ж.А.^{*}, Фазалова В.Р.^{*}, Перетолчина Т.Е.^{*}

Лимнологический институт СО РАН ,3, Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия Иркутский Государственный Университет, 5, ул. Сухэ-Батора, Иркутск 664011, Россия

Для прибрежной зоны Байкала характерно высокое разнообразие биотопов, которому соответствует и высокое видовое разнообразие населяющих эту зону беспозвоночных. Многолетние подробные исследования бентосной фауны привели к заключению о том, что все это разнообразие организовано в довольно устойчивые сообщества организмов, которые принято обозначать по доминирующему в них виду. Оказалось также, что почти все доминантные виды принадлежат к исключительно разнообразным группам, возникшим в пределах Байкала в результате интенсивной адаптивной радиации. Очевидно, что дифференциальный ответ видов-членов таких групп на драматические преобразования всей Байкальской экосистемы, какими богата история этого озера, сыграли важную роль в формирование современного видового разнообразия озера. Однако, открытым остается вопрос о том, играли ли какуюлибо эволюционную роль сообщества организмов, требующие эволюционной ко-адаптации своих членов. Необходимо отметить, что эта проблема важна и для других сверхбогатых видами экосистем. Для того, чтобы играть такую роль, структура сообществ должна оставаться устойчивой в течение эволюционно-значимых промежутков времени.

В данной работе делается первая попытка объединить данные о генетическом разнообразии доминантных и субдоминантных видов сообществ Байкала, данные об их эволюционных связях с другими членами эндемичных букетов видов с данными о структуре соответствующих сообществ с целью поиска свидетельств устойчивости последних. На этом этапе проведено сравнение распределений попарных внутривидовых генетических расстояний у некоторых видов, входящих в состав каких-либо бентосных сообществ макробеспозвоночных, а также сравнения ряда интегральных характеристик генетического разнообразия популяций этих видов. Распределение попарных расстояний выбрано потому, что на формировании этой характеристики сказываются любые сколько-нибудь важные события филетической истории вида – демографические события (вымирания или периоды процветания), степень фрагментированности биотопов, временные барьеры на пути потока генов и т.п. Следовательно, достоверная корреляция между распределениями попарных мутационных расстояний у несестринских видов, входящих в одно и тоже, либо в сходные сообщества, может рассматриваться как свидетельство в пользу предположения об их относительной стабильности на протяжении всей истории этих видов. Подобие распределений свидетельствует о том, что они формировались под одинаковым воздействием одних и тех же факторов. В сочетании с богатым материалом об экологических характеристиках этих видов, этот анализ может пролить свет и на механизмы эволюции сообществ организмов, как структурных единиц биоразнообразия Байкала.

В результате сравнения генетического разнообразия по митохондриальному маркеру СО1 ряда видов байкальских эндемиков было выявлено три группы организмов, различающихся по характеру распределения генетических дистанций. Первая группа – это виды с низким генетическим разнообразием (внутривидовые генетические дистанции от 0 до 0.01): Baicalia dybowskiana, Liobaicalia stiedae, Parabaikalia oviformis, Pseudobaikalia pulla tenuicosta, Pseudobaikalia zachwatkini, Baicalia rugosa, Teratobaikalia duthiersii, Baicalia turriformis, Maackia herderiana, Paratanytarsus baicalensis. Вторая группа – виды со средними показателями генетических дистанций (от 0.03 до 0.05): Baicalia carinata, Baicalia carinatocostata, Godlewskia godlewskii, Gmelinoides fasciatus и третья – виды с высокими показателями генетических дистанций (от 0.07 до 0.09) Pseudorhynchelmis alyonae, Manayunkia godlewskii.

Большинство из исследованных видов моллюсков с низким генетическим разнообразием (*B. dybowskiana, L. stiedae, P. oviformis, P. pulla tenuicosta, B. rugosa, T. duthiersii*) играют второстепенную роль в составе сообществ макробеспозвоночных. Они, как правило, малочисленны, широко или менее широко распространены по Байкалу и обитают в диапазоне глубин от 10 до 100 метров.

Некоторые виды моллюсков с низким генетическим разнообразием являются многочисленными – *B. turriformis, M. herderiana, P. zachwatkini.* Но первый из них обитает на скалах и редко входит в состав достаточно сложно организованных сообществ, а второй и третий являются сообществообразующими видами. Сообщество макробеспозвоночных с доминированием *M. herderiana* включает 133 вида и распространено на валунах на глубинах до 5 м, а с доминированием *P. zachwatkini* содержит 103 вида и обитает оно на подводном склоне на глубине 8-20 м (Kravtsova et al., 2004). Низкое генетическое разнообразие видов-доминантов этих сообществ может быть следствием переформирования биотопов в результате колебаний уровня Байкала.

Для хирономид *P. baicalensis также* характерно низкое генетическое разнообразие, из-за высокой подвижности их имаго может происходить обмен генов между территориально удаленными группами. Этот вид входит в состав субдоминантов сообществ макробеспозвоночных Байкала и является сообществообразующим на уровне таксоценоза хирономид (Kravtsova, 2007).

Виды второй группы *B. carinata, G. godlewskii, Gm. fasciatus, B. carinatocostata* широко распространены и многочисленны, средние показатели генетического разнообразия, по-видимому, обусловлены достаточно большой эффективной численностью популяций. Первые два вида являются сообществообразующими на биотопах подводного склона Байкала, где в составе донных отложений преобладают илистый песок, ил. *Gm. fasciatus* сообществообразующий вид на валунах абразионно-аккумулятивной террасы у восточного борта южной котловины Байкала (Кравцова и др., 2006).

Из всех рассмотренных эндемиков Байкала, малощетинковые черви *P. alyonae* и многощетинковые – *М. godlewskii* существенно превосходят по своему внутривидовому генетическому разнообразию остальные виды. Они входят в состав бентосных сообществ макробеспозвоночных, распространенных на рыхлых донных отложениях Байкала. Обмен генетическим материалом в масштабе озера у них ограничен из-за очень малой подвижности, что может способствовать значительному увеличению их внутривидового генетического полиморфизма (Semovski et al., 2003; Bukin et al., 2007).

Высокая степень подобия формы попарных распределений генетических расстояний для организмов с примерно одинаковым уровнем генетического разнообразия может свидетельствовать об относительной стабильности организации сообществ бентосных беспозвоночных Байкала.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 09-04-00972-а, № 08-04-98046-р_сибирь_а и № 08-04-98063-р_сибирь_а.

3. CYCLE AND MECHANISMS OF SILICON ASSIMILATION IN AQUATIC ECOSYSTEMS AND DIATOM DIVERSITY. КРУГОВОРОТ И МЕХАНИЗМЫ АССИМИЛЯЦИИ КРЕМНИЯ В ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ И РАЗНООБРАЗИЕ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ.

MAGNETIZATION OF COLLOIDAL PARTICLES: FROM SILICA MICROSPHERES TO DIATOM FRUSTULES Andreyev D.S.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia andreyev@lin.irk.ru

Selective magnetization greatly simplifies particle separation and purification in many bioanalytical applications (lida et al., 2006; Dobson et al., 2008). In particular, magnetization may be helpful in separation of mature diatom frustules from immature ones, hidden inside algal cells. This separation is extremely important for understanding mechanisms of biosilification, particularly by providing opportunity to analyze a proteome, associated with growing frustules. In this work, we suggest a simple but effective way of particle magnetization, and apply this method to magnetization of diatoms.

Fe₃O₄ nanoparticles with average diameter ca. 3-4 nm is probably the most easily available superparamagnetic material. These nanoparticles are commercially available as "ferrofluids", can be easily synthesized by alkaline hydrolysis of ferrous and ferric salts as we did in this work, or prepared in micelles if greater homogeneity is desired (Kim et al., 2007).

We found that these particles can be effectively immobilized on nearly any surface, pretreated with mercapto/aminoalkyltriethoxysilanes or with polyamines, e.g. polylysine, polyethileneimine, polyallylamine, polyvynilamine. These surfaces include one of polystyrene and silica microspheres, metal colloids and diatom frustules (Fig.1).

The magnetized particles have bright brown color and respond well to magnetic field. Although immobilization of the magnetic particles occurs only on the surface, the resulting content of Fe_3O_4 is good – a

single step magnetization of 0.5 um microspheres provide particles with 5-7% of Fe_3O_4 by mass. The magnetization steps can be repeated to increase the content of magnetic material, but the single step magnetization is sufficient for magnetic separation. In particular, any of the above mentioned particles can be effectively removed from a suspension by stack of 1 mm–thick neodymium magnetic disks separated by 1 mm wire-based spacers.

Magnetized diatoms can be broken using rotary homogenizer at 1500 rpm without noticeable loss of the magnetic material. Unfortunately, such cell disruption mostly breaks needles of Synedra acus without separation of thecae, hence rarely releases immature frustules. However, after magnetic depletion of the resulting debris some bare, totally Fe_3O_4 – free particles can be observed (Fig. 2B, C). These particles probably were hidden inside the cells at the magnetization step and likely correspond to immature frustules or girdle bands.

The described magnetization approach, due to simplicity and good efficiency, may be useful in various applications, requiring preparation of magnetic colloids, or in separation of surface-exposed particles from surface-protected ones.

Magnetization of diatoms exhibit good density and stability of the magnetic coating, and allows for the selective removal of surface-exposed frustules. Further optimization of cell disruption, such as application of shear-force in high pressure capillaries, combined with enzymatic pre-treatment, may allow for extraction of immature frustules using this magnetization technique.

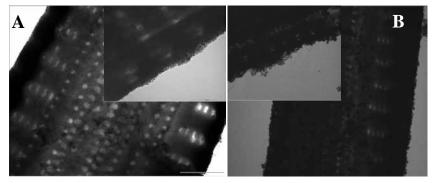


Fig. 1. TEM. Frustules of *Synedra acus* pre-treated by polyvinylamine (A) and polyallylamine (B) and coated my by Fe₃O₄.



Fig. 2. TEM. A: Magnetized diatom frustule. B, C: Bare frustule/girdle band protected from magnetization.

NANOCRYSTALLYNE, ZINC-ASSOSIATED INCLUSIONS OBSERVED IN DIATOM FRUSTULES AFTER ELECTRON BEAM IRRADIATION Andrevev D.S.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia andreyev @lin.irk.ru

Diatom frustules normally consist mostly of amorphous silica with no signs of crystallinity and contain less than 1% of organic materials and other elements (Grachev et al., 2008; Lopez et al. 2005). Here, we report an observation of tiny, 3-7 nm in diameter, and highly crystalline inclusions, containing noticeable amount of zinc.

HRTEM/EDS analysis of *Synedra acus* frustules usually reveals the expected amorphous silica only. However, as an 80kV beam irradiates these morphologies, a small fraction of the frustules begins to develop dark lines (Fig. 1A). These lines consist of 3-7 nm crystalline inclusions (Fig. 1C). Similar inclusions (Fig. 1D) are developed under the beam at edges of some morphologies (Fig. 1B).

Closer examination of the inclusions reveals a crystal structure (Fig. 2A) and possible association of the inclusions with zinc (Fig. 2B).

The observed inclusions are present in only a small fraction of frustules, and positioned in definite patterns. We hypothesize that these inclusions may be related to silica-protein clusters, employed in biosilification at some stages of the diatom cell cycle. Further investigation of the phenomena is needed, as it may provide an additional insight on mechanisms of biosilification in diatoms.

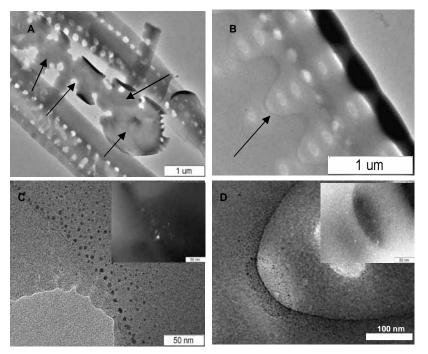


Fig. 1. TEM. A – line consisting of the inclusions. B – an edge associated with the inclusions. C, D – the beam-developed inclusions; diffraction inserts in top-right corners reveals anisotropy of the unexpected crystallinity.

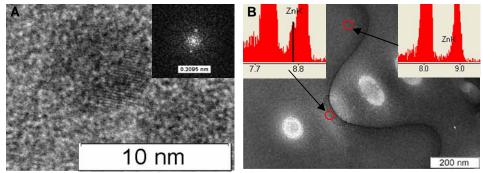


Fig. 2. TEM. A – HRTEM reveals the crystal lattice, with a distance between crystal planes shown on top-right insert. B – EDX reveals presence of zinc in an inclusion-rich area (top-left insert) but absence in other areas (e.g., top-right insert).

INFLUENCE OF CHEMICAL ANALOGS OF SILICONE ON GROWTH AND CELL STRUCTURE OF DIATOM SYNEDRA ACUS

Annenkov V.V., Danilovtseva E.N., Basharina T.N., Zelinskii S.N., Likhoshway Ye.V., Grachev M.A.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

annenkov@lin.irk.ru

Cultivation of diatoms in the presence of germanic acid enriched with radioactive isotope ⁶⁸Ge is traditionally used (Mehard et al., 1974) in study of assimilation kinetics and intracellular distribution of silicic acid. Recent works have shown influence of germanium of life cycle and morphogenesis of the diatoms (Safonova et al., 2007; Thamatrakoln, Hildebrand, 2008) and a possibility of biotechnological synthesis of composite silicon and germanium oxides was demonstrated (Jeffryes et al., 2008).

This work is aimed to study of influence of germanic acid and other chemical analogs of silicon – titanium (IV), zirconium (IV) and tin (IV) on growth of Baikalian diatom *Synedra acus* Kütz in culture, morphology of the silica frustules, content and distribution of the added elements. The investigation was done using optical, epifluorescence, scanning and transmission electron microscopy, including microprobe elemental analysis and ICP-MS. The obtained results were correlated with model experiments with Si(OH)₄ condensation in the presence of Ge, Ti, Zr and Sn compounds under the action of synthetic analogs of the known biosilicification agents (oligomeric and polymeric amines, polyampholytes). Dynamic light scattering and chemical analysis showed that the silicon analogs promote rapid (1-2 h) thermodynamically non-equilibrium formation of large (> 1 μ m) composite particles which probably explains the observed toxicity of these elements and their accumulation in various parts of diatoms.

This work was partially supported by the Program of basic research of Presidium of the Russian Academy of Sciences (project No. 27.45).

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ АНАЛОГОВ КРЕМНИЯ НА РОСТ И СТРУКТУРУ КЛЕТОК ДИАТОМЕИ SYNEDRA ACUS

Анненков В.В., Даниловцева Е.Н., Башарина Т.Н., Зелинский С.Н., Лихошвай Е.В., Грачев М.А. Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Культивирование диатомей в присутствии германиевой кислоты, обогащенной радиоактивным изотопом ⁶⁸Ge традиционно используется (Mehard et al., 1974) при исследовании кинетики ассимиляции и особенностей внутриклеточного накопления кремниевой кислоты. В последние годы получены данные о влиянии германия на жизненный цикл и морфогенез диатомей (Сафонова и др., 2007; Thamatrakoln, Hildebrand, 2008), а также показана возможность биотехнологического получения композитных оксидов кремния и германия (Jeffryes et al., 2008).

Данная работа посвящена изучению влияния германиевой кислоты и других химических аналогов кремния – титана (IV), циркония (IV) и олова (IV) на рост культуры байкальской диатомеи *Synedra acus Kütz*, морфологию кремнистых створок, содержание и распределение добавленных элементов. Исследования выполнены с использованием оптической, эпифлуоресцентной, сканирующей и трансмиссионной электронной микроскопии, включая методики микрозондового анализа, элементного анализа на установке ICP-MS. Полученные результаты сопоставлены с данными модельных экспериментов по конденсации Si(OH)₄ в присутствии соединений Ge, Ti, Zr и Sn под действием синтетических аналогов агентов биосилификации (олигомерные и полимерные амины и полиамфолиты). Методами динамического светорассеяния и химического анализа показано, что аналоги кремния способствуют быстрому (1-2 ч) термодинамически неравновесному образованию крупных (> 1 мкм) композитных частиц, что вероятно объясняет наблюдаемые явления токсичности этих элементов и их накопления в различных частях клеток диатомей.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН, проект 27.45.

COMPARATIVE ANALYSIS OF BACTERIAL ASSOCIATIONS AND THE UNDER-ICE DIATOM BLOOMS BY LIGHT AND EPIFLUORESCENCE MICROSCOPY (LAKE BAIKAL) Bashenkhaeva M.V., Shishlyannikov S.M., Zakharova Yu.R., Likhoshway E.V. Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

Under-ice and ice diatom blooming in the Polar region is a widely reported phenomenon (Gradinger, 1996; Janech, 2006). Earlier, phytoplankton blooms were observed under the ice of Lake Baikal (Bondarenko et al, 1997, Obolkina et al., 2000). During ice-cover period, growth of diatoms is intimately associated with bacteria and other phytoplankton species.

The present work is aimed at describing under-ice algal and bacterial communities of Lake Baikal. It is suggested that bacteria affect the diatom biomass growth during their bloom as well as contribute to their species diversity alongside with other biological and chemical factors. Hence, investigation of this aspect would provide new insights into the ecology of diatoms.

The under-ice communities from the littoral and pelagic zones of the southern and middle Baikal were sampled from March 8 until April 25, 2010, totally 12 samples. The samples were DAFI stained and examined by a light microscope Axiostar Plus (Carl Zeiss, Germany) at x 100, x 200 and x 1000 magnification and epifluorescence microscope Axiovert – 200 (Carl Zeiss, Germany) at x 1000 magnification. Comparative analysis of the samples according to their ecological zones and collection time was also performed.

Analysis of the under-ice phytoplankton provided evidence that bacteria were most closely associated with diatom valves of the genus *Aulacoseira* (Fig. 1a, c, h). Maximal bacterial number was as high as 7.3x10⁷ cells, *Aulacoseira* dominating most of the samples, other diatom species, *Synedra* in particular, were also encountered (Fig. 1c). Bacteria appeared to be loosely associated with *Synedra* diatoms (Fig. 1b). Bacterial colonies on the diatom valves were different: some were attached to the valve at one end (Fig. 1j), others laid flat on diatoms (Fig. 1j, k, l). It should be noted that the onset of blooming was characterized by the diversity of species collected from the littoral (Fig. 1a, b, c, d) and pelagic (Fig. 1e, f, h, i) zones. In early March, 2010, the under-ice blooms were dominated by dinoflagellates (Fig. 1e, f) in contrast to the samplings from the littoral zones generally dominated by *Aulacoseira* (Fig. 1a, c). It was found out that free-living and microalgae-associated bacteria were large in number in the littoral zone (Fig. 1a, c) compared to the pelagic zone (Fig. 1h, i). As the light period got longer, the share of diatoms in the under-ice communities increased. Also, the species composition of the pelagic zone changed and dinoflagellates dominating in early April were replaced by *Aulacoisera*, which entailed significant growth of diatom-associated bacteria numbers.

This work was done under the Program of RAS Presidium "Origin and evolution of biosphere", Project No. 18.4 and RFBR Grant No. 09-04-12231.

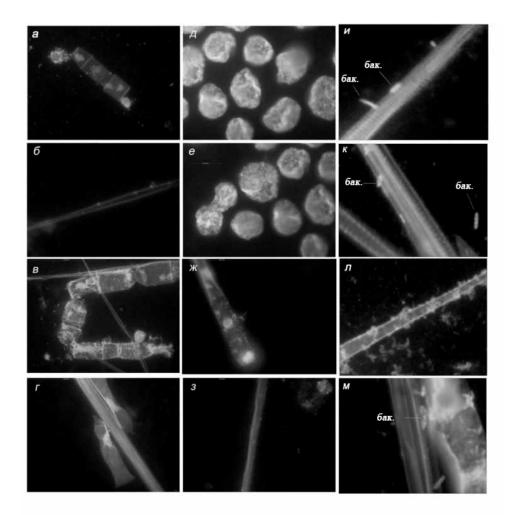


Fig. 1. Epifluorescence images of the under-ice community of Lake Baikal and plant-associated bacteria, x 100 magnification, DAFI stained: a) *Aulacoseira*, Bolshye Koty Settlement, Varnachka gorge, littoral zone, 10.03.2010; b) *Synedra*, B. Koty Settl., Varnachka gorge, littoral zone, 10.03.2010; c) *Aulacoseira* and *Synedra*, B. Koty Settl., Varnachka gorge, littoral zone, 24.04.2010; d) *Synedra* and *Dinobryon cilindricum*, B. Koty Settl., Varnachka gorge, littoral zone, 24.04.2010; e) dinoflagellates, Listvyanka Settlement, pelagic zone, 7.04.2010; f) dinoflagellates, Listvyanka Settl., pelagic zone, 7.04.2010; h) *Aulacoseira*, B. Koty Settl., Varnachka gorge, pelagic zone, 7.04.2010; i) *Synedra*, B. Koty Settl., Varnachka gorge, pelagic zone, 24.04.2010; i) *Synedra*, B. Koty Settl., Varnachka gorge, pelagic zone, 24.04.2010; i) *Synedra*, B. Koty Settl., Varnachka gorge, pelagic zone, 24.04.2010; i) *Synedra*, B. Koty Settl., Varnachka gorge, pelagic zone, 24.04.2010; i) *Synedra*, B. Koty Settl., Varnachka gorge, pelagic zone, 24.04.2010; i) *Synedra*, B. Koty Settl., Varnachka gorge, pelagic zone, 24.04.2010; j), k), l), m) diatom-associated bacteria. (Эпифлуоресцентная микроскопия представителей подледного сообщества озера Байкал и ассоциации с ними бактерий, при увеличении x100, окраска ДАФИ: a) *Aulacoseira*, п. Большие Коты, падь Варначка, литоральная проба. (10.03.2010); f) *Synedra*, п. Большие Коты, падь Варначка, литоральная проба (24.04.2010); r) *Synedra* и *Dinobryon cilindricum*, п. Большие Коты, падь Варначка, литоральная проба (24.04.2010); g) Динофлагеллятовые, п. Листвянка, пелагическая проба (7.04.2010); e) Динофлагеллятовые, п. Листвянка, пелагическая проба (24.04.2010); и), к), л), м) Ассоциации бактерий с диатомовыми водорослями.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АССОЦИАЦИЙ БАКТЕРИЙ С ДИАТОМОВЫМИ СООБЩЕСТВАМИ ОЗЕРА БАЙКАЛ В ПЕРИОД ПОДЛЕДНОГО ЦВЕТЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ СВЕТОВОЙ И ЭПИФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ МИКРОСКОПИИ Башенхаева М.В., Шишлянников С.М., Захарова Ю.Р., Лихошвай Е.В.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Явление подледного и ледового цветения диатомовых водорослей в полярных регионах Мирового океана широко представлено в научных публикациях (Gradinger, 1996; Janech, 2006). Ранее было описано явление цветения фитопланктона подо льдом на оз. Байкал (Bondarenko et al, 1997, Оболкина и др., 2000). Рост диатомовых водорослей в подледный период происходит в тесной взаимосвязи с бактериями и другими видами фитопланктона.

Целью настоящего исследования было описать альго-бактериальные подледные сообщества оз. Байкал.

Бактерии могут оказывать влияние не только на рост биомассы диатомовых водорослей во время их цветения, но также совместно с другими биологическими и химическими факторами могут приводить к смене видового разнообразия диатомей. Изучение данного явления представляет большой интерес с экологической точки зрения.

Для данного исследования был проведен отбор проб подледных сообществ в литоральных и пелагических зонах южного и среднего Байкала в период с 8 марта по 25 апреля 2010 г. Всего было отобрано 12 проб. Полученные пробы были окрашены ДАФИ и проанализированы методом световой микроскопии (микроскоп Axiostar Plus (Carl Zeiss, Germany), при увеличении x100, x200 и x1000) и эпифлуоресцентной микроскопии (микроскоп Axiovert – 200 (Carl Zeiss, Germany), при увеличении x100). Проведен сравнительный анализ проб по экологическим зонам и по времени отбора.

По итогам проведенных исследований подледных проб фитопланктона показано, что наиболее ассоциированы с бактериями створки диатомовых водорослей рода Aulacoseira (Fig.1a, в, ж). В этих пробах максимальное количество бактерий достигало около 7,3х10⁷ клеток. Диатомовые водоросли рода Aulacoseira преобладали в большинстве отобранных проб. Но также встречались и другие виды диатомей, в частности, диатомеи рода Synedra (Fig. 1в). Бактерии образуют слабые ассоциации с диатомовыми водорослями рода Synedra (Fig. 16). Характер бактериальных колоний, ассоциированных со створкой диатомей различен: так одни бактерии прикрепляются к створке одним концом (рис. 1и), другие полностью прилегают к панцирю диатомей (Fig. 1и, к, л). Следует отметить, что в период начального цветения наблюдалось различие в видовом разнообразии проб, отобранных в литоральных (Fig.1a, б, в, г) и пелагических (Fig.1д, е, ж, з) зонах. Так, нами показано, что в начале марта 2010 г. во время подледного цветения в пелагических зонах преобладали динофлагеллятовые (Fig. 1д, е), в отличие от проб, отобранных в литоральных зонах, где, в основном, преобладали диатомовые рода Aulacoseira (Fig.1a, в). Также нами показано, что количество свободноживущих бактерий и бактерий, тесно ассоциированных с микроводорослями, выше в литоральных зонах (Fig. 1a, в), чем в пелагических (Fig. 1ж, з). С увеличением продолжительности светового дня в подледных сообществах возросло количество диатомовых водорослей, и изменился видовой состав пелагической зоны, так преобладающие в начале апреля динофлагелятовые сменились на диатомовые водоросли рода Aulacoisera и, соответственно, значительно увеличилась численность бактерий, тесно ассоциированных с диатомовыми водорослями.

Работа выполнена в рамках Программы Президиума РАН «Происхождение и эволюция биосферы», проект № 18.4 и гранта РФФИ-№ 09-04-12231-офи-м.

MORPHOGENESIS OF SILICEOUS VALVE IN A PENNATE DIATOM CYMBELLA VENTRICOSA AGARDH Bedoshvili E.D., Basharina T.N.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia bedoshvili @lin.irk.ru

Studies on deposition of silica and formation of siliceous valves in diatoms have been performed since the 1960-s. Specific silica deposition vesicles (silica deposition vesicle – SDV; Reimann B.E.F., Exp. Cell Res., 1964, pp. 605-608; Drum R.W., Pankratz S., Am. J. Bot., 1964, pp. 401-418) and silicon-transport vesicles (silicon-transport vesicles – STV; Schmid A.M.-M., Schultz D., Protoplasma, 1979, pp. 267-288) have been described. Morphogenesis analysis of siliceous valve in *Cymbella ventricosa* Agardh has not been performed.

In our work we used laboratory culture of a pennate raphe diatom *C. ventricosa*. After standard fixation and preparation of thin sections for transmission electron microscopy, the material was examined under a microscope Leo 906 E Zeiss.

According to the light microscopy, chloroplast of interphasic cell of *C. ventricosa* is divided into two parts lying on opposite sides of the cell. A spherical pirenoid has an envelope (SEM), one lamella pierces it. The nucleus is pressed to the girdles. Several Golgi apparatuses are located around the nucleus. It is possible to observe the formation of girdles inside SDV on the cell periphery. Long mitochondria are located along the cell periphery. On the cross-sections of the cells the raphe is clearly seen, on the cell surface – an organic layer, between the siliceous valve and cytolemma – a polysaccharide layer of diatotepum.

Major stages of siliceous valve formation have been distinguished. Nucleus migration during cell division characteristic of the majority of diatoms has not been recorded. It is more likely to be attributed to small sizes of the cell. During the cell division, the nucleus adjoins the girdles. Morphogenesis of the valve starts after nucleus division, division of chloroplast and division of cell into two daughter cells. Large vacuoles are observed at early stages in the SDV area. SDV growth and thickening of the valve take place further. Exocytosis occurs after the formation of the mantle. Chloroplast of each cell enlarges in size and bends along the valve. Daughter cells do not separate keeping together by girdles. The first girdle of hypotheca forms after cell separation. In some species, valves of small electron-dense spherical particles derived from cytoplasmic vesicles 300-400 Å in diameter (silicon-transport vesicles, STV; Schmid A.-M.M., Protoplasma, 1979, pp. 99-115; Schmid A.M.-M., Schultz D., Protoplasma, 1979, pp. 267-288) participate in morphogenesis. Nobody has confirmed the existence of such construction "bricks". At present, some researchers believe that silicic acid is transported in a form of gel and cannot be electron-dense (Grachev M.A. et al., BioEssays, 2008, pp. 328-337; Thamatrakoln K., Hildebrand M., Plant Physiol., 2008, pp. 1397-1407). If we take into account the hypothesis on the participation of macropinocytosis in the valve morphogenesis (Vrieling E.G. et al., Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 2007, pp. 10441-10446), the cell is able to capture silicic acid dissolved in the aqueous medium of extracellular space with the help of large vacuoles which are present in C. ventricosa at early stages of valve morphogenesis.

МОРФОГЕНЕЗ КРЕМНИСТОЙ СТВОРКИ У ПЕННАТНОЙ ДИАТОМОВОЙ ВОДОРОСЛИ *CYMBELLA VENTRICOSA* AGARDH

Бедошвили Е.Д., Башарина Т.Н.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Исследования процесса отложения кремнезема и формирования кремнистых створок у диатомовых водорослей ведутся с 60-х годов прошлого века. Были описаны специфические везикулы отложения кремнезема (silica deposition vesicle – SDV; Reimann B.E.F., Exp. Cell Res., 1964, pp. 605-608; Drum R.W., Pankratz S., Am. J. Bot., 1964, pp. 401-418) и везикулы транспорта кремния (silicon-transport vesicles – STV; Schmid A.M.-M., Schultz D., Protoplasma, 1979, pp. 267-288). Для *Cymbella ventricosa* Agardh исследования морфогенеза кремнистой створки не проводились.

В работе была использована лабораторная культура пеннатной шовной диатомовой водоросли *C. ventricosa*. После стандартной фиксации и получения срезов для просвечивающей электронной микроскопии, материал был исследован на микроскопе Leo 906 E Zeiss.

По данным световой микроскопии хлоропласт интерфазной клетки *C. ventricosa* разделен на две доли, лежащие на противоположных сторонах клетки. По данным просвечивающей электронной микроскопии сферический пиреноид имеет оболочку, его пронизывает одна ламелла. Ядро прижато к поясковым ободкам. Несколько аппаратов Гольджи располагаются вокруг ядра. на периферии клеток можно наблюдать образующиеся поясковые ободки внутри SDV. Длинные митохондрии расположены по периферии клетки. На поперечных срезах клеток четко виден район шва, на поверхности клетки – органический слой, а между кремнистой створкой и плазмалеммой – полисахаридный слой диатотепум.

Были выделены основные стадии формирования кремнистой створки. При делении клетки миграция ядра, характерная для большинства диатомовых водорослей, не отмечена, что, скорее всего, обусловлено небольшим размером клетки. На протяжении всего деления ядро прилегает к поясковым ободкам. Морфогенез створки начинается после деления ядра, деления хлоропласта и разделения клетки на две дочерние. На ранних стадиях в районе SDV наблюдаются крупные вакуоли. В дальнейшем происходит рост SDV и утолщение створки. После образования загиба створки происходит е экзоцитоз. После этого хлоропласт каждой клетки увеличивается в размерах и перегибается вдоль створки. При этом дочерние клетки еще не расходятся, удерживаясь вместе системой поясковых ободков. Формированиие первого пояскового ободка гипотеки начинается после расхождения клеток.

Для некоторых видов было показано участие в процессе морфогенеза створки мелких электронно-плотных сферических частиц, происходящих из цитоплазматических везикул диаметром 300-400 Å (silicon-transport vesicles, STV; Schmid A.-M.M., Protoplasma, 1979, pp. 99-115; Schmid A.M.-M., Schultz D., Protoplasma, 1979, pp. 267-288). Существование таких строительных «кирпичиков» более никем не подтверждается, и в настоящее время, по мнению некоторых исследователей, считается, что кремниевая кислота транспортируется в виде геля и не может быть электронно-плотной (Grachev M.A. et al., BioEssays, 2008, pp. 328-337; Thamatrakoln K., Hildebrand M., Plant Physiol., 2008, pp. 1397-1407). Если принять во внимание гипотезу об участии макропиноцитоза в морфогенезе створки (Vrieling E.G. et al., Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 2007, pp. 10441-10446), с помощью крупных вакуолей, присутствующих у *C. ventricosa* на ранних этапах морфогенеза створки, может происходить захват клеткой кремниевой кислоты, растворенной в водной среде внеклеточного пространства.

CYTOLOGY OF DIATOMS Bedoshvili E.D., Likhoshway E.V.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

bedoshvili@lin.irk.ru

Classical systematics of diatoms is based on morphology of their siliceous frustule. LM and CEM have been the major methods of its studies for a long time. Recently, a new classification has been proposed on the basis of analysis of nucleotide sequences of 18S rRNA karyogene and chloroplast genes (Medlin L.K., Diatom Res., 1997, pp. 371-379; Medlin L.K., Kaczmarska I., Phicologia, 2004, pp. 245-273; Medlin L.K., The Timetree of life, 2009, pp. 127-130). Data on the cell structure were used to support molecular phylogeny: peculiar features of ultrastructure of chloroplasts, quantity and location of Golgi apparatuses and some other characteristics (Medlin, Kaczmarska, 2004). However, available data on cell structure of diatoms are uncoordinated and do not cover all large systematic taxa (orders, families) of BACILLARIOPHYTA. Therefore, new data on ultrastructure of diatoms representing different classes are of great importance for diatom systematics. With the help of light and transmission electron microscopy it was possible to reveal peculiarities of cell ultrastructure in some diatom species (*Aulacoseira baicalensis, Thalassiosira proschkinae, Chaetoceros muelleri, Attheya ussurensis, Synedra acus* subsp. *radians,* and *Cymbella ventricosa*) belonging to the major taxonomic groups and all phylogenetic clades.

Some peculiar characteristics of cell ultrastructure of diatoms are attributed, to a large extent, to their sizes and forms. For example, species belonging to different classes but possessing similar sizes and forms of the cells have general characteristics of structure. In small cells of *C. muelleri* and *T. Proschkinae* there is one Golgi apparatus near the nucleus, in *A. ussurensis* – one or two, in *A. baicalensis* and *C. ventricosa* – up to four, whereas in narrow cells of a prolate form of *S. acus* subsp. *Radians* – six apparatuses. Large

mitochondria (sometimes branched) are characteristic of *C. muelleri* and *T. proschkinae*. In such large species as *A. baicalensis* and *S. acus* subsp. *Radians*, numerous long and narrow mitochondria stretch along the cell. The nucleus in cells of *S. acus* subsp. *Radians* is also elongated. It is possible to observe EPR cisterns in the nucleus invagination. This form of the nucleus enlarges its surface and provides the best contact with other cell organelles via nuclear pores observed in invaginations of nuclear membrane. In the area of nucleus invagination, there is also mass fusion of vesicles from Golgi apparatus with the outer membrane of the nuclear envelope. This testifies to the active transport of substances.

ЦИТОЛОГИЯ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ Бедошвили Е.Д., Лихошвай Е.В.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Классическая систематика диатомей основана на морфологии их кремнистого панциря, и главным методом исследования долгое время являлись СМ и СЭМ. Недавно на основе анализа нуклеотидных последовательностей ядерных генов 18S рРНК и генов хлоропластов была предложена новая классификация (Medlin L.K., Diatom Res., 1997, pp. 371-379; Medlin L.K., Kaczmarska I., Phicologia, 2004, pp. 245-273; Medlin L.K., The Timetree of life, 2009, pp. 127-130). Для поддержки молекулярной филогении были использованы данные о строении клетки – особенности ультраструктуры хлоропластов, количество и расположение аппаратов Гольджи и некоторые другие признаки (Medlin, Kaczmarska, 2004). Однако, имеющиеся данные о строении клеток диатомовых водорослей разрозненны и не охватывают все крупные систематические таксоны (порядки, семейства) BACILLARIOPHYTA, поэтому новые данные об ультраструктуре диатомовых водорослей, представляющих различные классы, актуальны для систематики диатомей. В результате данного исследования методами световой и просвечивающей электронной микроскопии были выявлены особенности ультраструктуры клеток нескольких видов диатомовых водорослей (Aulacoseira baicalensis, Thalassiosira proschkinae, Chaetoceros muelleri, Attheya ussurensis, Synedra acus subsp. radians, Cymbella ventricosa) принадлежащих к основным таксономическим группам и всем филогенетическим кладам.

Некоторые особенности ультраструктуры клеток диатомовых водорослей во многом обусловлены их размерами и формой. Так, виды, относящиеся к разным классам, но имеющие сходные размеры и форму клеток, имеют общие черты строения. Например, в мелких клетках *C. muelleri* и *T. proschkinae* около ядра расположен один аппарат Гольджи, у *A. ussurensis* – один или два, у *A. baicalensis* и *C. ventricosa* – до четырех, а в узких клетках вытянутой формы *S. acus* subsp. *radians* – шесть. Для *C. muelleri* и *T. proschkinae* характерны крупные митохондрии (иногда разветвленные), у крупных видов, таких как *A. baicalensis* и *S. acus* subsp. *radians*, многочисленные длинные и узкие митохондрии вытянуты вдоль клетки. Ядро в клетках *S. acus* subsp. *radians* также удлиненное, в инвагинации ядра можно наблюдать цистерны ЭПР. Такая форма ядра увеличивает его поверхность и обеспечивает лучший контакт с другими клеточными органеллами через ядерные поры, отмеченные в инвагинациях ядерной мембраны. В районе инвагинации ядра наблюдается также массовое слияние везикул от аппарата Гольджи с наружной мембраной ядерной оболочки, свидетельствующее об активном транспорте веществ.

INTERACTIONS BETWEEN DIATOMS AND BACTERIA DURING BIOFILM FORMATION Bruckner C.G., Grossart H.-P.* and Kroth P.G.**

Leibniz-Institute for Baltic Sea Research Warnemünde, Biological Oceanography, D-18119 Rostock, Germany *Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries, Limnology of Stratified Lakes,

OT Neuglobsow D-16775 Stechlin, Germany

**University of Konstanz, Dept. of Biology, Plant Ecophysiology, D-78457 Konstanz, Germany <u>christian.bruckner@io-warnemuende.de</u>

The littoral zone of freshwater lakes is an area of high primary production. Surfaces in these shallow waters are often covered by biofilms consisting mainly of algae and bacteria. Not much is known about the interaction of these organisms. Interestingly in our laboratories systematic purification of epilithic diatoms from biofilms of Lake Constance resulted in axenic strains that no longer produce biofilms – obviously diatom/bacteria interactions are important for biofilm formation. By different experiments we investigated these interactions: By using defined co-cultures of representative epilithic diatoms and bacteria from Lake Constance biofilms and diatoms treated with spent bacterial medium we tested experimentally whether EPS, amino acids or carbohydrates are involved in such diatom/bacteria interactions. Bacteria were found to influence growth and biofilm formation of most diatoms, either direct or by constitutively released soluble substances. We found that concentrations and ratios of individual dissolved free amino acids (DFAA) or DFAA-pools changed in diatom cultures when grown in the presence of bacteria, and we hypothesize that DFAA might be one class of substances that may regulate growth rate and cell density of diatoms in biofilms. Furthermore bacteria had a strong influence on the secretion of EPS by the diatoms: diatom proteins were found to be influenced in quality and quantitatively by bacteria.

To characterize extracellular proteins that are induced or up-regulated during diatom/bacteria interactions the model organisms *Phaeodactylum tricornutum* and *Escherichia coli* were grown as flocculating biofilm aggregates; both, diatom and bacteria proteins were identified via mass spectrometric analysis. The identified proteins were putatively related to different functions: (1) attachment, either to the substratum or to form cell/cell aggregates; (2) secretion, modification and uptake of extracellular polymeric substances (EPS) and amino acids or carbohydrates; (3) direct chemical interactions between diatoms and bacteria that can range from processes like signaling to mucus degradation; (4) osmotic shifts, pH shifts and ion deprivation;

Interactions between both groups of biofilm microorganisms seem to be regulated by a complicated "conversation" based on many different signals. Bacteria seem to control diatom growth via DFAA beside other substances, and may be regarded as microbial gardeners shaping the biofilm flora.

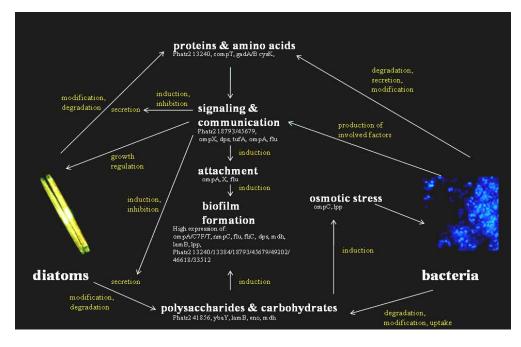


Fig. 1: Hypothetical model about diatom/bacteria interactions during biofilm formation/aggregation. This model shall demonstrate how complicated diatom/bacteria interactions are and does not claim to be plenary. Bacteria are thought to control diatom growth and EPS secretion via soluble factors, possibly amino acids, whereas the diatoms control bacterial growth via released nutrients.

STOMATOCYSTS OF CHRYSOPHYTA IN MIOCENE DEPOSITS OF VITIM PLATEAU Firsova A.D., Usol'tseva M.V., Vorobyova S.S., Maslennikova M.M.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia firsova@lin.irk.ru

First, using SEM, morphology and distribution of chrysophytae cysts from a core of the hole 7236are studied. Total thickness of the cross-section studied was 123 m (depths interval is 126-249 m). The hole opened lacustrine sediments with three basalts horizons which were dated by K–Ar method. The age of mean basalts horizon corresponded to the boundary of Middle and Upper Miocene.

In total, we found in the core 60 cysts morphotypes, 9 of them are novel for the science. It is shown that the cysts occurred in different amounts along the whole core studied (Usol'tseva M.V., et al. Russian Geology and Geophysics, 2008, pp. 360-362). To study the character of the distribution of different morphotypes they were divided by form, ornamentation and collar structure into 28 groups (GV). The dominant groups are shown in the figure.

It is revealed that the distribution of morphotypes groups in the core had a different character. Major part of morphotypes groups occurred practically at all depths studied, (e.g., GV 1, GV 2 and GV 11), but their ratio varied along the section.

The greatest diversity (18 morphotypes), at relatively low abundance of cysts (16.1 mln. specimens/g) is found out in the low core part (229 m), there dominated (25%) specimens with fine even hollows over all the cyst surface (GV 11). Morphotypes of such kind can be related to the stomatocyst 143 (Duff K. E. et al., Atlas of Chrysophycean Cysts., 1995, 189 p.).

In the upper core part (155 m) morphotypes amount decreased. We revealed only 10 morphotypes among which there dominated (34.5%) cysts GV 12 (Fig.) similar to the stomatocyst 094 (Duff K. E. et al., Atlas of Chrysophycean Cysts., 1995, 189 p.), reaching their maximum at this depth. There occurred also abundantly (27.1%) non-ornamented cysts GV 1 (Fig.). These cysts are widely distributed and occur both in Lake Baikal (Firsova A.D., Likhoshway Ye.V. Atlas of Chrysophytae of Lake Baikal, 2006, 148 p.) and in other water bodies

and can be related to several species, such as: *Paraphysomonas* (Stokes) De Saedeleer, *Chrysosphaerella longispina* Lauterborn, *Mallomonas striata* Asmund (Duff K. E. et al., Atlas of Chrysophycean Cysts., 1995, 189 p.).

The most interesting is the middle part of the core (depths interval 199–168 m). In that period, the conditions in the water body were most favourable both for cysts and for planktonic diatoms development (Usol'tseva M.V., et al. Russian Geology and Geophysics, 2008, pp. 360-362). Let us consider some samples.

In the sample from 177 m we can isolate the group 14 which reaches here its maximum of 26.3%. The morphotypes of this group are related to the species *Spinepheromonas trioralis* (Takahashi) Preisig et Hibbberd. In the sample from 174 m we observed the following morphotypes ratio: GV 1 (22.7%), GV 7 (20.2%), GV 9 (11.6%), GV 14 (10.4%). At 172 m there dominate the groups 13 (31.2%), 1 (15.2%), 11 (15.7%), 7 (7.9%), as well as a novel for science morphotype GV 21 appears (Fig.).

GV 1 dominates at 167 m, reaching 32% (Fig.). High values are reached by GV 13 (Fig.) – 15.8%, as well as morphotypes GV 3 (Fig.) – 10.2%.

The appearing of new cysts morphotype GV 21 occurred simultaneously with a new diatom algae species *L. peculiaris* Usoltseva et Khursevich, it states habitat condition change in this period.

The data obtained increase the idea on diversity on chrysophyta cysts morphotypes in Miocene and can be usable for paleoclimatic reconstructions.

The work is supported by Integrative Project of RAS SB and RAS FEB No 5& 09-II-CO-08-001.

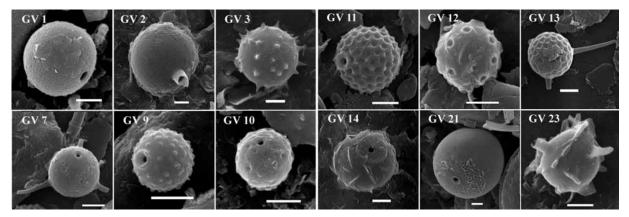


Fig. 1. Dominating groups of morphotypes of chrysophyta cysts from Vitim Plateau sediments (Доминирующие группы морфотипов цист золотистых водорослей из осадков Витимского плоскогорья).

СТОМАТОЦИСТЫ ЗОЛОТИСТЫХ ВОДОРОСЛЕЙ В МИОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВИТИМСКОГО ПЛОСКОГОРЬЯ

Фирсова А.Д., Усольцева М.В., Воробьева С.С., Масленникова М.М.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Впервые с помощью СЭМ исследована морфология и распределение цист хризофитовых водорослей в керне скв. 7236. Общая мощность исследованного разреза составила 123 м (интервал глубин 126-249 м). Скважина вскрыла озерные отложения с тремя горизонтами базальтов, которые датировались К–Аг методом. Возраст среднего горизонта базальтов соответствовал рубежу среднего и верхнего миоцена.

Всего в керне было обнаружено 60 морфотипов цист, из них 9 – новые для науки. Показано, что цисты встречались в различных количествах на протяжении всего исследуемого керна (Усольцева М.В. и др. Геология и геофизика, 2008, С. 360-362). Для изучения характера распределения различных морфотипов они были распределены по форме, орнаментации и строению воротничка на 28 групп (GV). Доминирующие группы показаны на рисунке.

Выявлено, что распределение групп морфотипов в керне имело различный характер. Большинство групп морфотипов встречалось практически на всех исследуемых глубинах, (например, GV 1, GV 2 и GV 11), но их процентное соотношение по разрезу изменялось.

Наибольшее разнообразие (18 морфотипов), при относительно невысокой численности цист (16,1 млн. экз./г) отмечено в нижней части керна (229 м), где доминировали (25%) экземпляры с мелкими равномерными вмятинами по всей поверхности цисты (GV 11). Морфотипы такого вида можно соотнести со стоматоцистой 143 (Duff K.E. et al., Atlas of Chrysophycean Cysts, 1995, 189 р.).

В верхней части керна (155 м) количество морфотипов сократилось. Выявлено всего 10 морфотипов, из которых преобладали (34,5%) цисты GV 12 (fig.), сходные со стоматоцистой 094 (Duff K.E. et al., Atlas of Chrysophycean Cysts, 1995, 189 р.), достигая на этой глубине своего максимума. Также обильно встречались (27,1%) неорнаментированные цисты GV 1 (fig.). Эти цисты являются широко распространенными и встречаются как в Байкале (Фирсова А.Д., Лихошвай Е.В. Атлас цист хризофитовых водорослей озера Байкал, 2006, 148 с.), так и других водоемах и могут относиться к

нескольким видам, таким как: Paraphysomonas (Stokes) De Saedeleer, Chrysosphaerella longispina Lauterborn, Mallomonas striata Asmund (Duff K.E. et al., Atlas of Chrysophycean Cysts, 1995, 189 p.).

Наиболее интересной является средняя часть керна (интервал глубин 199–168 м). В этот период условия в водоеме были наиболее благоприятны как для развития цист, так и планктонных диатомей (Усольцева М.В. и др. Геология и геофизика, 2008, С. 360-362). Рассмотрим на примере нескольких образцов.

В образце 177 м можно выделить группу 14, которая достигает здесь своего максимума 26,3%. Морфотипы этой группы относятся к виду Spinepheromonas trioralis (Takahashi) Preisig et Hibbberd. В образце 174 м наблюдалось следующее соотношение морфотипов: GV 1 (22,7%), GV 7 (20,2%), GV 9 (11,6%), GV 14 (10,4%). На 172 м доминируют группы 13 (31,2%), 1 (15,2%), 11 (15,7%), 7 (7,9%), а также появляется новый для науки морфотип GV 21 (fig.).

GV 1 доминирует на 167 м, достигая 32% (fig.). Высоких величин достигают GV 13 (fig.) - 15,8%, а также морфотипы GV 3 (fig.) - 10,2%.

Появление нового морфотипа цист GV 21 произошло одновременно с появлением нового вида диатомовых водорослей L. peculiaris Usoltseva et Khursevich, что фиксирует смену условий обитания в данный период.

Полученные данные расширяют представление о разнообразии морфотипов цист золотистых водорослей миоцена и могут быть применимы для палеоклиматических реконструкций.

Работа выполнена при поддержке Интеграционных проектов СО РАН и ДВО РАН №5, 09-II-CO-08-001.

METAGENOMICS ANALYSIS OF THE BACTERIAL COMMUNITY ASSOCIATED WITH DIATOM ALGA SYNEDRA ACUS

Galachyants Y.

Limnological Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia yuri.galachyants@lin.irk.ru

Metagenomics analysis becomes powerful and widely used tool to decipher complex bacterial communities from specific microbiomes and environmental samples. A metagenomics approach gets new breadth with the advent of the high-throughput sequencing technologies which allow to sample many thousands of short DNA fragments from a specimen of the question simultaneously for a reasonable time. In the present report we accessed a taxonomy composition and functional properties of the microbial community associated with the unialgal culture of a freshwater araphid diatom *Synedra acus* var. *radians* (Kütz.) using 454 pyrosequencing platform.

Pyrosequencing of the total DNA samples was performed using the standard shotgun library preparation with Titanium chemistry followed by GS FLX sequencing (Centre "Bioengineering", RAS, Moscow). DNA samples under analysis are presented in Table 1. For samples A-E, DNA was isolated from untreated *S. acus* culture, whereas for the sample F, *S. acus* culture have been infiltrated through 5 µm polycarbonate filter before DNA isolation. During infiltration step, a considerable amount the free-living bacteria have been removed from the sample F. As a part of the complete genome project, we have sequenced a total DNA isolated from the axenic *S. acus* culture (sample H). *S. acus*-specific reads have been dismissed from metagenomic samples AE and F using CD-HIT package (Table 1, last two rows). A metagenomic read is claimed to be diatom-specific if i) it has more than 98% identity with any read from sample H and ii) the pairwise alignment of the metagenomic pyrotag with the diatom-specific read from sample H covers more than 60% of the latter sequence.

A phylotype composition analysis was performed by STAP pipeline and k-mer Bayesian classifier (mothur package) using 16S rRNA pyrotags. To perform a multi-sample comparison of the operating protein families (OPFs), we first computed all-against-all BLAST hits for ORFs found in metagenomic reads using mpiBLAST and then clustered ORFs into OPFs using mothur package. Finally, one hundred most abundant shared and non-shared OPFs were searched in PFAM database to map functional annotations.

According to the analysis of the taxonomic phylotypes and OPFs, unialgal culture of *S. acus* was shown to contain a complex and unevenly distributed microbial community. This community consists of bacteria from a wide range of taxa including Bacteroidetes, α -, β -, and γ -Proteobacteria. Noticeably, the taxonomic composition of the sample AE substantially differs from that of sample F. The most dramatic change is an almost complete absence of γ -Proteobacteria phylotype in the sample F which is explained by a decrease of Pseudomonadalesspecific rRNA pyrotags. Patterns of the taxonomic composition in samples AE and F suggest that members of Bacteroidetes (Flavobaceriales, Saprospirales, and Flexibacteriales) and α -Proteobacteria (Rhodobacteriales and Caulobacteriales) phylotypes are likely to be associated with the diatom cell wall. These bacteria could be the primary consumers of bounded diatom extracellular polymeric substances (EPS). From the other hand, members of γ -Proteobacteria phylotype are either passenger bacteria or microbes that feed on unbounded EPS.

This work was financially supported by RFFI grant #09-04-12231 ofi-m. We thank distributed computing group of IDSTU SB RAS and particularly Ivan Sidorov in help to perform CPU-consuming stages of the analysis.

Table 1. Samples description and data processing.

Isolation of DNA from unialgal culture	Sample	AE*	F	H**
	Description, metadata collection***	A, ABA, BA, SB	A, ABA, SB	А
Pyrosequencing	# of reads	2.4M	905K	1.1M
	Bulk DNA	500M	350M	296M
Data filtration****	# of reads	2.3M	870K	1M
	Bulk DNA	470M	320M	378M
Removing S. acus-specific reads	# of reads	2.25M	785K	NA
	Bulk DNA	466M	290M	NA
	# of ORFs	1.5M	563K	NA

* – Samples enumerated according to GS FLX run; four GS FLX runs (A-E) have been performed on the total untreated metagenomic DNA; these runs were merged for subsequent analysis; ** - total DNA isolated from axenic *S. acus* culture; *** - according to epifluorescent microscopy, SEM, and TEM (A – alga cells, ABA – alga-bacterial aggregates, BA – bacterial aggregates, SB – single bacteria); **** – by Gomez-Alvarez et al., ISME J. 2009.

HOMOLOGY OF BACTERIA PROTEINS, DIATOMS AND SPONGES PARTICIPATING IN BIOMINERALIZATION, AND HUMAN AND OTHER ANIMALS PROTEINS Golokhvast K.S., Pamirsky I.E.*, Panichev A.M.**

Institute of gas and oil Far East State Technical University, 37, Pushkinskyay st., Vladivostok 690600, Russia *Amur state medical academy, 95, Gorky st., Blagoveshchensk 675000, Russia **Pacific institute of geography FEB RAS, 7, Radio st., Vladivostok 690041, Russia

In this paper computer research data of silicateins (50), silicases (1), silaffins (5), silicon transporters and magnetosome proteins (97) are presented. The research was carried out with the use of biological processing servers UniProt (<u>www.uniprot.org</u>) and Blast (<u>www.ncbi.nlm.nih.gov</u>).

According to the theory of matrix synthesis organic world appeared on the basis of inorganic crystals. At present between minerals and living organisms we can see a lot of interrelations (Naymark etc. 2009). There is an opinion that on the Earth, at first, "mineral" organisms appeared (Bernal, 1952; 1967; Cairns-Smith, 1966, 1975, 1979, 1985, 2001, 2008), and then during long evolution on their basis, protobiological structures arose which then helped the first protocells to come into the world. Several scientists (Bernal, 1967; Golubev, 1976, 1981, 1983, 1987, 1989; Kostetsky et al., 1981; Nisbet, 1986; Golubev, Gerasimenko, 1989; Deamer, Pashley, 1989; Bachmann et al., 1992; Ferris et al., 1993, 1996, 1999; Ertem, Ferris, 1998; Parsons et al., 1998; Smith, 1998; Weber, 1998; Kostetskiy, 1999, 2005; McClendon, 1999; Nisbet, Sleep, 2001; Franchia, Gallori, 2000, 2005; Schoonen et al., 2004; Cockell, 2006; Cherkasov, 2007; Yushkin et al., 2007; Golubev, Golubev, 2009) think that living organisms appeared because of keystone biomolecules and biostructures matrix synthesis based on inorganic matrix. Minerals in this case were the first catalysts (Ferris, Kawamura, 1999; Pestunova et al., 2007). In this case we can suppose the first part of minerals participated in matrix synthesis, the second was as ion-exchange reactor; the third part could be catalyst or fulfill other functions. This whole mineral ensemble carried out the main function on the Earth – created life. In spite of different theories of evolution whatever we studied, one thing is evident – organic and inorganic world co-evolve.

Today we know approximately 300 sorts of biominerals and nearly 50 of them are in human organism (Yushkin et al., 2007).

We can suppose the first biomolecules which were synthesized on inorganic matrix spontaneously must have maximum affinity to some mineral lattices. Therefore, we consider some biopolymers which were modified and still exist in living organisms must be among specific enzymes and transporters working with minerals.

There are a number of enzymes which use crystal lattices as substratum (silicic minerals, apatite and some others). For instance, silicateins, silicases, silaffins – the proteins which are able to form and destroy inorganic structures on the basis of silicon, such as silica (SiO_2). It was shown that forming silica in sponges is enzymatic process opposite from forming silica in diatoms, which took place together with polyamines (Kröger et al., 2000) and/or polycationic peptide – silaffins where the remains of lysine are modified by methilpropylamine units (Kröger et al., 1999, 2001).

Continuing this theme definite interest so called magnetosomes discovered in some bacteria represents. Synthesis of these natural nanoparticles is regulated with the help of special genes (Mam, Mms etc.). Biomineralization in magnetosomes is considered to be similar to the processes of crystallization in other biominerals. With the help of these organelles bacteria react the magnetic field and orientate in the space (Blakemore, 1975; Chubukov, 1982; Schüler, 2008; Jogler, Schüler, 2009; Nakazawa et al., 2009).

It is shown that the proteins which have the biomineralization mechanism and homological to them are widely spread in the tree of life and could be met in different organisms starting with protozoa to humans.

Silicateins, silicase, silaffins, silicon transporters, magnetosome proteins and their homologues are met in a great deal of life forms. Probably a lot of organisms lost the ability to utilize such compounds as silica and ferrites, and genes codifying special proteins for this "keep silence" or they changed. It is evident that appearing and developing of living organisms always exist in constant interrelations with mineral environment.

We can suppose the problem of life origin and evolution on the Earth will be solved after decoding biomineralization mechanisms and phylogenetic ties of proteins taking part in this processes.

TAXONOMIC COMPOSITION OF FOULING MICROALGAE IN THE NEAR SHORE ZONE OF NYACHANG GULF OF SOUTH CHINA SEA Koval'chuk Yu.L., Poltarukha O.P.

Russian Academy of Sciences Institution Severtsov Institute of Ecology and Evolution Problems,

33, Leninskij ave., Moscow 119071, Russia

wtc-karpov@rambler.ru

Diatom microalgae from fouling communities of tropical seas are insufficiently studied up to nowadays. At the same time, the importance of this group both in the succession of fouling communities and in the process of primary production formation in near-shore waters is rather high. From 1995 to 2009, in the near-shore part of Nya chang Gulf of South China Sea (Vietnam), the authors studied the floristic composition and the abundance of diatom algae in the foulings of natural (rocks, large stones), and artificial (experimental glass lames) of hard substrates. Using scrapers or scalpels, we took from rocks and stones samples of a good quality in the water edge zone and at the depth of 0.5 m. At experimental lames which were ground slides, we performed both qualitative and quantitative studies. The glass lames were fixed with special devices in which they were exposed in two sites of Nyachang Gulf at the depth of 1 m. After definite time intervals (2 hours, 1, 3, 5, 15, 25 and 30 days), the glasses were taken away and transferred in marine water in the laboratory for the studies.

In total, we found out in the near-shore part of the gulf 37 species and varieties of diatom algae which are related to 3 classes, 14 orders, 17 families, 23 genera. Among the hard substrates foulings of the area studied, the representatives of the class Bacillariophyceae dominate, their fraction is 59.5% of total species amount. This class in fouling communities from Nyachang Gulf near-shore zone is represented by 5 orders, 8 families, 10 genera, 22 species and varieties. Species diversity of two other classes of diatom algae in fouling communities from the area studied is comparatively little. The class Coscinodiscophyceae is represented by 5 orders, 4 families, 7 genera, 8 species and varieties. The maximal species diversity was appropriate to the genera *Nitzschia* (6 species) and *Navicula* (5 species).

The formation and development of diatom foulings is noticeably impacted by the breakers factor manifested in particular in the water edge zone. This fact has probably resulted in an abundant development of the species forming slimy or hollow colonies (*Navicula pennata* var. *pontica*, *Nitzschia longissima*) in the most surfed area of Nyachang Gulf – on the Nok Island littoral.

On the littoral of Che Island exposed to a weak or partly moderate surf, the fouling community at constantly sprinkled stones looked like a grayish, somewhere brown, two-level slimy film formed mainly by *Synedra* sp. and *Mastogloia* sp.

A considerable factor influencing the structure of diatom foulings structure and their quantitative characteristics are different pollutions. The most resistant to pollutions diatom algae are related to the genera *Melosira, Navicula, Synedra, Nitzschia.* The representatives of these genera were developed in mass in the fouling communities in the Western part of Nyachang Gulf the most impacted by human activity. E.g., in the fouling from glass lames exposed in the area of Nyachang City beach in 25 m from the shore, diatom algae of the genus *Melosira* dominated; as it is known, they develop in mass in eutrophicated waters.

While on natural hard substrates we studied perennial diatom algae colonies, the initial stages of succession of diatom algae communities were studied on glass lames with exposition term up to 30 days. A high abundance of diatom algae in glass lame foulings was mainly due to a mass development of representatives of the genera *Navicula* and *Nitzshia* dominating in a diatom fouling during the whole studied period of their exposition.

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ОБРАСТАНИЯ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ЗАЛИВА НЯЧАНГ ЮЖНО-КИТАЙСКОГО МОРЯ Ковальчук Ю.Л., Полтаруха О.П.

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, 33, Ленинский пр., Москва 119071, Россия

Диатомовые микроводоросли сообществ обрастания тропических морей до настоящего времени исследованы недостаточно. Вместе с тем значение этой группы, как в сукцессии сообществ обрастания, так и в процессах формировании первичной продукции прибрежных вод, достаточно велико. В период с 1995 по 2009 гг. в прибрежной части залива Нячанг Южно-Китайского моря (Вьетнам) авторы изучали флористический состав и численность диатомовых водорослей в обрастаниях естественных (скал, крупных камней), а также искусственных (опытные пластины из стекла) твердых субстратов. Со скал и камней скребками или скальпелем отбирались качественные пробы в зоне уреза воды и на глубине 0,5 м. На опытных пластинах, представлявших собой предметные стекла, помимо качественных проводили также количественные исследования. При этом стеклянные пластины укреплялись в специальных приспособлениях, в которых они экспонировались в двух точках залива Нячанг на глубине 1 м. Через определенные промежутки времени (2 часа, 1, 3, 5, 15, 25 и 30 суток) стекла извлекали и в морской воде доставляли в лабораторию для исследований.

Всего в прибрежной части залива выявлено 37 видов и вариететов диатомовых водорослей, которые относятся к 3 классам, 14 порядкам, 17 семействам, 23 родам. В составе обрастаний твердых субстратов исследованного района преобладают представители класса Bacillariophyceae, составляющие 59,5% от общего числа видов. Этот класс в сообществах обрастания прибрежной зоны залива Нячанг представлен 5 порядками, 8 семействами, 10 родами, 22 видами и вариететами. Видовое разнообразие двух других классов диатомовых водорослей в сообществах обрастания исследованного района сравнительно невелико. Класс Coscinodiscophyceae представлен 5 порядками, 6 родами, 7 видами и вариететами. Класс Fragilariophyceae представлен 4 порядками, 4 семействами, 7 родами, 8 видами и вариететами. Наибольшим видовым разнообразием отличались роды *Nitzschia* – 6 видов и *Navicula* – 5 видов.

Заметное влияние на формирование и развитие диатомовых обрастаний оказывает фактор прибойности, особенно проявляющийся в зоне уреза воды. По-видимому, это обусловило массовое развитие видов, образующих слизистые или трубчатые колонии (*Navicula pennata* var. *pontica*, *Nitzschia longissima*), в наиболее прибойном районе залива Нячанг – на литорали острова Нок.

На литорали острова Че, подверженной слабому или частично умеренному прибою, сообщество обрастания на постоянно орошаемых камнях имело вид сероватого, местами коричневого, двухъярусного слизистого налета, образованного в основном *Synedra* sp. и *Mastogloia* sp.

Существенным фактором, влияющим на структуру сообществ диатомовых обрастаний и их количественные характеристики, являются различного рода загрязнения. Наиболее устойчивые к загрязнениям диатомовые водоросли относятся к родам *Melosira*, *Navicula*, *Synedra*, *Nitzschia*. Представители этих родов массово развивались в сообществах обрастания в западной части залива Нячанг, наиболее подверженной антропогенному воздействию. Так в обрастании стеклянных пластин, экспонировавшихся в районе пляжа г. Нячанга на расстоянии 25 м от берега, доминировали диатомовые водоросли рода *Melosira*, которые, как известно, массово развиваются в эвтрофированных водах.

В то время как на естественных твердых субстратах изучались многолетние поселения диатомовых водорослей, начальные стадии сукцессии сообществ диатомовых водорослей исследовались на стеклянных пластинах со сроком экспозиции до 30 суток. Высокая численность диатомовых водорослей в обрастаниях стеклянных пластин была обусловлена, в основном, массовым развитием представителей родов *Navicula* и *Nitzshia*, доминирующих в диатомовом обрастании на протяжении всего исследованного срока их экспозиции.

STUDIES ON RELATIONSHIPS OF THE DIATOM SYNEDRA ACUS SUPS. RADIANS WITH MICROORGANISMS ISOLATED FROM LAKE BAIKAL Kurilkina M.I., Zakharova Yu.P., Petrova D.P., Likhoshwav E.V.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

An algo-bacterial community is a convenient model for studies of trophic relationships, interspecific communication, as well as mutual inhibition or cooperation. Intracellular and extracellular associations exist between eukaryotic organisms-hosts and prokaryotes. Algae in such communities are nutrient suppliers to the system, and microorganisms associated with them can either stimulate their growth supplying with vitamins and products of mineralization of organic compounds or inhibit the development of microorganisms causing their death (Reinman L. et al., Appl. Environ. Microbiol., 2000, pp. 578–587; Croft M.T. et al., Nature, 2005, pp. 90–93; Droop M.R., J. Plankton Res., 2007, pp. 107–113). For the past decade, one of the aspects of investigations, which is of great scientific interest, is the role of bacteria in the destruction of diatoms during their settling and diagenesis (Field C.B. et al., Science, 1998, pp. 237–240).

The aim of this work was to study relationships of the diatom *Synedra acus* subsp. *radians* (Kütz.) Skabitsch. with association of associated bacteria. Water samples were collected at the central site Ukhan-Tonky (Central Baikal) from the depths of 0 m (surface layer), 25 m, 700 m, 1465 m, 1515 m, 1560 m, and 1570 m (near-bottom layer) in the year of absolute dominance of this alga in spring phytoplankton. Total abundance of bacteria varied from 0.5×10^5 to 2.4×10^6 cells/mL being maximal in the surface and near-bottom water layers. DAPI staining revealed that bacteria actively colonized diatoms concentrating on the surface and inside the cells of dead diatoms. Microorganisms were grown in Petri dishes on the fish-peptone agar (FPA/10) and on the original medium (DA). Hydrolyzate of the diatom *S. acus* subsp. *Radians* was the only source of carbon. As a result, we collected 68 natural strains of microorganisms for studying the effect of microorganisms on diatom growth under laboratory conditions.

Eleven strains with different culture and morphological characteristics were isolated from the near-bottom water layer. Polycultures were created during joint cultivation of the algae and bacteria on the liquid medium DM. For this purpose, during the stationary growth phase we added to the medium inoculates of axenic culture of *S. acus* subsp. *radians* and one of the bacterial strains. Cultivation was performed in a 96-well plates with flat bottom (400 μ l) in a miniincubator at 10°C and illumination of 16 μ mol/m² · c with the 12-hour alternation of day

and night. We observed the culture growth for 11 days till the late exponential phase or phase of growth declining. Cells were counted with a microscope Axiovert 200 ("Zeiss", Germany).

Cultures of *S. acus* associated with bacteria differed in some peculiar characteristics of growth. The addition of pure bacterial cultures to the pure algal culture with two strains (BW7-64 and BW7-68) stimulated the growth of polycultures. The abundance of diatom cells in them exceeded the growth of axenic culture. Strains BW7-58, BW7-59, BW7-62, BW7-63, BW7-65, and BW7-66 inhibited the algal growth during joint cultivation. Strain BW7-66 possessed the high level of activity inhibiting the growth. Complete degradation of chloroplasts and cell death of diatoms were observed in the polyculture with this strain.

Thus, we suppose that bacteria from a natural algo-bacterial community can produce metabolites with the opposite effect on algae, i.e. they can function both as stimulators or inhibitors of growth.

The work was supported by the RAS Presidium Programme "Origin and Evolution of Biosphere", Project No. 184, and RFBR Grant No. 09-04-12231-ofi-m.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ ДИАТОМОВОЙ ВОДОРОСЛИ SYNEDRA ACUS SUPS. *RADIANS* В АССОЦИАЦИИ С МИКРООРГАНИЗМАМИ, ИЗОЛИРОВАННЫМИ ИЗ ОЗ. БАЙКАЛ Курилкина М.И., Захарова Ю.Р., Петрова Д.П., Лихошвай Е.В.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Альго-бактериальное сообщество является удобной моделью для исследования трофических взаимоотношений, межвидовой коммуникации, а также взаимного подавления или кооперации. Известно, что между эукариотическими организмами-хозяевами и прокариотами, существуют внутриклеточные и внеклеточные ассоциации. Водоросли в таком сообществе являются поставщиками в систему питательных веществ, а ассоциированные с ними микроорганизмы могут, как стимулировать их рост, снабжая витаминами и продуктами минерализации труднодоступных соединений, так и подавлять развитие микроводорослей, в итоге приводя к их гибели (Reinman L. et al., Appl. Environ. Microbiol., 2000, pp. 578–587; Croft M.T. et al., Nature, 2005, pp. 90–93; Droop M.R., J. Plankton Res., 2007, pp. 107–113). Один из аспектов исследований последних десяти лет, который представляет большой научный интерес, – это определение роли бактерий в деструкции диатомей во время их осаждения и диагенеза (Field C.B. et al., Science, 1998, pp. 237–240).

Целью работы было исследовать взаимоотношения диатомовой водоросли *Synedra acus* subsp. *radians* (Kütz.) Skabitsch. в ассоциации с бактериальными спутниками. Пробы байкальской воды отбирали в год абсолютного доминирования этой диатомеи в весеннем фитопланктоне из Среднего Байкала на центральной станции Ухан-Тонкий с глубин 0 м (поверхностный слой), 25 м, 700 м, 1465 м, 1515 м, 1560 м, 1570 м (придонный слой). Общая численность бактерий варьировала от 0,5×10⁵ до 2,4×10⁶ кл/мл и была максимальной в поверхностном и придонном слоях воды. При микроскопии проб из этого слоя воды после окрашивания ДАФИ наблюдали, что бактерии активно колонизируют диатомовые водоросли и локализуются как на поверхности, так и внутри клеток погибших диатомей. Микроорганизмы выращивали в аэробных условиях на чашках Петри с рыбо-пептонным агаром, разбавленным в десять раз (РПА/10) и на оригинальной среде (ДА), в составе которой единственным источником углерода являлся гидролизат диатомовой водоросли *S. acus* subsp. *radians*. В результате для проведения лабораторных исследований влияния микроорганизмов на рост диатомей получена коллекция из 68 природных штаммов микроорганизмов.

Из придонного слоя воды выделено 11 штаммов, различающихся по культуральным и морфологическим свойствам. При совместном выращивании водоросли и бактерий на жидкой среде ДМ создавали поликультуры, для этого в среду вносили инокуляты аксеничной культуры *S. acus* subsp. *radians* и одного из испытуемых штаммов бактерий в стационарных фазах роста. Культивирование проводили в 96-луночных планшетах с плоскодонными лунками объемом 400 мкл в миниинкубаторе при 10°С и освещенности 16 мкмоль/м² с чередованием дня и ночи (12:12). За ростом культуры наблюдали в течение 11 суток до поздней экспоненциальной фазы или фазы замедления роста, клетки подсчитывали с помощью инвертируемого микроскопа Axiovert 200 («Zeiss», Германия).

В процессе экспериментов было показано, что ассоциированные с бактериями культуры *S. acus* различались некоторыми особенностями роста. Добавление чистых культур бактерий к чистой культуре водоросли с двумя штаммами (BW7-64, BW7-68) стимулировало рост поликультур, численность клеток диатомей в них превысила рост аксеничной культуры. Штаммы BW7-58, BW7-59, BW7-62, BW7-63, BW7-65, BW7-66 ингибировали рост водоросли при совместном культивировании. Наибольшей угнетающей рост активностью обладал штамм BW7-66, в поликультуре с которым наблюдали полную деградацию хлоропластов и гибель клеток диатомей.

Таким образом, можно предположить, что бактерии из природного альго-бактериального сообщества, могут вырабатывать метаболиты с противоположным действием на водоросль, т.е. выполнять роль как стимуляторов так и ингибиторов роста.

Работа выполнена в рамках Программы Президиума РАН «Происхождение и эволюция биосферы», проект № 18.4 и гранта РФФИ-№ 09-04-12231-офи-м.

REPRESENTATIVES OF THE FAMILIES ACHNANTHACAE AND ACHNANTHIDIACE (BACILLARIOPHYTA) IN THE LITTORAL ZONE OF LAKE BAIKAL

Makarevich O.Yu., Pomazkina G.V., Rodionova E.V.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

lolialo@lin.irk.ru

Diatoms are the most common group of algae that play a very important role in production processes occurring in the littoral zone and in self-purification of water bodies. The families *Achnanthaceae* Kütz. 1844 and *Achnanthidiaceae* Mann 1990 from the order Achnanthales (Round *et al.* 1990) consist of a great number of taxa playing an important role in the formation of diatom communities in freshwater environments (Round, Bukhtiyarova 1996a). At present, the family *Achnanthaceae* is divided into 5 genera (211 species): *Achnanthes* Bory 1822; *Astertiella* Witkowski, Lange-Bertalot, Metzeltin 1998; *Pauliella* F.E. Round & P.W. Basson 1997; *Pogoneis* F. E. Round et Basson 1997; and *Vikingea* Witkowski, Lange-Bertalot, Metzeltin 2000. The family *Achnanthidiaceae* is represented by 8 genera (106 species): *Achnanthidium* F.T. Kützing 1844; *Eucocconeis* P.T. Cleve ex F. Meister 1912; *Karayevia* Round and Bukhtiyarova ex Round 1996; *Kolbesia* Round and Bukhtiyarova ex Round 1996; *Lemnicola* Round & Basson, 1997; *Planothidium* Round and Bukhtiyarova 1996.

Earlier, 37 species, variations and forms of these families were found in Lake Baikal (Meier, 1930; Skvortsov, 1937; Håkansson & Flower, 1993). Electron scanning microscopy and taxonomic transformations of the recent years (Bukhtiyarova & Round 1996; Round, Bukhtiyarova 1996b; Round & Basson, 1997; Fourtanier & Kociolek 1999; Lange-Bertalot 1999; Kingston 2000; Potapova & Ponader 2004; Manoylov 2007; Bukhtiyarova 2007a; 2007b) allowed the researchers to more objectively estimate the species composition of these families and to revise taxonomic belongings of the species.

We analyzed samples obtained within the framework of the International Project "Darwin Initiative" in June-July of 1997-1998.

We identified 29 species, variations and forms belonging to 8 genera: Achnanthes, Achnanthidium, Eucocconeis, Karayevia, Kolbesia, Planothidium, Psammothidium, and Rossithidium. The following diatoms were for the first time registered in Lake Baikal: Achnanthidium exiguum (Grun.) Czarn., Achnanthidium deflexum (Reimer) King., Psammothidium altaicum Bucht., Psammothidium biorettii (Germain) Bukht. et Round, Psammothidium rossii (Hust.) Bukht. et Round, Psammothidium grischunum f. daonensis (Lange-Bertalot) Bukht. & Round, Psammothidium helveticum (Hust.) Bukht. et Round, Rossithium linearis (Smith) Round & Bukht., Eucocconeis laevis (Østrup) Lange-Bertalot, Karayevia kolbei (Hust.) Bukht., and Karayevia ploenensis (Hust.) Bukhti. Moreover, a novel species Psammothidium sp. was identified (Fig. 1).

The comparison of the data obtained with the previous data showed that *Planothidium lanceolatum* (Bréb.) Round & Bukhti. and *Planothidium ellipticum* (Cl.) Round & Bukht. are typical of Lake Baikal. We have not found *Achnanthes bistriata* Skv. and *Eucocconeis elliptica* Skv. recorded by K.I. Meier (1930), *Karayevia clevei* var. *rostrata* (Hust.) Kingst., *Achnanthes exigua* var. *baikalensis* Skv., *Achnanthes lacus baicali* Skv., and *Eucocconeis onegensis* Wisl. & Kolbe found by B.V. Skvortsov (1937), as well as *Achnanthes borealis* Cl., *Achnanthes lanceolata* var. *ventricosa* Hust. registered by Håkansson and Flower (1993). The list of novel and interesting species for Lake Baikal proposed by V. Yasnitsky (1936) contained 6 representatives of the genus *Achnanthes*, from which we registered 2 species (*Achnanthes gracillima* Hust. and *Achnanthes skvortzovii* Jasnitsky). The species *Achnanthes angustissima* Jasnitsky, *Achnanthes dispar* var. *capitata* Jasnitsky, *Achnanthes dorogostaiskii* Jasnitsky, and *Achnanthes koshovii* Jasnitsky have not been revealed. The most abundant species in the littoral zone of Lake Baikal are *Achnanthes meyeri* Skv., *Achnanthes striata* Skv. & Meyer, *Achnanthidium minutissimum* (Kutz.) Czarnecki, and *Karayevia laterostrata* (Hust.) Bukht.

Representatives of the families Achnanthaceae and Achnanthidiaceae are widely spread in the littoral part of the lake. However, they are not numerous. The majority of species are oligo-xenosaprobionts.

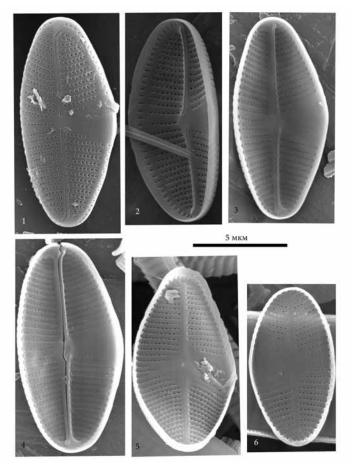


Fig. 1. Psammothidium sp. nov. "Quanta 200" FEI Company. (1 – Raphe valve, external view, 2-4 – Raphe valve, internal view, 5-6 – Rapheless valve, internal view).

ПРЕДСТАВИТЕЛИ СЕМЕЙСТВ ACHNANTHACAE И ACHNANTHIDIACE (BACILLARIOPHYTA) В ЛИТОРАЛИ ОЗ. БАЙКАЛ

Макаревич О. Ю., Помазкина Г. В., Родионова Е. В.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Диатомовые – широко распространённая группа водорослей, которые играют важную роль в продукционных процессах прибрежной зоны и самоочищении водоёмов. Семейства Achnanthaceae Kütz. 1844 и Achnanthidiaceae Mann 1990, из порядка Achnanthales (Round_et al. 1990) включают в себя большое число таксонов, играющих важную роль в формировании сообществ диатомовых в пресных водоёмах (Round, Bukhtiyarova 1996a). Achnanthaceae на сегодняшний день разделено на 5 родов (211 видов): Achnanthes Bory 1822; Astertiella Witkowski, Lange-Bertalot, Metzeltin 1998; Pauliella F.E. Round & P.W. Basson 1997; Pogoneis F. E. Round et Basson 1997; Vikingea Witkowski, Lange-Bertalot, Metzeltin 2000. Achnanthidiaceae на 8 (106 видов): Achnanthidium F.T. Kützing 1844; Eucocconeis P.T. Cleve ex F. Meister 1912; Karayevia Round and Bukhtiyarova ex Round 1996; Kolbesia Round and Bukhtiyarova ex Round 1996; Lemnicola Round & Basson, 1997; Planothidium Round and Bukhtiyarova 1996.

Ранее в оз. Байкал обнаружено 37 видов, разновидностей и форм этих семейств (Мейер 1930; Скворцов 1937; Håkansson & Flower 1993). Применение электронной сканирующей микроскопии, а также таксономические преобразования последних лет (Bukhtiyarova & Round 1996; Round, Bukhtiyarova 1996b; Round & Basson, 1997; Fourtanier & Kociolek 1999; Lange-Bertalot 1999; Kingston 2000; Potapova & Ponader 2004; Manoylov 2007; Бухтиярова 2007а; 2007б) позволили более объективно оценить видовой состав этих семейств и пересмотреть таксономическую принадлежность видов.

Материалом для исследования послужили сборы проб, в рамках международного проекта «Дарвинская инициатива», проведённые в июне-июле 1997-1998 гг.

Нами обнаружено 29 видов, вариаций и форм, принадлежащие 8 родам: Achnanthes, Achnanthidium, Eucocconeis, Karayevia, Kolbesia, Planothidium, Psammothidium, Rossithidium. Впервые для оз. Байкал отмечены Achnanthidium exiguum (Grun.) Czarn., Achnanthidium deflexum (Reimer) King., Psammothidium altaicum Bucht., Psammothidium biorettii (Germain) Bukht. et Round, Psammothidium rossii (Hust.) Bukht. et Round, Psammothidium grischunum f. daonensis (Lange-Bertalot) Bukht. & Round, Psammothidium helveticum (Hust.) Bukht. et Round, Rossithium linearis (Smith) Round & Bukht., Eucocconeis

laevis (Østrup) Lange-Bertalot, *Karayevia kolbei* (Hust.) Bukht., *Karayevia ploenensis* (Hust.) Bukhti. Кроме того, выявлен новый вид *Psammothidium* sp. (Fig. 1).

Сравнение полученных данных с предыдущими исследованиями показало, что *Planothidium lanceolatum* (Bréb.) Round & Bukhti. и *Planothidium ellipticum* (Cl.) Round & Bukht. являются типичными для Байкала. Нами пока не найдены *Achnanthes bistriata* Skv., *Eucocconeis elliptica* Skv. обнаруженные К. И. Мейером (1930), *Karayevia clevei* var. *rostrata* (Hust.) Kingst., *Achnanthes exigua* var. *baikalensis* Skv., *Achnanthes lacus baicali* Skv., *Eucocconeis onegensis* Wisl. & Kolbe Б. В. Скворцовым (1937), a также *Achnanthes borealis* Cl., *Achnanthes lanceolata* var. *ventricosa* Hust. Hakansson и Flower (1993). Предложенный В. Яснитским (1936) список новых и интересных видов для Байкала содержит 6 представителей рода *Achnanthes*, из них нами встречены 2 вида (*Achnanthes dispar* var. *capitata* Jasnitsky, *Achnanthes dorogostaiskii* Jasnitsky, *Achnanthes koshovii* Jasnitsky не выявлены. К часто встречающимся видам в литорали оз. Байкал относятся *Achnanthes meyeri* Skv., *Achnanthes striata* Skv. & Meyer, *Achnanthidium minutissimum* (Kutz.) Czarnecki, *Karayevia laterostrata* (Hust.) Bukht. При этом *Achnanthidium minutissimum* (Kutz.) Czarnecki имеет большую морфологическую изменчивость.

Представители семейств Achnanthaceae и Achnanthidiaceae широко распространены в литорали озера, однако больших количественных значений не образуют. Большинство видов являются олигоксеносапробионтами.

IDENTIFICATION OF PROTEINS OF AQUAPORINES IN PROTEIN EXTRACTS FROM THE DIATOM ALGA SYNEDRA ACUS Marchenkov A.M, Petrova D.P.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

Diatoms in modern water bodies of different type are one of the most widely distributed algal groups a peculiarity of which is a cell wall constructed of organic material and silica with a thin and ornamented structure.

Molecular mechanism of formation of species specific structure of diatoms cell wall remains little studied. It is known that silica deposition occurs inside a special organelle SDV (silicon deposition vesicles) with participation of proteins, polypeptides and long-chain species specific polyamines (Kröger N. et al., Sience, 1999, pp. 1129-1132). It was supposed that ar polymerization of siliceous acid in SDV, there occurs water accumulation (Grachev M. et al., BioEssays, 2008, pp. 328-337) which must remove by transfer proteines – aquaporins representing small membranous channels with molecular mass of ca. 30 kDa.

To find out aquaporins in the proteome of the diatom alga *Synedra acus* subsp. *radians* (Kütz.) Skabitsch, we performed biomass extractions by methods allowing to obtain proteins extracts of a wiode spectrum of molecular masses (Fig. 1a, 2a) (Frigeri L.G. et al., Molecular and Cellular Proteomics, 2006, pp. 182-193; Петрова Д.П. и др., Докл. AH, 2007, C. 113-116).

On the base of comparative analysis of amino acid sequence and aquaporins proteins hydropaty profiles done before at different representatives, we selected a peptide (ISGAHFNPAV – LSA-peptide) situating out of membrane, between first and second membranous bundles which can serve as a potential antigenic determinant. Polyclonal sera anti-LSA1 and anti-LSA2 obtained at immunization of a rabbit with a synthetic LSA-peptide (RusBiolink, Moscow) were used for revealing of aquaporin protein in proteinous fractions by immunoblotting method. We observed immunal staining of the protein with mass of ca.30 kDa in summary protein extract (Fig.1b) and in obtained at subsequent treatments of biomass of *S. acus* with 8 M urea and 2% DDS-Na, as well as of protein in the extract of *Escherichia coli* (Fig.2 b) which was taken in this work as a positive control.

Such selective binding at extraction with urea and DDS-Na can be explained by maximal outcome of membranous proteins at these stages. The mass of stained bands corresponds to references data on molecular masses of aquaporins proteins (Smith BL. et al., J. Biol Chem, 1991, pp. 6407–6415; Murata K. et al., Nature, 2000, pp. 599–605; Gorin MB. et al., Cell, 1984, pp. 49–59; Agre P. et al., Am J Physiol., 1993, pp. 461-463) and can suggest their finding in the proteome of the diatom alga *S. acus*.

This work was supported financially by the Program of Basis Research of RAS Presidium «Molacular Cell Biology» 6.3.

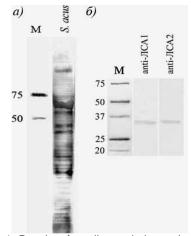


Fig. 1. Results of gradient gel-electrophoresis and immunoblotting. M is a marker of molecular masses ("Bio-Rad", USA); a) S. acus subsp. radians - summary protein, stain coomassie; b) anti-LSA1 and anti-LSA2 results of immunoblotting with antisera vs. synthetic peptide LSA obtained from different rabbits (Результаты градиентного гельэлектрофореза и иммуноблоттинга. М маркер молекулярных масс ("Bio-Rad", США); a) S. acus subsp. radians суммарный белок, окраска кумасси; б) anti-ЛCA1 И anti-ЛCA2 результаты иммуноблоттинга антисыворотками С против синтетического пептида ЛСА, полученные от разных кроликов).

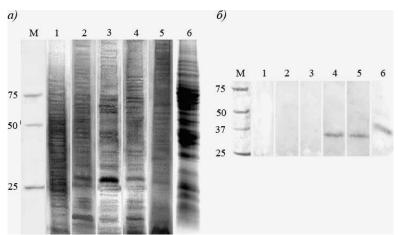


Fig. 2. Results of gradient gel-electrophoresis and immunoblotting of subsequent extracts of *S. acus* subsp. *radians* and protein extract of *E. coli.* a) staining with coomassie; b) immunoblitting with antiserum anti-LSA2 vs. synthetic peptide LSA; M is a marker of molecular masses ("Bio-Rad", USA); extraction: 1 - 10 mM Tris-HCl/1 mM CaCl₂, pH 7.4; 2 - 100 mM EDTA; 3 - 1M NaCl; 4 - 8M urea; 5 - 2% DDS-Na; b – protein extract of *E. coli.* (Результаты градиентного гель-электрофореза и иммуноблоттинга последовательных экстрактов *S. acus* subsp. *radians* и белкового экстракта *E. coli.* а) – окраска кумасси; б) – иммуноблоттинг с антисывороткой anti-ЛСА2 к синтетическому пептиду ЛСА; M - маркер молекулярных масс ("Bio-Rad", CША); экстракция: 1 - 10 mM Трис-HCl/1 mM CaCl₂, pH 7.4; 2 - 100 mM ЭДТА; 3 - 1M NaCl; 4 - 8M мочевина; 5 - 2% ДДС-Na; 6 - белковый экстракт*E. coli.*).

ИДЕНТИФИКАЦИЯ БЕЛКОВ АКВАПОРИНОВ В БЕЛКОВЫХ ФРАКЦИЯХ ИЗ ДИАТОМОВОЙ ВОДОРОСЛИ SYNEDRA ACUS Марченков А.М, Петрова Д.П.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Диатомовые водоросли в современных водоемах разного типа являются одной из наиболее распространенных групп водорослей, отличительной чертой которых является клеточная стенка, построенная из органического материала и кремнизема, имеющая тонкую и орнаментированную структуру.

Молекулярный механизм формирования клеточной стенки диатомей видоспецифичной структуры пока не ясен. Известно, что отложение кремнезема при формирование структуры кремнистых панцирей диатомовых водорослей происходит внутри специализированной органеллы SDV (silicon deposition vesicles) с участием белков, полипепдитов и длинноцепочечных видоспецифичных полиаминов, участвующих в полимеризаций кремневой кислоты (Kröger N. et al., Sience, 1999, pp. 1129-1132). Было высказано предположение, что при полимеризации кремниевой кислоты в SDV, происходит с накоплением воды (Grachev M. et al., BioEssays, 2008, pp. 328-337), которая должна удаляться при помощи белков транспорта воды – аквапоринов, которые представляющих собой небольшие мембранные каналы с молекулярной массой около 30 кДа.

С целью обнаружение аквапоринов в протеоме диатомовой водоросли *Synedra acus* subsp. *radians* (Kütz.) Skabitsch, были проведены экстракции биомассы по описанным ранее методом (Frigeri L.G. et al., Molecular and Cellular Proteomics, 2006, pp. 182-193; Петрова Д.П. и др., Докл. AH, 2007, C. 113-116), позволяющие получить белковые фракции широкого молекулярного спектра (figs. 1, 2).

На основе ранее проведенного сравнительного анализа аминокислотной последовательности и профилей гидропатии белков аквапоринов у разных представителей был выбран пептид (ISGAHFNPAV – ЛСА-пептид), занимающий положение вне мембранны, между первым и вторым трансмембранными тяжами, который может служить в качестве потенциальной антигенной детерминанты. Поликлональные сыворотки anti-ЛСА1 и anti-ЛСА2, полученные при иммунизации кролика синтетическим ЛСА-пептидом («РусБиолинк», Москва), были использованы для выявляли белока аквапорина в белковых фракциях методом иммуноблоттинга. Наблюдалось иммуноокрашивание белка массой около 30 кДа в суммарном белковом экстракте (рис.1б) и в полученных при последовательных обработках биомассы *S. acus* subsp. *radians* 8 М мочевиной и 2% ДДС-Na, а так же белка в экстракте *Escherichia coli* (рис.2 б), который был взят в данной работе как положительный контроль.

Такое избирательное связывание при экстракции мочевиной и ДДС-Na можно объяснить максимальным выходом мембранных белков при этой экстракций. Масса окрашенного банда соответствует литературным данным о молекулярных массах белков аквапоринов (Smith BL. et al., J.

Biol Chem, 1991, pp. 6407–6415; Murata K. et al., Nature, 2000, pp. 599–605; Gorin MB. et al., Cell, 1984, pp. 49–59; Agre P. et al., Am J Physiol., 1993, pp. 461-463) и может свидетельствовать об обнаружении их в протеоме диатомовой водоросли *S. acus*.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследовании Президиума РАН. «Молекулярная клеточная биология» 6.3.

EFFECT OF GLUCOSE, GLYCERIN AND CASEIN HYDROLYSATE ON GROWTH OF SYNEDRA ACUS FROM LAKE BAIKAL UNDER CONDITIONS OF MIXOTROPHIC CULTIVATION Mikhailov I.S., Shishlyannikov S.M.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

<u>1ivanich9@mail.ru</u>

The freshwater diatom *Synedra acus* from Lake Baikal has been intensely studied as a potential source of unsaturated fatty acids, in particular eicosapentaenoic acid. *S. acus* has low growth rate and low concentration of biomass under conditions of photoautotrophic cultivation. Some microalagae are able to grow assimilating organic sources of carbon in presence of absence of light. Mixotrophic cultivation of *S. acus* is supposed to be used as an alternative method for increase of biomass concentration since some algae are able to accelerate the rate of growth and productivity under mixotrophic conditions.

Experiments on the effect of different organic sources of carbon on the rate of cell division of the *S. acus* laboratory culture were performed in the 96-well plates with 400 µl flat bottom (in volume). The cells were cultivated in a miniincubator ("New Brunswick G25", USA) at 10°C, illumination of 16 µmol/m⁻² s⁻¹ and at 12-hour alternation of day and night.

The following media were used for mixotrophic and heterotrophic cultivation of *S. acus* cells: medium DM with glucose concentrations of 2.8 mM, 5.6 mM, 17 mM, 28 mM; medium DM with glycerin concentrations of 10.9 mM, 32.7 mM, 54.5 mM, 109 mM; and medium DM with casein hydrolysate concentrations of 0.5 mg/mL, 1 mg/mL, 3 mg/mL. The control experiment corresponded to *S. acus* cultivation in medium DM without addition of organic sources of carbon.

The cells in experiments were calculated during the diatom exponential growth. Cells of *S. acus* died under heterotrophic conditions of cultivation. Maximal rate of *S. acus* cell division (0.79 day^{-1}) was recorded in medium DM with glucose concentration of 5.6 mM under conditions of mixotrophic cultivation and was; in medium DM with glycerin concentration of 32.7 mM – 0.85 day⁻¹, and in medium DM with case hydrolysate concentration of 1 mg/mL – 0.95 day⁻¹. In the control experiment, the rate of *S. acus* cell division was 0.77 day⁻¹. It was established that the rate decrease of cell division and gradual cell death occur with the increase of concentrations of organic compounds in the medium.

Hence, the results of the experiments showed that it is possible to cultivate the freshwater Baikal diatom *S. acus* under mixotrophic conditions: the rate of cell division increases.

ВЛИЯНИЕ ГЛЮКОЗЫ, ГЛИЦЕРИНА И ГИДРОЛИЗАТА КАЗЕИНА НА РОСТ SYNEDRA ACUS ИЗ ОЗЕРА БАЙКАЛ ПРИ МИКСОТРОФНЫХ УСЛОВИЯХ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ Михайлов И.С., Шишлянников С.М.

Лимнологический институт СО РАН. 3. ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Диатомовая пресноводная водоросль Synedra acus из озера Байкал интенсивно изучается как потенциальный источник ненасыщенных жирных кислот, в частности эйкозапентаеновой кислоты. При фотоавтотрофных условиях культивирования *S. acus* наблюдается низкая скорость роста и концентрация биомассы данной водоросли. Некоторые микроводоросли способны расти, усваивая органические источники углерода в присутствии или отсутствии света. Миксотрофное культивирование *S. acus* предполагается использовать как альтернативный метод увеличения концентрации биомассы, поскольку показано, что некоторые водоросли способны увеличивать скорость роста и продуктивность благодаря миксотрофным условиям, обуславливающим синергетическое влияние света и органического субстрата.

Опыты по влиянию различных органических источников углерода на скорость деления клеток лабораторной культуры пресноводной диатомовой водоросли *S. acus* проводили в 96-луночных планшетах с плоскодонными лунками объемом 400 мкл. Клетки выращивали в миниинкубаторе («New Brunswick G25», CША) при 10°С и освещенности 16 мкмоль/м² с и чередованием 12-ч темновой и световой фаз.

Для миксотрофного и гетеротрофного культивирования клеток *S. acus* использовали: среду DM с концентрациями глюкозы: 2,8 мM, 5,6 мM, 17 мM, 28 мM; среду DM с концентрациями глицерина: 10,9 мM, 32,7 мM, 54,5 мM, 109 мM; среду DM с концентрациями гидролизата казеина: 0,5 мг/мл, 1 мг/мл, 3 мг/мл. Контрольный эксперимент соответствовал культивированию *S. acus* в среде DM без добавления органических источников углерода.

Подсчет клеток в экспериментах проводили на стадии экспоненциального роста. При гетеротрофных условиях культивирования происходила гибель клеток *S. acus*. При миксотрофных условиях культивирования максимальная скорость делений клеток *S. acus* происходила в среде DM с

концентрацией глюкозы 5,6 мМ и составила 0,79 сут⁻¹; в среде DM с концентрацией глицерина 32,7 мМ – 0,85 сут⁻¹; в среде DM с концентрацией гидролизата казеина 1 мг/мл – 0,95 сут⁻¹. Скорость деления клеток *S. acus* в контрольном эксперименте составляла 0,77 сут⁻¹. Показано, что при увеличении концентраций использованных органических соединений в среде происходит снижение скорости делений и постепенная гибель клеток.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлена возможность культивирования пресноводной диатомовой водоросли *S. acus* из озера Байкал в миксотрофных условиях, при которых происходит увеличение скорости деления клеток.

DIATOM ALGAE IN THE LATEST SNOW AND SURFACE ICE OF GLACIER TSAMBAGARAV (NORTH-WEST MONGOLIA)

Mitrofanova E., Schwikowski M.*

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, 1, Molodezhnaya St., Barnaul 656038, Russia *Paul Scherrer Institut, 5232 Villigen PSI, Switzerland

emit@iwep.asu.ru, margit.schwikowski@psi.ch

Glaciers store climate records - some biological objects - surprisingly well like bottom sediments in deep lakes. In the last decade the diatoms in ice cores taken from different glaciers were investigated all over the world – in Greenland, China, Peru, Chile. Ice core dating allows to determine climatic stages existed 5-20000 years ago in the area under study (Christner, 2000; Davis, Thompson, 2006). The results of ice core study in Northern Hemisphere could help in understanding climate patterns over the past 500-1000 years or more. Samples of the ice and the latest snow from the glacier Tsambagarav (West Mongolia) were collected at 3643 and 4148 m above sea level, respectively, in 30 June-9 July, 2009. The snow and ice were melted and filtered through the filters with pores of 1 μ m in diameter. The diatoms were separated from the organic matter with 30% peroxide (H₂O₂), triply washed with distilled water and investigated using light (Laboval 4) and scanning electronic (Hitachi 3400N) microscopes.

The total number of diatom frustules in the ice (3643 m a.s.l.) was 252 th frustules/m³. The diatoms found in the ice and the latest snow were mostly of benthic and periphytic forms from genus Navicula, Gyrosigma, Tabellaria, Cymbella, Nitzschia, Surirella. The frustule of Gyrosigma can be probably G. scalproides, freshwater-brackish species, widely spread in different waterbodies. The genus Tabellaria was represented by species T. flocculosa that is a sphagnophil, typical for marshes, characterized by tolerance to different water temperature being an euthermic organism, often dwelling on the wet rocks and in the moss, widely spread in the North and in the mountains. Cymbella lanceolata was met in the snow sample as well. It is a freshwater (an oligohalob) littoral species that could habitat in waterbodies with alkaline pH, often in benthos and periphyton. Navicula radiosa has the same ecological characteristics. It allows to make an assumption that they were brought and buried in the ice from the area rich in lakes with well developed littoral zone. The centric diatoms were not diverse, mostly the representatives of genus Stephanodiscus, perhaps S. hantzschii, widely spread in lentic and lotic waterbodies, often typical for eutrophic lakes and rivers, and serving as an eutrophic indicator. In addition, the part of Aulacoseira subarctica frustule was found. This species is typically dwell in mountain and northern waterbodies. Both, small centric forms and large pennatic ones (more than 100 µm length) could be transported with atmospheric precipitates. Thus, cell size is not a limiting factor and all forms of diatoms able to vegetate in the river and lake algoflora can be met in the ice. Algae from plankton in drops of water could be separated from the whole water mass and transported far away from the waterbody. Algae from periphyton can be found also in the atmospheric precipitates due to fluctuation of water level. The majority of diatoms revealed in the ice and latest snow are oligosapropic species widely spread in Eurasia and dwelling mainly in freshwater watebodies. Some of them can survive in slightly mineralized water. Most of species vegetate in the North or high in the mountains. Thus, their occurrence in the glacier (3000-4000 m), on the one hand, can indicate that they were brought to the glacier with local circulation flows from local waterbodies, on the other - were transported with atmospheric precipitates from remote areas characterized by similar environment. Thus, the presence of diatoms in the upper ice layer and in the latest snow may be evidence of their occurrence in the deeper ice layers.

ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРОСЛИ В СВЕЖЕВЫПАВШЕМ СНЕГЕ И ПОВЕРХНОСТНОМ ЛЬДЕ С ЛЕДНИКА ЦАМБАГАРАВ (СЕВЕРО-ЗАПАДНАЯ МОНГОЛИЯ)

Митрофанова Е., Швиковски М.*

Институт водных и экологических проблем СО РАН, 1, ул. Молодежная, Барнаул 656038, Россия *Институт Поля Шеррера, СН-5232, Виллиген, Швейцария

Сигналы палеоклимата, а именно, останки некоторых биологических объектов, в том числе диатомовых водорослей, хорошо сохраняются в ледовых кернах, как и в донных отложениях озер. В последнее время исследовали ледовые керны, отобранные на ледниках Гренландии, Китая, Перу, Чили. Такие керны могут отражать климатическую обстановку исследуемой местности на 5-20000 лет назад (Christner, 2000; Davis, Thompson, 2006). Изучение ледовых кернов в Северном полушарии может помочь в построении климатических моделей последних 500-1000 и более лет. С 30 июня по 9 июля

2009 г. на леднике Цамбагарав (Северо-Западная Монголия) были отобраны пробы льда у подножия ледника (3643 м над ур.м.) и свежевыпавшего снега на самом леднике (4148 м над ур.м.). Лед и снег растопили и профильтровали через мембранные фильтры с размером пор около 1 мкм. Для освобождения клеток от органического вещества осадки обрабатывали 30%-ной перекисью водорода (H₂O₂) с дальнейшим трехкратным промыванием в дистиллированной воде. Отмытые препараты диатомовых водорослей исследовали с помощью светового (Laboval 4) и электронного сканирующего (Hitachi 3400N) микроскопов.

Общее количество створок диатомовых водорослей во льду составило 252 тыс. створок/м³. Обнаруженные во льду и свежевыпавшем снеге с ледника Цамбагарав диатомовые водоросли в основном были донными формами и обрастателями – это представители родов Navicula. Gvrosiama. Tabellaria, Cymbella, Nitzschia, Surirella. Gyrosigma вероятнее всего принадлежит к виду G. scalproides, пресноводно-солоновато-водный широко распространенный в разных водоемах вид. Род Tabellaria был представлен видом T. flocculosa, который часто является типичным обитателем болот – сфагнофил, приспасабливается к широкому диапазону температур, т.е. является эвритермным организмом, часто встречается на орошаемых скалах и в моховых подушках, в целом широко распространен преимущественно на Севере Евразии и в горах. В снеге был отмечена створка Cymbella lanceolata. Это пресноводный (олигогалоб) литоральный вид, обитающий в водоемах со щелочной реакцией воды, часто в бентосе и обрастаниях. Сходные условия обитания имеет и другой литоральный вид, Navicula radiosa. Все это позволяет предположить принос и захоронение во льду этих видов с территорий, богатых озерами, в которых достаточно развита литораль. Меньшим разнообразием отличались центрические диатомеи. В основном это были представители р. Stephanodiscus, возможно, S. hantzschii, широко распространенного в стоячих и текучих водах, часто предпочитающего эвтрофные водоемы и, поэтому, являющегося индикатором эвтрофирования водоемов. Кроме того, была встречена часть панциря (краевая зона) другой центрической диатомеи – Aulacoseira subarctica, которая характерна для северных и горных водоемов. Переносу с атмосферными осадками подвержены не только планктонные формы небольших размеров, но и бентосные формы с клетками, превышающими 100 мкм в длину, т.е. размер клеток водорослей при этом не является определяющим фактором. То, что обитает в планктоне озер и с порывами ветра в капельном виде может отрываться от общей массы воды, то и переносится на расстояния. В атмосферные капельки могут попадать и водоросли с обнажившегося субстрата при колебаниях уровня в водоеме. Обнаруженные во льду и свежевыпавшем снеге водоросли относятся в основном к широко распространенным на территории Евразии видам, олигогалобам, предпочитающим большей частью пресные водоемы. Некоторые из них могут переносить небольшую минерализацию воды. Большинство выявленных видов обитают в условиях Севера Евразии или в горах, т.е. присутствие их на леднике на высоте 3000-4000 м, с одной стороны, может свидетельствовать о том, что они принесены на ледник местными циркуляционными потоками в атмосфере, или, с другой попали на данный ледник с более отдаленных мест с похожими условиями среды. Поэтому обнаружение створок диатомей в исследуемом нами поверхностном льде и свежевыпавшем снеге с ледника Цамбагарав (Монголия) позволяет предположить их наличие и в более глубоких горизонтах льда.

DETECTION OF SILICIC ACID TRANSPORT (SIT) PROTEINS AND AQUAPORINS IN PROTEIN EXTRACTS FROM THE DIATOM SYNEDRA ACUS

Petrova D.P.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

Diatoms in modern water bodies of different types are one of the most common groups of algae, a distinctive feature of which is a cell wall constructed from organic material and silicon with a thin and ornamented structure. At present, molecular processes of silicon transport inside the diatom cell from the environment and the formation of a species-specific frustule inside SDV (silicon deposition vesicles) are still poorly studied. Hildebrand et al. (Hildebrand M. et al. Nature, 1997, pp. 688-689) found for the first time silicic acid transport proteins in a sea alga *Cylindrotheca fusiformis*.

Grachev M. et al. (Grachev M. et al., BioEssays, 2008, pp. 328-337) hypothesized that the water accumulates during polymerization of silicic acid inside SDV which should removed with the help of proteinstransporters. It is known that small protein channels – aquaporins perform water transport (Smith BL. et al., J Biol Chem., 1991, pp. 6407–6415). The aim of our work was to search, identify and study silicic acid transport proteins and aquaporins in the proteome of a freshwater alga *S. acus* subsp. *radians* (Kütz.) Skabitsch.

We carried out comparative analysis of amino acid sequences and profiles of hydropathy for SIT proteins of diatoms, for proteins-aquaporins in different organisms and aquaporin-like proteins in diatoms which may be referred to MIP-superfamily due to the presence of NPA-domains in them. Based on the data of theoretical analysis, we selected fragments of sequences able to serve as potential antigenic determinants of detection of aquaporins and SIT in diatom proteome. According to these sequences, peptides were synthesized (P1-P4 for SIT, "Vector", Novosibirsk; aquaporins LSA1 and LSA2, "Rusbiolink", Moscow). SIT proteins and aquaporin-like proteins with molecular masses 64 kDa and 33 kDa, respectively, were detected in protein extracts from the diatom *S. acus* with antisera to these peptides using immunobloting. This corresponds to the literature data (Thamatrakoln K. et al., Eukaryotic Cell, 2007, pp. 271-279; Agre P. et al., Am J Physiol., 1993, pp. 461-463). *The work was supported by RAS Presidium Programme of Basic Research "Molecular Cell Biology*", 6.3.

ОБНАРУЖЕНИЕ БЕЛКОВ ТРАНСПОРТА КРЕМНИЕВОЙ КИСЛОТЫ (SIT) И АКВАПОРИНОВ В БЕЛКОВЫХ ЭКСТРАКТАХ ИЗ ДИАТОМОВОЙ ВОДОРОСЛИ SYNEDRA ACUS Петрова Д.П.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Диатомовые водоросли в современных водоемах разного типа являются одной из наиболее распространенных групп водорослей, отличительной чертой которых является клеточная стенка, построенная из органического материала и кремния, имеющая тонкую и орнаментированную структуру. Настоящее время молекулярные процессы транспорта кремния внутрь клетки диатомей из окружающей среды и формирования внутри SDV (silicon deposition vesicles – пузырьки отложения кремния) видоспецифичного панциря остаются малоизученными. В 1997 году Hildebrand с соавторами (Hildebrand M. et al. Nature, 1997, pp. 688-689) впервые был обнаружен белок транспорта кремневой кислоты у морской диатомовой *Cylindrotheca fusiformis.*

В 2008 году М.А. Грачевым с соавторами (Grachev M. et al., BioEssays, 2008, pp. 328-337) было высказано предположение, что при полимеризации кремниевой кислоты внутри SDV, происходит накопление воды, которая должна удаляться при помощи белков транспортеров. Известно, что транспорт воды, осуществляется при помощи небольших белковых каналов – аквапоринов (Smith BL. et al., J Biol Chem., 1991, pp. 6407–6415). Целью нашего исследования является поиск, идентификация и изучение беков транспорта кремниевой кислоты и аквапоринов в протеоме пресноводной диатомовой водоросли *S. acus* subsp. *radians* (Kütz.) Skabitsch.

Нами проведен сравнительный анализ аминокислотных последовательностей и профилей гидропатии для SIT белков диатомовых водорослей, для белков аквапоринов у различных организмов и аквапорин-подобных белков у диатомовых водорослей которые по наличию у них NPA-доменов можно отнести к MIP-суперсемейству. На основе данных теоретического анализа были выбраны участки последовательностей способные служить потенциальными антигенными детерминантами.при обнаружении белком аквапоринов и SIT в протеоме диатомей. Согласно этим последовательностям были синтезированы пептиды (для SIT P1-P4 «ГНЦ Вектор», Новосибирск; аквапорины ЛСА1 и ЛСА2 «Русбиолинк», Москва). С помощью антисывороток к этим пептидам в белковых экстрактах из диатомеи *S. acus* методом иммуноблотинга были обнаружены SIT белки с массой 64 кДа и аквапорин-подобный белок с массой 33 кДа, что соответствует литературным данным (Thamatrakoln K. et al., Eukaryotic Cell, 2007, pp. 271-279; Agre P. et al., Am J Physiol., 1993, pp. 461-463).

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследовании Президиума РАН. «Молекулярная клеточная биология» 6.3.

THEORETICAL ANALYSIS OF AMINO ACID SEQUENCES OF AQUAPORIN-LIKE PROTEINS OF DIATOMS Petrova D.P., Pozdnyak E.I.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

<u>d.p.p@lin.irk.ru</u>

One of the distinctive abilities of diatoms (Bacillariophyta) is to capture silica from the environment dissolved in low concentration and to use it for construction of ornamental exoskeleton inside a specialized organelle – SDV (silicon deposition vesicle). Therefore, these organisms play a leading role in the global silicon cycle.

In 2008, Grachev and co-authors suggested that polymerization of silicic acid in SDV occurs with water accumulation the excess of which should be removed from the organelle (Grachev M. et al., BioEssays, 2008, pp. 328-337). It is known that transport of water through the cell membrane is performed with special proteins transpoters-aquaporins (Agre P. et al., Am J Physiol, 1993, pp. 461-463).

We analyzed the database NCBI and found out that at present it consists of 7 predicted protein sequences of diatoms (two of *Thalassiosira pseudonana* – ThPseu1 and ThPseu2; and five of *Phaeodactylum tricornutum* - PhTric1, PhTric2, PhTric3, PhTric4, and PhTric5), which may be referred to MIP-super-family because of the presence of NPA-domains (a super-family of integral membrane proteins, which form pores in the cell membranes, includes a protein family of aquaporins and aquaglyceroporins).

Using software BLAST, we analyzed amino acid sequences of diatoms, aquaporins and aquaglyceroporins in a human (*Homo sapiens*), plants (*Arabidopsis thaliana*), fungi (*Ajellomyces dermatitidis, Aspergillus clavatus, Aspergillus flavus, Aspergillus fumigatus, Blumeria graminis, Paracoccidioides brasiliensis, Pyrenophora tritici-repentis, Saccharomyces cerevisiae, and Saccharomyces chevalieri*), bacteria (*Escherichia coli*), and protozoa from the group of apicomplex (*Plasmodium falciparum, Plasmodium vivax, Plasmodium yoelii yoelii,* and *Toxoplasma gondii*). Comparison of proteins showed that diatom sequences may have homology of over 45% with the sequences of aquaporins and aquaglyceroporins. Diatom sequences

ThPseu2 and PhTric5 differ significantly from the sequences of other organisms. For example, alanine in the second conserved NPA-domain is substituted by methionine (M). However, the homology of these amino acid sequences is 69%.

Hydropathy profiles were calculated and constructed for aligned amino acid sequences with CLUSTAL and software TmPred and BioEdit. Hydropathy profiles ThPseu1, PhTric1, PhTric2, PhTric3 and PhTric4 are similar to the aquaporin profiles of plants. It means that they perform similar functions – selective transport of water through cell membranes even at low homology of amino acid sequences (Lorkema&Strotboom, Molecular membrane biology, 1998, pp. 33-42; Lorkema&Strotboom, FEMS, 1998, pp. 305-22). Hydropathy profiles ThPseu2 and PhTric5 are similar to none of the organisms under comparison.

This work was supported by the RAS Presidium Programme of Basic Research "Molecular Cell Biology", 6.3.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АМИНОКИСЛОТНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ АКВАПОРИН-ПОДОБНЫХ БЕЛКОВ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ

Петрова Д.П., <u>Поздняк Е.И.</u>

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Отличительная способность диатомовых водорослей (Bacillariophyta) - захватывать растворенный в низкой концентрации кремнезем из окружающей среды и использовать его для построения орнаментированного экзоскелета внутри специализированной органеллы - SDV (silicon deposition vesicle - кремний откладывающего пузырька). Этот факт определяет ведущую роль этих организмов в глобальном круговороте кремния.

В 2008 году Грачевым с соавторами было высказано предположение, что полимеризация кремниевой кислоты в SDV происходит с накоплением воды, избыток которой должен удаляться из органеллы (Grachev M. et al., BioEssays, 2008, pp. 328-337). Известно, что транспорт воды через клеточную мембрану осуществляется специальными белками транспортерами – аквапоринами (Agre P. et al., Am J Physiol, 1993, pp. 461-463).

Проведенный нами анализ базы данных NCBI показал, что в данный момент она включает семь предсказанных белковых последовательностей (predicted protein) диатомовых водорослей (две *Thalassiosira pseudonana* – ThPseu1 и ThPseu2; пять *Phaeodactylum tricornutum* - PhTric1, PhTric2, PhTric3, PhTric4 и PhTric5), которые по наличию у них NPA-доменов можно отнести к MIP-супер-семейству (супер-семейство интегральных мембранных белков, формирующих поры в мембранах клеток, в состав которого входят семейство белков аквапоринов и акваглицеропоринов).

При помощи программного обеспечения BLAST был проведен сравнительный анализ аминокислотных последовательностей диатомовых водорослей, аквапоринов и акваглицеропоринов человека (*Homo sapiens*), растений (*Arabidopsis thaliana*), грибов (*Ajellomyces dermatitidis, Aspergillus clavatus, Aspergillus flavus, Aspergillus fumigatus, Blumeria graminis, Paracoccidioides brasiliensis, Pyrenophora tritici-repentis, Saccharomyces cerevisiae, Saccharomyces chevalieri*), бактерий (*Escherichia coli*) и простейших из группы апикомплекса (*Plasmodium falciparum, Plasmodium vivax, Plasmodium yoelii yoelii, Toxoplasma gondii*). Сравнение белков показало, что последовательности диатомей в некоторых случаях могут достигать более чем 45% гомологии с последовательностями аквапоринов и акваглицеропоринов других организмов. Наиболее консервативными являются NPA-домены, которые у аквапоринов участвуют в формировании поры. Следует отметить, что последовательности ThPseu2 и PhTric5 диатомей значительно отличаются от представленных последовательностей других организмов, так во втором консервативном NPA-домене аланин заменен метионином (M). Однако схожесть этих аминокислотных последовательностей между собой составляет 69%.

При помощи программного обеспечения TmPred и BioEdit были рассчитаны и построены профили гидропатии для выровненных аминокислотных последовательностей с помощью CLUSTAL. Профили гидропатии ThPseu1, PhTric1, PhTric2, PhTric3 и PhTric4 схожи с профилями аквапоринов растений, что позволяет говорить о схожести выполняемых ими функций – селективный транспорт воды через клеточные мембраны, даже при низкой гомологии аминокислотных последовательностей (Lorkema &Strotboom, Molecular membrane biology, 1998, pp. 33-42; Lorkema.&Strotboom, FEMS, 1998, pp. 305-22). Профили гидропатии ThPseu2 и PhTric5 не сходны ни с одной из сравниваемых групп организмов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследовании Президиума РАН. «Молекулярная клеточная биология» 6.3.

SPRING SEA-ICE ALGAL AND ICE-EDGE PHYTOPLANKTON COMMUNITIES FROM THE LAPTEV SEA POLYNYA IN 2008

Polyakova Ye.I., Abramova E.N., Astakhova L., Kassens H., Hölemann J.

Lomonosov Moscow State University, Geographical Faculty, 1, Leninskie gory, Moscow GSP-1 119991, Russia ye.polyakova @mail.ru

Climate system of the Arctic is currently undergoing evident changes. The retreat of sea ice from the Arctic regions during the last 30 years has been receiving considerable attention (e.g., Polyakov et al., 2005). The wind-forced Laptev Sea polynya is a major area of sea-ice production in the Arctic, and it is one of the key

elements of environmental system of the Laptev Sea (e.g., Kassens et al., 2009). It is therefore essential to improve our knowledge of the Laptev Sea polynya system, as the crucial shelf area with high level of biological activity, and significant contributor to primary production. To investigate the influence of polynya on hydrological and hydrobiological properties of the Laptev Sea shelf waters, oceanographic station sites were generally confined to the location of the polynya area during POLYNYA 2008/TRANSDRIFT XIII expedition. To reveal temporal variability of these characteristics, the measurements were repeated several times at the same sites between April 10 and May 5. The ENVISAR ASAR satellite imagery shows the evolution of the coastal polynya during this time. Therefore, our phytoplankton and sea-ice algal records allowed us to trace the development of biological processes in the polynya area during the spring.

On the basis of study >100 water and sea-ice samples collected in the Laptev Sea polynya area the following regularity in distribution patterns of algal abundances, biomass and species composition were revealed. The overall abundances of algae cells in phytoplankton samples ranged mainly from 37 to 38027 cells I-1, and generally decreasing with water depth. The total algal biomass showed a pattern similar to abundances of cells. The highest values of phytoplankton biomass (> $1-2 \mu g C I-1$) recorded in the upper 5 - 10 m water depth, and sharply decreased in approximately 2 times below 10 m water depth at most Stations (down to 0.2 $\mu g C I-1$). Diatoms dominated the algal assemblages (up to 98.4% of total abundances) throughout the water column almost at all Stations. Typical marine and brackish water-marine species were the most taxonomically divers and abundant, comprising 54.6–100% in diatom assemblages. Group of freshwater diatoms is dominated by the riverine planktonic species. Maximum relative abundances of freshwater diatoms (up to 45.4% of diatom assemblages) recorded in the upper 2 - 5 m water layer in the southern part of the coastal polynya. Repeated measurements between April 11 and May 5, which were carried out in the southernmost part of polynya, indicated increase of biomass values owing to bloom of diatoms, which started approximately 19.04 - 23.04.

Microalgal associations from sea-ice cores give evidences for the increase of overall abundances of algae (from 477.1 to 2 204.2 cells I-1) and total biomass (from 0.1 to 0.35 μ g I-1) with cores depth.). Diatoms dominated algal associations (72.4 – 97.1%), and chlorophytes of freshwater origin usually comprised < 10% of algal abundances and < 1% of biomass. The maximal proportions of chlorophytes (up to 27.6% of total algal abundances) recorded in the surface assemblages from the southern part of the coastal polynya.

SPRING PHYTOPLANKTON OF LAKE BAIKAL IN 2007-2009 Popovskaya G.I., Usol'tseva M.V., Bessudova A.Yu.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

<u>marinaus @lin.irk.ru</u>

Lake Baikal is characterized by maximal development of spring phytoplankton and well-expressed perennial variations of its abundance and biomass (Antipova, Trudy Limnol. in-ta SO AN SSSR, 1963, pp. 12–28). There are highly productive (with biomass of >1000 mg/m⁻³), mean productive (500-1000 mg/m⁻³) and low productive years (<500 mg/m⁻³) (Popovskaya, Aguatic Ecosystem Health and Management, 2000, pp. 215–225).

The beginning of new millennium was characterized by a low level of phytoplankton development. Elevated concentrations of *Aulacoseira* were observed only in 2000, other years (2001-2006) were low productive with a very weak development of *Aulacoseira baicalensis* (K.I.Meyer) Simonsen (Bondarenko, Resume of thesis ... Dr. in Biol. Sci., 2009, 46 p., Pomazkina et al., Algology, 2010, pp. 56-72).

This work was aimed to the assessment of present state of Lake Baikal by materials from expeditions of 2007-2009 in comparison with perennial data of 1964-1990 rr.

We studied the species structure, spatial distribution, abundance and biomass of phytoplankton over the whole water area of Lake Baikal.

It is shown that in 2007, at major part of pelagic area, there was a massive development of *A. baicalensis*, its fraction was 55-70% of total phytoplankton abundance and biomass (Popovskaya G.I. et al., Geografia I prirodnye resursy, 2008, pp. 83-88). At that time in the Southern basin the subdominants were such species as *Stephanodiscus meyeri* Genkal & Popovskaya, *Aulacoseira islandica* (O. Müll.)Simonsen, *Synedra acus* subsp. *radians* (Kütz.) Skabitsch. On the background of intensive diatoms development, there were little chrysophytae. They were mainly represented by *Dinobryon cylindricum* Imh. and by very small amount of *Mallomonas vannigera* Asmund. The fraction of dynophytae and cryptophytae was 1-2% of total mass of spring phytoplankton.

In 2008, we noticed at all stations a massive development of *Synedra acus* subsp. *radians*, its fraction was 80-90% ot total phytoplankton abundance and biomass. Subdominant ones were the species *Fragilaria danica* (Kütz.) Lange-Bertalot (=*Synedra ulna* var. danica (Kütz.) Grun.), *A. baicalensis*, *A. islandica*, *Cyclotella baicalensis* Skv., *St. meyeri*, *Asterionella formosa* Hass., *D. cylindricum*. The value of fine-cell species *Stephanodiscus*, *Monoraphidium arcuatum* (Korsch.) Hindák, *M. contortum* (Thur.) Komárkova-Legnerová, *Chroomonas acuta* Uterm., *Koliella longiseta* (Vischer) Hindák was not great.

In 2009 a dominant species in the Southern Baikal, like in 2008, was *Synedra*. Subdominant ones were mainly the same species as in spring, 2008 r. - *A. islandica, A. baicalensis, D. cylindricum*.

Hence, spring surveys of the whole Lake Baikal we had been performed for 3 years (2007-2009) showed that during two subsequent years, at major part of lake area there developed massively dominant diatoms

species - *A. baicalensis* in 2007 and *Synedra acus* subsp. *radians* in 2008 resulting in highly productive years in the Southern and Central lake basins and low productive ones in the Northern Baikal. In 2009 we noticed again an intensive development of *Synedra acus* subsp. *radians* in the Southern and Central Baikal but in lower concentrations than in 2008. The year was characterized as mean-low productive. Total biomass of phytoplankton in Lake Baikal during the period of studies (2007-2009) was comparable with average perennial data for 27-years period (1964-1990). Thus, first element of Lake Baikal ecosystem on which the life in the lake depends, functions in the same regime as before.

The work was supported by a budget program VII.62.1.3.

ВЕСЕННИЙ ФИТОПЛАНКТОН БАЙКАЛА В 2007-2009 ГГ. Поповская Г.И., Усольцева М.В., Бессудова А.Ю.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Озеро Байкал характеризуется максимальным развитием весеннего фитопланктона и резко выраженными межгодовыми колебаниями его численности и биомассы (Антипова, Тр. Лимнол. ин-та СО АН СССР, 1963, С. 12–28). Выделены высокопродуктивные годы (с биомассой более 1000 мг⋅м⁻³), среднепродуктивные (от 500 до 1000 мг⋅м⁻³) и малопродуктивные (менее 500 мг⋅м⁻³) (Popovskaya, Aguatic Ecosystem Health and Management, 2000, pp. 215–225).

Начало нового тысячелетия характеризовалось низким уровнем развития фитопланктона. Повышенные концентрации *Aulacoseira* наблюдались только в 2000 г., остальные годы (2001-2006 гг.) относились к разряду малопродуктивных с очень слабым развитием *Aulacoseira baicalensis* (K.I.Meyer) Simonsen (Бондаренко, Автореф. дис. ... д-ра биол. наук, 2009, 46 с., Помазкина и др., Альгология, 2010, С. 56-72).

Целью данной работы была оценка современного состояния озера Байкал по материалам экспедиций 2007-2009 гг. в сравнении с многолетними данными 1964-1990 гг.

Исследованы видовая структура, пространственное распределение, численность и биомасса фитопланктона по всей акватории озера Байкал.

Показано, что в 2007 г. на большей части пелагиали в массе развивалась *A. baicalensis,* на ее долю приходилось 55-70% от общей численности и биомассы фитопланктона (Поповская Г.И. и др., География и природные ресурсы, 2008, С. 83-88). Субдоминантами из диатомовых в это время в южной котловине выступали такие виды как *Stephanodiscus meyeri* Genkal & Popovskaya, *Aulacoseira islandica* (O. Müll.)Simonsen, *Synedra acus* subsp. *radians* (Kütz.) Skabitsch. На фоне интенсивного развития диатомовых, золотистых водорослей было немного. Они были представлены преимущественно *Dinobryon cylindricum* Imh. и очень небольшими количествами *Mallomonas vannigera* Asmund. Доля динофитовых и криптофитовых водорослей составляла 1-2% от общей массы весеннего фитопланктона.

В 2008 г отмечено массовое развитие на всех станциях Synedra acus subsp. radians, на долю которой приходилось 80-90% от общей численности и биомассы фитопланктона. Субдоминантами были виды Fragilaria danica (Kütz.) Lange-Bertalot (=Synedra ulna var. danica (Kütz.) Grun.), A. baicalensis, A. islandica, Cyclotella baicalensis Skv., St. meyeri, Asterionella formosa Hass., D. cylindricum. Значение мелкоклеточных видов Stephanodiscus, Monoraphidium arcuatum (Korsch.) Hindák, M. contortum (Thur.) Komárkova-Legnerová, Chroomonas acuta Uterm., Koliella longiseta (Vischer) Hindák было невелико.

В 2009 г. доминирующим видом в Южном Байкале, как и в 2008 г. была Synedra. Субдоминантами являлись в основном те же виды, что и весной 2008 г. - *А. islandica*, *А. baicalensis*, *D. cylindricum*.

Таким образом, проведенные нами в течение трех лет (2007-2009 гг.) весенние съемки всего Байкала показали, что два года подряд на большей части акватории озера в массе развивались доминирующие виды диатомовых - *A. baicalensis* в 2007 г. и *Synedra acus* subsp. *radians* в 2008 г., обуславливая высокопродуктивные годы в южной и средней котловинах озера и малопродуктивные годы на севере Байкала. В 2009 г. вновь отмечалось интенсивное развитие *Synedra acus* subsp. *radians* в Южном и Среднем Байкале, но в меньших концентрациях, чем в 2008 г. Год был охарактеризован как средне-малопродуктивный. Общая биомасса фитопланктона Байкала исследуемого периода (2007-2009 гг.) была сопоставима со средними многолетними показателями за 27-летний период (1964-1990 гг.). Следовательно, первичное звено экосистемы Байкала, от которого зависит жизнь в озере, функционирует в прежнем режиме.

Работа выполнена в рамках бюджетной темы VII.62.1.3.

SPECIES COMPOSITION OF THE FAMILY CYMBELLACEAE (BACILLARIOPHYTA) IN THE LITTORAL ZONE OF LAKE BAIKAL

Rodionova E.V., Pomazkina G.V., Makarevich O.Yu.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

rodionova@lin.irk.ru

The family Cymbellaceae is one of the numerous families inhabiting the littoral zone of Lake Baikal. It is represented by 74 species, variants and forms. Taxonomy of this family has been recently revised (Kociolek J.

P. & Stoermer E. F., Systematic Botany, 1987, pp. 451-459; Kociolek J. P. & Stoermer E. F., Journal of Phycology, 1988, pp. 377-385; Round F.E. et al., Cambridge University Press, 1990, pp. m1-747; Krammer K., Bibliotheca Diatomologica, 1997, pp. 37, 469; Krammer K., Diatoms of Europe, 2003, 530 p.).

Seven genera were found in Lake Baikal: *Cymbella* includes 27 species, variants and forms; *Encyonema* and *Cymbopleura* – 18 and 17, respectively; *Placoneis* – 10; *Delicata, Encyonopsis*, and *Gomphocymbellopsis* contains one taxon each.

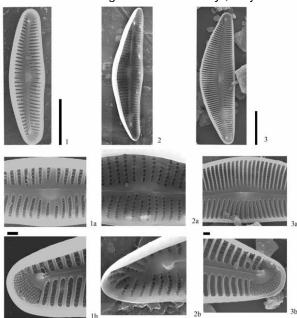
Two novel species of the genus *Cymbella* and one species of the genus *Encyonema* were identified with electron microscopy. Characteristics and differentiation of these taxa were described on the basis of 28 morphological features from which 16 features were constant and 6 slightly variable. Stable features within the family are a frustule shape, axial and medium areas, types and structure of striae in the middle and on the ending of the valve, external apertures of pores in a stria, as well as peculiarities of a raphe, its terminal and proximal endings, location of polar nodules, a number of stigmata on the abdominal and dorsal sides of the valve. Dorsal and ventral parts, form and type of the valve endings, location of the raphe and peculiar features of its branches are less conservative but important in species diagnosis.

Cymbella sp. 1 (Fig. 1: 1, 1a, 1b). 30-60 μ m long, 8-14 μ m wide, 10-12 striae on the dorsal side in 10 μ m, 9-11 – on the ventral side and 13 striae on the endings in 10 μ m. It differs from *Encyonopsis aequalis* (W. Smith) Krammer in the presence of apical pore fields, larger sizes and more sparse striae.

Encyonema sp. (Fig. 1:2, 2a, 2b). 15-30 µm long, 4-9 µm wide, 15-21 striae in 10 µm. It differs from *E. prostratum* (Berkley) Kütz. and *E. lacustris* (Agardh) Krammer in smaller sizes, frustule shape, closer and more delicate striae consisting of one row of frequently located pores. The raphe branches are slightly curved towards the dorsal ending of the valve, the medium field is not distinguished.

Cymbella sp. 2 (Fig. 1: 3, 3a, 3b). 34-49 µm long, 11-16 striae on the dorsal side, 10-13 striae on the abdominal side, and 21-29 striae – on the endings. It differs from *C. helvetica* Kütz. in the presence of apical pore fields on the endings of the valve, smaller sizes and narrower valves. Terminal fissures of the raphe are curved towards the dorsal part of the valve. Axial area is slightly distinguished. The number of striae and lineollas is more frequent compared to *C. helvetica* Kütz.

Each representative of the family has its own eco-geographic characteristics in the littoral part of the lake. The majority of species in Lake Baikal are oligosaprobic (30%) which is an indicator of water quality in the lake. *The work was supported by RAS Presidium Programme "Biodiversity", Project No. 26.12.*



ВИДОВОЙ СОСТАВ СЕМЕЙСТВА СҮМВЕLLACEAE (BACILLARIOPHYTA) В ЛИТОРАЛИ ОЗ. БАЙКАЛ Родионова Е. В., Помазкина Г. В., Макаревич О. Ю.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Семейство Cymbellaceae является одним из многочисленных в литорали оз. Байкал. Оно представлено 74 видами, разновидностями и формами. В последнее время систематика этого семейства была пересмотрена (Kociolek J. P. & Stoermer E. F., Systematic Botany, 1987, pp. 451-459; Kociolek J. P. & Stoermer E. F., Journal of Phycology, 1988, pp. 377-385; Round F.E. et al., Cambridge University Press, 1990,

pp. m1-747; Krammer K., Bibliotheca Diatomologica, 1997, pp. 37, 469; Krammer K., Diatoms of Europe, 2003, 530 p.).

В Байкале обнаружено 7 родов: *Cymbella* включает 27 видов, разновидностей и форм; *Encyonema* и *Cymbopleura* - 18 и 17 соответственно; *Placoneis* – 10; *Delicata, Encyonopsis, Gomphocymbellopsis* содержат по одному таксону.

При использовании электронной микроскопии обнаружено два новых вида рода *Cymbella* и один из рода *Encyonema*. Характеристика и дифференциация этих таксонов описана на основе 28 морфологических признаков: из них 16 постоянные и 6 мало изменчивые. Устойчивыми свойствами внутри семейства являются форма панциря, осевое и среднее поля, типы и строение штрихов на середине и на концах створки, внешние апертуры пор в штрихе, а также особенности строения шва, его терминальные и проксимальные концы, расположения полярных узелков, количество стигм, стигмойдов на брюшной и на спинной стороне створки. Менее консервативными, но важными в диагностике видов являются дорзальная и вентральная часть, форма и типы концов створки, расположение шва и особенности его ветвей.

Cymbella sp. 1 (fig. 1: 1, 1a, 1b). Длина 30-60 мкм, ширина 8-14 мкм, штрихов на дорзальной стороне 10-12 в 10 мкм, на вентральной 9-11, на концах 13 в 10мкм. Отличается от вида *Encyonopsis aequalis* (W. Smith) Krammer наличием апикальных поровых полей, крупными размерами и более разреженными штрихами.

Encyonema sp. (fig. 1: 2, 2a, 2b). Длина 15-30 мкм, ширина 4-9 мкм, штрихов 15-21 в 10 мкм. Отличается от *E. prostratum* (Berkley) Kütz. и *E. lacustris* (Agardh) Krammer мелкими размерами, формой панциря, более сближенными и нежными штрихами, состоящими из одного ряда часто расположенных пор. Ветви шва слабо изогнуты к дорзальному краю створки, среднее поле не выделяется.

Сутвеlla sp. 2 (fig. 1: 3, 3a, 3b). Длина 34-49 мкм, ширина 8-13 мкм, штрихов на спинной стороне 11-16, на брюшной 10-13, на концах 21-29. Отличается от *С. helvetica* Kütz. наличием апикальных поровых полей на концах створки, мелкими размерами и более узкими створками. Полярные щели шва сильно изогнуты к дорзальной части створки. Осевое поле менее заметное и количество штрихов и линеол более частое в сравнении с *С. helvetica* Kütz.

Для каждого представителя семейства приводится эколого-географическая характеристика в литорали озера. Большинство видов в Байкале - олигосапробионты (30%), что является показателем качества воды в озере.

Работа выполнена в рамках Программы Президиума РАН «Биоразнообразие», проект 26.12.

A PROTOCOL FOR OBTAINING AN AXENIC CULTURE OF THE DIATOM SYNEDRA ACUS SUBSP. RADIANS FROM LAKE BAIKAL

Shishlyannikov S.M., Zakharova Yu.R., Volokitina N.A., Mikhailov I.S., Petrova D.P., Likhoshway Ye.V., Grachev M.A.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

Obtaining of axenic cultures is necessary because these organisms have become an object of molecularecological and full-genome studies, and are a promising class of producers of biologically active compounds. Cultures of diatoms obtained directly from natural populations are usually contaminated by bacteria. A few different protocols have been used to obtain axenic cultures from such contaminated cultures. The present paper proposes a protocol to obtain an axenic culture of a freshwater diatom *Synedra acus* subsp. *radians* isolated from Lake Baikal after a few passages in laboratory cultures. The protocol includes filtration to remove small-size free bacteria, treatment with a detergent Triton X-100 to remove bacteria associated with the frustules of diatoms, and treatment by a suitable antibiotic. This antibiotic was selected by disk-diffusion method and was used at a concentration of 5µg/mL which is not toxic for diatoms. The antibiotic chosen was ciprofloxacin. Treatment by the antibiotic was followed by filtration and obtaining of monoclonal diatoms. The clones were axenic as suggested by microscopy following DAPI staining and by polymerase chain reaction – all the clones gave gene fragments of cellular organelles of *S. acus* subsp. *radians* after amplification with universal primers for 16S rRNA.

ПРОТОКОЛ ПОЛУЧЕНИЯ АКСЕНИЧНОЙ КУЛЬТУРЫ ДИАТОМОВОЙ ВОДОРОСЛИ SYNEDRA ACUS SUBSP. RADIANS ИЗ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Шишлянников С.М., Захарова Ю.Р., Волокитина Н.А., Михайлов И.С.,

Петрова Д.П., Лихошвай Е.В., Грачев М.А.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Получение аксеничных культур диатомовых водорослей актуально, поскольку эти широко распространенные организмы являются объектами экологических и полногеномных исследований, а также перспективны как продуценты биологически активных веществ и других органических молекул. Выведение культур диатомовых водорослей, изолированных из природных популяций, чревато заражением их сопутствующей микрофлорой, для удаления которой возможно применение нескольких протоколов. В данной работе предложен протокол для получения аксеничной культуры пресноводной

диатомеи Synedra acus subsp. radians, выделенной из озера Байкал и прошедшей серию пассажей в лабораторных условиях. Протокол включает фильтрование для удаления свободных бактерий, обработку детергентом для удаления ассоциированных с панцирями клеток микроорганизмов, выбор антибиотиков методом диско-диффузионного метода и их нетоксичных для диатомеи концентраций, обработку клеток выбранным ципрофлоксацином, повторное фильтрование и моноклональный рассев клеток диатомовых водорослей. Аксеничность клонов подтверждена микроскопически после окраски ДАФИ и молекулярно-биологически – все клоны, амплифицированные с универсальными праймерами на 16S pPHK принадлежали только хлоропластам и митохондриям *S. acus.*

STRUCTURE AND ELEMENT COMPOSITION OF MANDIBLE IN ENDEMIC AMPHIPODS (CRUSTACEA, AMPHIPODA) FROM LAKE BAIKAL BY THE DATA OF ELECTRON MICROSCOPY AND ELECTRON MICROPROBE ANALYSIS

Tauson V.L., Belozerova O.Yu., Mekhanikova I.V.*, Mikhlin Yu.L.**, Akimov V.V., Kargin V.F.**, Mazurova E.V.**, Lipko S.V., Likhoshway Ye.V.*

Institute of Geochemistry SB RAS, 1a, Favorsky st., Irkutsk 664033, Russia *Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia **Institute of Chemistry and Chemical Technology SB RAS, 42, K. Marx st., Krasnoyarsk 660049, Russia <u>vltauson@igc.irk.ru</u>, *<u>yel@lin.irk.ru</u>, *<u>yumikh@icct.ru</u>

Methods of electron microscopy (EM), scanning probe microscopy (SPM), and electron microprobe analysis (EMPA) are used to study structure and chemical composition of mandibles in three species of amphipods: *Acanthogammarus grewingkii* (Dyb.), *Brandtia latissima lata* (Dyb.), and *Ommatogammarus albinus* (Dyb.) with different life style, habitat, and diet (Mekhanikova, 2010). A Superprobe JXA-8200 (JEOL, Japan) instrument in both wavelength-dispersive and energy-dispersive modes was applied for EMPA, and a Hitachi TM 1000 instrument with energy-dispersive spectrometer for EM analysis. The element composition of the cuticle of the pereon segment 1 was studied for comparison.

The mandibles of these species have a layered structure observed in the cut section. Various species have diverse thickness and density of layers. Unlike marine calanoid copepods (Miller, 1990), Baikal amphipods have no opal teeth (crowns). The results obtained show a non-uniform element distribution both in the surface of samples and in the cross-sections. The matrix is mainly composed of organic constituents with high contents of C, N, and O, and biophilous macroelements Ca and P. The lower contents are found for F, I, CI, Na, Mg, AI, K, and S. Bromine is sporadically fixed in the outer layer. The EM study of the surface of *A*. *grewingkii* shows a higher content of silicon in mandibles in comparison to the cuticle of the pereon and lower content of calcium although Ca is a prevailing constituent of the samples. On average, calcium contents exceed those of Si from 2 to 8 times in mandibles and 20–60 times in cuticle of the pereon.

The elevated Si content is observed at the outer layers of the mandible (as compared to the cuticle of the pereon and the inner layers of mandible). Nevertheless, the amphipod species studied do not reveal silicification of teeth of incisor and lacinia mobilis of the mandible. In contrast to marine copepods, the hardening of the mandible is likely to depend on sclerotization of the organic matrix and high concentrations of tanning agents rather than the presence of Si and Ca.

The work was supported by Integration Project of SB RAS No. 95 (Study of co-adaptation in the system "producerconsumer" on the example of diatoms and their consumers in freshwater ecosystems).

СТРОЕНИЕ И ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ МАНДИБУЛЫ БАЙКАЛЬСКИХ ЭНДЕМИЧНЫХ АМФИПОД (CRUSTACEA, AMPHIPODA) ПО ДАННЫМ МЕТОДОВ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ И ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА

Таусон В.Л., Белозерова О.Ю., Механикова И.В.*, Михлин Ю.Л.**, Акимов В.В., Каргин В.Ф.**, Мазурова Е.В.**, Липко С.В., Лихошвай Е.В.*

Институт геохимии СО РАН, 1а, ул. Фаворского, Иркутск 664033, Россия *Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия **Институт химии и химической технологии СО РАН, 42, ул. К. Маркса, Красноярск 660049, Россия

У трех видов амфипод: Acanthogammarus grewingkii (Dyb.), Brandtia latissima lata (Dyb.) и Ommatogammarus albinus (Dyb.), отличающихся местом обитания, образом жизни и диетой (Mekhanikova, 2010) исследовано строение мандибулы на поверхности и срезах методами электронной микроскопии (ЭМ), сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ) и определен состав основных элементов методами рентгеноспектрального электронно-зондового микроанализа (РСМА) (Superprobe JXA-8200. JEOL Ltd, Япония) и ЭМ с ЭДС (Hitachi TM 1000). Для сравнения был исследован элементный состав кутикулы первого грудного сегмента.

Мандибулы исследованных видов на срезах имеют слоистое строение. Выявлены различия в толщине и плотности слоев у разных видов. Кремнистых коронок (opal teeth), как у морских копепод (Miller, 1990), у исследованных байкальских амфипод не обнаружено. Во всех образцах, как на поверхности, так и на срезах, по результатам определения химического состава наблюдается неравномерное распределение элементов. Результаты исследования показали, что матрица образцов

представлена в основном органической составляющей с высоким содержанием C, N, O и биофильными элементами Ca и P. Более низкие уровни содержаний имеют F, I, Cl, Na, Mg, Al, K, S. На поверхности в отдельных точках наблюдается Br. Исследование поверхности *A. grewingkii* показало более высокое содержание кремния в мандибулах по сравнению с кутикулярными покровами сегментов тела и более низкое содержание кальция, хотя везде кальций является преобладающим элементом минеральной составляющей образцов. В среднем содержание кальция в мандибулах превышало в 2–8 раз содержание кремния, а в кутикуле грудных сегментов в 20–60 раз.

Хотя у исследованных видов амфипод не обнаружено окремнения зубцов режущих частей мандибулы, повышенное (по отношению к кутикуле и внутренним слоям мандибулы) содержание кремния отмечено в поверхностном слое. Очевидно, в отличие от морских копепод, прочность ротовых частей достигается не столько наличием кремния и кальция, сколько склеротизацией органического матрикса и высокой концентрацией дубильных веществ.

Работа выполнена благодаря поддержке интеграционного проекта СО РАН № 95 (Изучение ко-адаптации в системе "продуцент-консумент" на примере диатомовых водорослей и их потребителей в пресноводных экосистемах).

DOMINANT SPECIES OF DIATOMS IN MIOCENE SEDIMENTS OF THE VITIM PLATEAU (ZABAIKALYE) Usoltseva M.V., Dubrovina Yu.F., Vorobyeva S.S., Rasskazov S.V.*

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia *Institute of the Earth's Crust SB RAS, 128, Lermontov st., Irkutsk 664033, Russia marinaus @lin.irk.ru

Fine structure of frustules was studied with scanning electron microscopy (SEM) in dominant species of diatoms of the genera *Aulacoseira* Thw., *Actinocyclus* Ehrenb., and *Tetracyclus* Ehrenb.. Their stratigraphic distribution was estimated in the key core 7236 drilled in the eastern part of the Vitim Plateau by the Baikal Branch of "Sosnovgeology". The total thickness of the cross-section was 123 m (depth interval of 126-249 m). The core contained lacustrine deposits with three layers of basalts. Basalt layers in the sediment part of the cross-section were dated with K-Ar method. The age of the basalt layer from the middle part of the section made up 12.6 \pm 0.8 million years. This corresponds to the boundary between the Middle and Upper Miocene.

The genus Aulacoseira was represented in the sediments by extinct species (*A. canadensis* (Hustedt) Simonsen, *A. spiralis* (Ehrenberg) Houk et Klee and *A. jonensis* (Grunow) Houk et Klee) and common species (*A. valida* (Grunow) Krammer, *A. italica*, *A. ambigua* (Grunow) Simonsen, *A. granulata* (Ehrenberg) Simonsen, *A. aff. pusilla* (F. Meister) Tuji et Houk and *A. distans* (Ehrenberg) Simonsen). *A. spiralis* and *A. jonensis* were for the first time detected in the flora of this region. Fine structure of frustules in *A. valida*, *A. granulata* and *A. italica* has not changed since the Miocene.

The genus *Actinocyclus* in the core was represented by the two known widely spread species *Ac. gorbunovii*, *Ac. krasskei* and two new species for science *Ac. vitimicus* Usoltseva et Khursevich sp. nov., *Ac. intermedius* Usoltseva et Khursevich sp. nov. (Usoltseva M.V., et al., Plant Ecology and Evolution, in press). All species of this genus were extinct.

The genus *Tetracyclus* was represented by *T. glans* (Ehr.) Mills, *T. ellipticus* (Ehr.) Grunow and *T. arceli* Williams, Khursevich & Flower. Compared to earlier studies (Chernyaeva G.P. et al., Geology and geophysics, 2007, pp. 460-471), we have not detected *T. celatom* Okuno, *T. emarginatus* (Ehr.) W. Sm., and *T. floriformis* Tsher. However, the species *T. arceli* described from the Upper Miocene deposits of Lake Baikal (Williams D.M. et al., Proc.of the 18th Inter. Diatom Sympos., 2004, pp. 465-478) was for the first time mentioned in the flora of this region.

The highest diversity of species was observed in the middle part of the core (depth interval of 199-68 m) where short-term appearance of new species *Ac. Vitimicus* and *Ac. Intermedius* and the first appearance of the species-index *Ac. gorbunovii* were recorded. The appearance of the latter was detected at a depth of 174 m on the boundary of transition from the Middle to Late Miocene. This agrees with the K-Ar dating. It is likely that significant changes took place in living conditions at the time corresponding to sedimentation in the upper part of the thickness. The evidence of it is the replacement of dominant species of the genera and disappearance of curved forms of *Aulacoseira*.

The data obtained extend knowledge on diversity of diatoms from the Miocene and may be useful in the future for construction of the zonal stratigraphic scale of Zabaikalye.

The work was supported by SB RAS and FEB RAS Integration Projects, Nos. 5 and 09-II-SO-08-001.

ДОМИНИРУЮЩИЕ ВИДЫ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ В МИОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВИТИМСКОГО ПЛОСКОГОРЬЯ (ЗАБАЙКАЛЬЕ)

Усольцева М.В., Дубровина Ю.Ф., Воробьева С.С., Рассказов С.В.*

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия *Институт земной коры СО РАН, 128, ул. Лермонтова, Иркутск 664033, Россия

С помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) изучено тонкое строение панцирей доминирующих видов диатомовых водорослей родов Aulacoseira Thw., Actinocyclus Ehrenb., Tetracyclus

Еhrenb. и оценено их стратиграфическое распределение в опорной скв. 7236 Байкальского филиала «Сосновгеология» ФГУГП «Урангео», пройденной в восточной части Витимского плоскогорья. Общая мощность опробованного разреза составила 123 м (интервал глубин 126-249м). Скважина вскрыла озерные отложения с тремя горизонтами базальтов. Базальтовые слои в осадочной части разреза датировались К–Аг методом. Возраст базальтового слоя средней части разреза составил 12,6 ± 0,8 млн лет, что в пределах погрешности измерений соответствует рубежу среднего и верхнего миоцена.

Показано, что в осадочных отложениях разреза род *Aulacoseira* представлен как вымершими видами: *A. canaden*sis (Hustedt) Simonsen, *A. spiralis* (Ehrenberg) Houk et Klee и *A. jonensis* (Grunow) Houk et Klee, так и широко распространенными в настоящее время: *A. valida* (Grunow) Krammer, *A. italica, A. ambigua* (Grunow) Simonsen, *A. granulata* (Ehrenberg) Simonsen, *A. aff. pusilla* (F. Meister) Tuji et Houk и *A. distans* (Ehrenberg) Simonsen. Виды *A. spiralis* и *A. jonensis* для флоры данного региона отмечены впервые. При изучении ультраструктуры видов *A. valida, A. granulata* и *A. italica* показано, что тонкое строение их створок с миоцена до наших дней не изменилось.

Род Actinocyclus в скважине представлен двумя известными, широко распространенными видами Ac. gorbunovii, Ac. krasskei и двумя новыми для науки – Ac. vitimicus Usoltseva et Khursevich sp. nov., Ac. intermedius Usoltseva et Khursevich sp. nov. (Usoltseva M.V., et al., Plant Ecology and Evolution, в печати). Все виды этого рода являются вымершими.

Род *Tetracyclus* представлен видами *T. glans* (Ehr.) Mills, *T. ellipticus* (Ehr.) Grunow и *T. arceli* Williams, Khursevich & Flower. По сравнению с ранними исследованиями (Черняева Г.П. и др., Геология и reoфизика, 2007, С. 460–471), нами не обнаружены виды *T. celatom* Okuno, *T. emarginatus* (Ehr.) W. Sm., T. *floriformis* Tsher. Но впервые для флоры данного региона приведен вид *T. arceli*, описанный из верхнемиоценовых отложений Байкала (Williams D.M. et al., Proc.of the 18th Inter. Diatom Sympos., 2004, pp. 465-478).

Наибольшее разнообразие видов отмечено в средней части керна (интервал глубин 199–168 м), где зафиксировано кратковременное появление новых видов *Ac. vitimicus, Ac. intermedius* и первое появление вида–индекса *Ac. gorbunovii.* Появление последнего на глубине 174 м фиксирует границу перехода от среднего к позднему миоцену, что согласуется с К–Аг датировкой. Вероятно, во время, соответствующее осадконакоплению верхней части толщи произошли значительные изменения условий существования, о чем свидетельствуют смена доминирующих видов исследуемых родов и исчезновение изогнутых форм *Aulacoseira*.

Полученные данные расширяют представление о разнообразии диатомовых водорослей миоцена и могут быть полезны в будущем для построения зональной региональной стратиграфической шкалы Забайкалья.

Работа выполнена при поддержке Интеграционных проектов СО РАН и ДВО РАН №5 и 09-II-CO-08-001.

THE SILICEOUS CROWNS OF MANDIBLES OF THE *EPISCHURA* SPECIES (COPEPODA, ALANOIDA) Zaidykov I.Yu., Naumova E.Yu.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia lena@lin.irk.ru

Earlier we had examined the general structure of mandibles of adult individuals of four species of the *Epischura* family with a scanning electronic microscopy (SEM) (Naumova, Melnik, 2005). The purpose of this work was to investigate the features of a structure and a chemical compound of the cutting edge mandibles of *E. lacustris*, *E. chankensis*, *E. nevadensis* and *E. baicalensis*.

The procedure of mandible preparation is more simplified: after washing the fixator off the prepared mandibles are thermostat dried at 40°C for 24 hours and subsequently gold shadowed. Photos and the semiquantitative chemical analysis of samples have been received on SAM QUANTA 200 FEI with a prefix for the wave microanalysis of EDAX. In the description of a cutting edge of mandibles we were guided by terms accepted by Beklemishev K.V. (1954).

The cutting edge of mandibles of *E. chankensis* has the primitively arranged central teeth (narrow, singlecusp). The remaining *Epischura* species have two- and three-cusp teeth of a different degree of pointedness. The central teeth of various individuals of *E. baicalensis* had a varied pointedness. We assume that they are transformed to a similarity of chewing-like surfaces in the process of a feeding.

The mandibles of all investigated species bear the single-cusp crowns on the first ventral tooth. The crowns of *E. lacustris* and of *E. nevadensis* are well expressed and appreciable, that, most likely, is connected with their thickness. The *E. chankensis* and *E. baicalensis* crowns are less appreciable. The first ventral tooth of *E. chankensis* differs from the correct conic form, unlike other species.

In a chemical compound of crowns of *E. nevadensis*, *E. chankensis* and *E. baicalensis* contains silica. According to the semiquantitative analysis its maximum content for *E. baicalensis* is 39 %, for *E. chankensis* –13 %, for *E. nevadensis* –29 % of the general content.

We have found out two kinds of mandible samples of *E. baicalensis* - with the expressed sharp crowns, and without them. Presumably, crowns are lost in the course of a feeding, on their place we find out a chitinous tooth with the channel on the top on which occur the siliceous excretion.

The crowns of *E. lacustris* do not contain some silica and have a long hook-like outgrowth on the top. We assume, such outgrowth is a consequence of the silica absence in the crown and that makes its elastic one. Other investigated species have the sharp damages of crowns that testify to their fragility owing to the high silica content.

We think, that these differences of the mandible crown content between species of the *Epischura* family is connected with their food, but we do not exclude also the biochemical features of species at the genetic level. *Work is supported by the integration grant of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science* № 95.

КРЕМНИЕВЫЕ КОРОНКИ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *EPISCHURA* (COPEPODA, CALANOIDA) Зайдыков И.Ю., Наумова Е.Ю.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Ранее нами было проведено исследование общего строения мандибул у взрослых особей четырех видов рода *Epischura* методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) (Наумова, Мельник, 2005). Цель данной работы – исследовать особенности строения и химический состав режущего края мандибул *E. lacustris, E. chankensis, E. nevadensis* и *E. baicalensis.*

Подготовка препаратов мандибул проводилась по упрощенной методике: после отмывания от фиксатора (4% формалин), препарированные мандибулы высушивали в термостате при 40°С в течение суток и после этого напыляли золотом. Фотографии и полуколичественный химический анализ образцов были получены на СЭМ QUANTA 200 фирмы FEI с приставкой для волнового микроанализа фирмы EDAX. В описании режущего края мандибулы мы руководствовались терминами принятыми Беклемишевым К.В. (1954).

Режущий край мандибулы *E. chankensis* имеет примитивно устроенные центральные зубцы (узкие, одновершинные). Для остальных исследованных видов рода *Epischura* характерны двух- и трехвершинные зубцы разной степени заостренности. У *E. baicalensis* центральные зубцы различных экземпляров варьировались по заостренности. Мы предполагаем, что они преобразуются в подобие жевательных поверхностей, стачиваясь в процессе питания.

Мандибулы всех исследованных видов несут на первом вентральном зубце одновершинные коронки. Коронки *E. lacustris* и *E. nevadensis* хорошо выражены и заметны, что, скорее всего, связано с их толщиной. У *E. chankensis* и *E. baicalensis* коронки менее заметны. У *E. chankensis* первый вентральный зубец отличается от правильной конической формы, в отличие от других видов.

В химическом составе коронок *E. nevadensis, E. chankensis* и *E. baicalensis* содержится кремний. По данным полуколичественного анализа его содержание максимально составляет у *E. baicalensis* 39 % общего состава, для *E. chankensis* – 13% общего состава, для *E. nevadensis* – 29 % общего состава.

Мы выявили два вида образцов мандибул *E. baicalensis* – с выраженными островершинными коронками, и без них. Предположительно, коронки утрачиваются в процессе питания, на их месте нами обнаружен зубец из хитиновой кутикулы с каналом на конце, по которому происходит экскреция кремнийсодержащего секрета.

Коронки *E. lacustris* не содержат кремния вообще и на конце имеют длинный крючкообразный вырост. Как мы предполагаем, такой вырост является следствием отсутствия в составе коронки кремния, что делает ее эластичной. У остальных исследованных видов наблюдаются сколы коронок, что свидетельствует об их хрупкости вследствие высокого содержания кремния.

Мы предполагаем, что отличия состава мандибулярных коронок у представителей рода *Epischura* связано с составом пищи, но не исключаем и биохимических особенностей видов на генетическом уровне.

Работа поддержана интеграционным грантом СО РАН № 95.

4. MICROORGANISMS: DISTRIBUTION AND SYMBIOTIC RELATIONS IN AQUATIC ECOSYSTEMS. МИКРООРГАНИЗМЫ: РАСПРОСТРАНЕНИЕ И СИМБИОТИЧЕСКИЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ В ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ.

STRUCTURE AND FUNCTIONAL ACTIVITY OF MICROBIAL COMMUNITIES IN HYDROTHERMS OF BAIKAL RIFT ZONE

Barkhutova D.D., Danilova E.V., Zaitseva S.V., Namsaraev B.B.

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, 6, Sakhyanovoi St., Ulan-Ude 670047, Russia darima bar@mail.ru

The work purpose is research of structure and functional activity of microbial communities in hydrotherms Baikal rift zone depending on physical and chemical conditions. Activity of microbial community of thermal springs depends on delivery biogenic elements and substrata for biochemical reactions with underground waters and from environmental factors, such as temperature, chemical compound of waters and breeds.

High temperature, alkaline values and presence of sulfides create special conditions for extremophiles existence.

Activity of thermal springs microorganisms depends on environmental conditions. The temperature is the main environmental factor rendering defining influence on distribution and functional activity of microorganisms. The water temperature reaching 25-75°C in output, lake and streams is favorable for thermophiles development. Consecutive development of mesophilic microorganisms is observed by temperature decrease in stream. The degree of illumination defines activity of various groups of producers. On the shined sites in hydrotherms oxygenic cyanobacteria and anoxigenic photobacteria play a dominant role in production of organic matter, in the blacked out conditions a variety of chemolithotrophic microorganisms (which use inorganic energy sources) become more active. Values pH define the development of alkaliphilic and neutrophilic microbial communities. Low concentration of oxygen in high-temperature and sulfide waters creates conditions for anaerobic microorganisms development. For functioning aerobic types favorably high content of oxygen in water at low temperatures. Hydrogen sulfide is a product of sulfat-redusing bacteria activity and connects the dissolved oxygen. Functional activity of aerobic and anaerobic groups of microorganisms is influenced by oxidation-reduction potential which values depends on oxygen, sulfide and iron concentrations.

Active functioning of microbial community is revealed in area of outputs of thermal waters and streams. In favorable conditions such as illumination, relative high temperature and constant delivery of biogenic elements, microbial mats formation is observed. Filamentous cyanobacteria belonging to the genus *Phormidium* are colony-forming and dominate in cyanobacterial mats.

Cyanobacteria belonging to the genus *Anabaena* are abundant and dominant in conditions with the moderate temperature and absence of the sulfide dissolved in water. Cyanobacteria belonging to the genus *Synechococcus* are codominant at elevated temperature. Anoxygenic mat with domination *Chloroflexus aurantiacus* has been detected by us only in Alla spring.

The purple mat is observed in Kuchiger, Umhey and Urinskiy springs. In purple mats *Ectothiorhodospira*, *Allochromatium, Thiocapsa, Rhodovulum* prevail. Cyanobacteria also meet in purple mat. Sulfuric were found in slightly alkaline sites of hot streams in hydrotherm Alla, Kuchiger, Umhey and Zmeinaya with high sulfide concentration. Colorless sulfur bacteria belonging to the genus *Thiothrix, Beggiatoa, Thiophisa* and sulfur-oxidation bacteria belonging to the genus *Thiobacillus* are structure forming types in these sulfuric mats. Increase of stability hydrosulfide-ion at alkaline reaction of environment may be the reason for absence of mass development of thermophilic sulfur bacteria at temperature 70°C.

In Baikal rift zone hydrotherms inverse relationship between the top temperature limit of distribution microbial mats and a content of sulfide in springs is revealed. When sulfide concentration high than below the maximal temperature of microbial mats distribution.

Cyanobacteria *Phormidium* spp. and *Anabaena* spp. dominate over wide range environmental conditions, being more tolerant to high values of pH.

Photosynthesis microbial communities of hot springs possess high efficiency. During oxygenic photosynthesis it is synthesized up to $3.5 \text{ g C/(m^2 in a day)}$, anoxygenic photosynthesis – up to $5.5 \text{ g C/(m^2 in a day)}$. High values of anoxygenic photosynthesis speed in cyanobacterial mats may be explained by switching of cyanobacteria in anoxygenic photosynthesis. The maximal speed of makes fixings 12.1 g C/(m² in a day). Maximal total production reaches 21 g C/(m² in a day). The optimum of production processes is in temperature range 45-50°C.

According to the isotope analysis of microbial mats carbon producers of alkaline hydrotherms cyanobacterial mats use atmospheric and volcanogenic carbon acid.

Processes of terminal destruction in hydrotherms also possess high intensity. The maximal value of sulfate reduction reaches 5.5 g S/(m² ·a day). Methanogenesis speed is low (up to 1.5 mgC / (m² ·a day). Accordingly, more organic substance spent through process of sulfate reduction for 2-3 orders than methanogenesis. That is caused by a high content of sulfate in thermal waters. High intensity of sulfate reduction favors to the vigorous activity of microorganisms of a sulfur cycle even in absence in water of the dissolved sulfide. Anoxygenic phototrophic bacteria participating in the given cycle numbers up to 10^7 ml^{-1} were found in alkaline springs microbial mats.

Thus, thermophilic microbial communities distributed in Baikal rift zone hydrotherms differ high autonomy and close cooperative communications. Oxygenic and anoxygenic and chemolithotrophic bacteria of water thickness, ground deposits and microbial mats synthesizes organic substance. High- and low-molecular organic substances are used in multistage process of aerobic and anaerobic destruction. Extremely high cyanobacterial numbers and heterotrophic bacterial numbers were found. Hydrolytic bacteria which participate in decomposition of fiber, cellulose and starch numbers up to 10⁶ ml⁻¹ were found. At terminal stages of destruction the most part of organic substance is used for restoration of sulfates.

СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ В ГИДРОТЕРМАХ БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ ЗОНЫ

Бархутова Д.Д., Данилова Э.В., Зайцева С.В., Намсараев Б.Б. Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН,

6, ул. Сахьяновой, Улан-Удэ 670047, Россия

Целью работы является исследование структуры и функциональной активности микробных сообществ в гидротермах Байкальской рифтовой зоны в зависимости от физико-химических показателей.

Активность микроорганизмов термальных источников зависит от условий среды. Температура является важным экологическим фактором, оказывающим определяющее влияние на распространение и функциональную активность микроорганизмов. Температура воды, достигающая 25-75°С на выходе, в озере и ручьях, благоприятна для развития термофилов. При снижении температуры по ручью наблюдается последовательное развитие мезофилов. Степень освещения определяет активность различных групп продуцентов. На освещенных участках гидротермы в продукции органического вещества основную роль оксигенные цианобактерии и аноксигенные фотобактерии, в затемненных условиях активизируются хемолитотрофы. Значения pH определяют развитие алкалофильных и нейтрофильных микробных сообществ. Низкие концентрации кислорода в высокотемпературных и сероводородсодержащих водах создают условия для развития анаэробных микроорганизмов. Высокое содержание кислорода в воде при низких температурах благоприятно для функционирования аэробных видов. Сероводород, продукт деятельности сульфатредукторов, связывает растворенный кислород. На функциональную активность аэробных и анаэробных видов микроорганизмов влияет окислительновосстановительный потенциал, значения которого зависит от содержания кислорода, сульфида и железа.

Активное функционирование микробного сообщества выявлено в районе выходов термальных вод и ручьях. В благоприятных условиях, к которым относятся освещение, относительные высокие температуры и постоянное поступление биогенов, наблюдается формирование микробных матов. В циано-бактерильных матах основными эдификаторами являются нитчатые цианобактерии рода Phormidium. Цианобактерии рода Anabaena являются содоминантами и доминантами в условиях с умеренной температурой и отсутствием растворенного в воде сульфида. Цианобактерии рода Synechococcus являются содоминантами при повышенной температуре. Аноксигенный мат с доминированием Chloroflexus aurantiacus был обнаружен нами только в Аллинском источнике. Развитие пурпурных матов наблюдается в источниках Кучигер, Умхей и Уро. В пурпурных матах преобладают Ectothiorhodospira, Allochromatium, Thiocapsa, Rhodovulum. В пурпурных матах также встречаются цианобактерии. Серные маты обнаружены в высокосульфидных, слабо щелочных участках горячих ручьев гидротерм Алла, Кучигер, Умхей, Змеиная. Структурообразующими видами в серных матах являются бесцветные серобактерии родов Thiothrix, Beggiatoa, Thiophisa и сероокисляющие бактерии рода Thiobacillus. Повышение устойчивости гидросульфид-иона при щелочной реакции среды может быть причиной отсутствия массового развития термофильных серобактерий при температуре около 70°C.

В гидротермах Байкальской рифтовой зоны выявлена обратная зависимость между верхним температурным пределом распространения микробного мата и содержанием сульфида в источнике. Чем выше содержание сульфида, тем ниже максимальная температура распространения микробного мата по изливу источника. В широком диапазоне условий среды доминируют цианобактерии *Phormidium* spp. и *Anabaena* spp., являющиеся более толерантными к высоким значениям pH.

Фототрофные микробные сообщества гидротерм обладают высокой продуктивностью. В процессе оксигенного фотосинтеза синтезируется до 3,5 г С/ (м² · сут), аноксигенного фотосинтеза – до 5,5 г С/ (м² · сут). Высокие значения скорости аноксигенного фотосинтеза в матах, где доминируют цианобактерии, может быть объяснено переключением цианобактерий на аноксигенный фотосинтез. Максимальная скорость темновой фиксации составляет 12,1 г С/ (м² сут). Оптимум продукционных процессов находится в диапазоне температур 45-50°С.

По данным изотопного анализа углерода микробных матов продуценты циано-бактериальных матов щелочных гидротерм используют атмосферный и вулканогенный углекислоту.

Процессы терминальной деструкции в гидротермах также обладают высокой интенсивностью. Максимальное значение сульфатредукции достигает 5,5 г S/ (м² ·сут). Скорость метаногенеза невысока (до 1,5 мгС/(м² ·сут). Соответственно, через процесс сульфтаредукции расходуется на 2-3 порядка больше органического вещества, что обуславливается высоким содержанием сульфата в термальных водах. Высокая интенсивность процесса сульфатредукции благоприятствует активной деятельности микроорганизмов цикла серы, даже в отсутствии в воде растворенного сульфида. Аноксигенные фототрофные бактерии, участвующие в данном цикле, достигают высокой численности в микробных матах щелочных источников (до 10⁷ кл/мл).

Таким образом, термофильные микробные сообщества гидротерм Байкальской рифтовой зоны отличаются высокой автономностью и тесными кооперативными связями. Оксигенные и аноксигенные фототрофы и хемолитотрофы водной толщи, донных осадков и микробных матов синтезируют органическое вещество. Высоко- и низкомолекулярные органические вещества используются в многоступенчатом процессе аэробной и анаэробной деструкции. В разложении белка, целлюлозы и

крахмала активное участие принимают гидролитики, численность которых достигает 10⁶ кл/мл. На терминальных этапах деструкции большая часть органического вещества используется для восстановления сульфатов.

DETERMINATION OF THE TARGET GROUPS OF MICROORGANISMS DOMINATED IN WATER AND BIOFILMS ON ARTIFICIAL SUBSTRATE IN NATURAL EXPERIMENT Belkova N.L.***, Dolgikh N.V.**

*Limnological Institute SD RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia **Irkutsk State University, 1, K. Marksa St., Irkutsk 664000, Russia belkova @lin.irk.ru

Biofilms are well-organized, cooperated community of microorganisms wide spread in natural environments. They are formed in streamway, and at the interface phases. At the present it is considered that 99% of bacteria exist in natural ecosystems not in the form of single cells, but specifically organized attached to any substrates biofilms, and 5 to 35% of biofilms biomass fall on microorganisms. Intercellular matrix of biofilms consisted from exopolysaccharides of different type that depended on structure of microbial community participating in biofilms construction. Evidently that growth in community is more advantageous to microorganisms ecologically then survival in single cell stage. Environmental advantages of bacterial existence in biofilms consist in facility access of nutrition and cooperation of organisms as well as in cell protection from negative impact of environments. Investigation and understanding of fundamental ecological mechanisms of biofilm functioning allow to develop new strategies of their management and control.

The main aim of the present study consisted in the target groups' determination those are dominated in biofilms grown on artificial substrate in natural experiment. Steal plate exposed in littoral area of Lake Baikal (Beresovuj Cape) during five years were used for the work. Biological material was collected from the both sides: upper side that contacted with water and lower side that contacted with bottom sediments. Additionally nearbottom water was filtered on bacterial filter (SterivexTM-GV, pore size 0.22 um, Millipore). Bacterial cells were destroyed in lysis buffer, total DNA was extracted with sorbents. Primers specific on different bacterial taxons and allowed to determine spectrum of dominated phylotypes were used in amplification.

Full spectrum of microorganisms included different groups of Archaea, Eubacteria and Eukaryote is determined in nearbottom water of littoral zone of Lake Baikal. In the biofilms on steal substrate Archaea were not detected, Firmicutes were presented in low content, whereas cyanobacteria, proteobacteria and cytophaga were dominated. Usage of different sorbents allowed receiving DNA fraction with high content of specific group of microorganisms. The main interest for future work except cyanobacteria and cytophaga-flavobacteria. It should be noted that at the present in microbial ecology the search on criteria for bacterial taxonomy is going on, and it becomes apparently that identification of some phylogenetic groups is more deep than due to ribosomal gene analysis. So complex analysis of genetic diversity of target groups of microorganisms in different microbial communities allow to estimate factors that determined diversity and criteria on diversity evaluation.

This work was done according to project VI.51.1.9 and under financial support of grants RFBR №09-04-00977 and integrated project №122.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕЛЕВЫХ ГРУПП МИКРООРГАНИЗМОВ, ДОМИНИРУЮЩИХ В ВОДЕ И БИОПЛЕНКАХ НА ИСКУССТВЕННОМ СУБСТРАТЕ В УСЛОВИЯХ ПРИРОДНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА Белькова Н.Л.****, Долгих Н.В.**

*Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия **Иркутский государственный университет, 1, ул. К. Маркса, Иркутск 664000, Россия

Биопленка – это хорошо организованное, взаимодействующее сообщество микроорганизмов, широко распространенное в природе. Они формируются в условиях текучести, на границе раздела фаз. В настоящее время считают, что 99% бактерий существуют в природных экосистемах в виде не свободно плавающих клеток, а специфически организованных, прикрепленных к субстрату биопленок, а сами бактерии составляют 5–35% ее биомассы. Межклеточный матрикс биопленки состоит из экзополисахаридов различной природы и зависит от состава микробного сообщества, участвующего в ее создании. Очевидно, что рост в сообществе экологически более выгоден микроорганизмам, чем жизнь в виде отдельной клетки. Экологические преимущества существования бактерий в виде биопленки состоят, прежде всего, в облегчение доступа питательных веществ и метаболической кооперации организмов и защите клеток от негативных воздействий окружающей среды. Изучение и понимание фундаментальных экологических механизмов функционирования биопленок позволит разработать новые стратегии управления или борьбы с ними.

Цель настоящей работы заключалась в определении целевых групп микроорганизмов, доминирующих в биопленках на искусственных субстратах в условиях природного эксперимента. Материалом для работы послужили стальные пластины, экспонированные в прибрежной зоне озера Байкал (мыс Березовый) в течение пяти лет. Биологический материал собирали с обеих поверхностей пластин: верхняя имела контакт с водой, а нижняя – с поверхностью грунта. Дополнительно пробу придонной воды фильтровали на бактериальный фильтр (SterivexTM-GV, диаметр пор 0,22 мкм, Millipore). Бактериальный материал лизировали буфером с гуанидин гидрохлоридом, тотальную ДНК выделяли с помощью сорбентов. В амплификацию использовали специфичные праймеры на разные таксономические группы микроорганизмов, позволяющие определить спектр доминирующих филотипов.

В придонной воде прибрежной зоны озера Байкал определен широкий спектр микроорганизмов, включая разные таксоны архей, эубактерий и эукариот. В биопленках на стальных пластинах не детектированы представители архей, которые присутствовали в воде, значительно меньше представлены вирмикуты, а преимущественно определены цианобактерии, протеобактерии и цитофаги. Использование разных сорбентов позволило получить фракции ДНК, обогащенные отдельными филогенетическими группами эубактерий. Наибольший интерес для дальнейшей работы, несомненно, кроме сообщества цианобактерий, формирующего на поверхности стальной пластины видимые колонии, представляют представители класса альфапротеобактерии и филогенетической линии цитофаги-флавобактери. Следует отметить, что в настоящее время в микробной экологии идет поиск критериев для объективного выделения таксономических групп, и становится очевидным, что выделение, по крайней мере, некоторых филогенетических групп имеет более глубокие корни, чем субъективный анализ фрагментов рибосомных генов. Именно поэтому детальный анализ генетического разнообразия определенных групп микроорганизмов в разных микробных сообществах позволит выделить факторы, определяющие разнообразие, и критерии оценки этого разнообразия.

Работа выполнена в рамках проекта VI.51.1.9. «Особенности формирования и жизненная стратегия микробного сообщества и вирусов в биопленках в оз. Байкал» при финансовой поддержке гранта РФФИ №09-04-00977 и интеграционного проекта №122.

STRUCTURE AND DIVERSITY OF MICROBIAL COMMUNITIES FROM FRESHWATER OLIGOTROPHIC ECOSYSTEMS Belkova N.L.*,**, Matyugina E.B.***

*Limnological Institute SD RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia **Irkutsk State University, 1, K. Marksa St., Irkutsk 664000, Russia ***Institute for natural Resources, ecology and kryology SD RAS, 26, Butina St., Chita 672000, Russia belkova @lin.irk.ru

Nowadays investigation of functioning of freshwater ecosystems is one of the first priority scientific problems due to more than half of the population of the earth used for drinking water of low quality and standards. Microbial communities are one of the main important components of the living organisms of water reservoirs. They play important role in the cycles of mater and energy as well as in food webs of pelagic organisms. Microorganisms are forming stable communities in natural conditions those could be surviving for a long time. Stable community has no internal reasons for interruption it's functioning, while during development it has different stage succession. One of the conditions for this stability is restraint of biogenic element cycles. Relevance of the present research consists in the investigation of the fundamental problem of the microbial ecology. How are the structure and diversity of microbial populations formed in extreme environments such as oligotrophic freshwater ecosystems, the main peculiarity of which is predominance of uncultivable forms of microorganisms? The main task of the present study is diversity, structure and physiological state of the microorganisms in different freshwater ecosystems. Water samples were collected by filtration from lakes Baikal, Arakhlej, high mountains Lakes of Sayan Mountains, and cold seep in National Park Alkhanaj. Cultivation of uncultivable forms was done by filtration-acclimatization method. For the first time new method for selective inactivation of extracellular DNA was used for natural samples treatment. Group-specific PCR with agarose-gel analysis as well as real-time PCR were used to find differences in the composition of main phylogenetic groups in microbial communities. We determined main target groups of different taxons for quantification of composition and structure of freshwater microbial communities. They are Alphaproteobacteria, Betaproteobacteria, Planctomycetes, Cyanobacteria and Cytophaga. We found differences between freshwater reservoirs with different origin and temperature annual regime. We revealed predominance of Planctomycetes and Cyanobacteria in Baikalian and cold-seep waters, respectively. Low content of Betaproteobacteria differentiate these waters from the water of other cold freshwater ecosystems (ex. Water of high mountain lakes and lateral zone of Lake Baikal). Moleculer identification was done for dominant types. Accurately 27 representatives of genera of Proteobacteria, Firmicutes, Flavobacteria and Actinobacteria were identified. Among heterotrophic microorganisms for the first time were identified the following genera: Actinotelluria, Arsenicicoccus and Kaistobacter (Lake Baikal), Agreia (high mountain lake Pereval'noe), Duganella (cold seep, Alkhanay), Aranicola and Massilia (Lake Arakhlej), Janthinobacterium (high mountain Lake Chernoe, cold seep, Alkhanaj and Lake Arakhlej).

This work was supported by grant RFBR №09-04-00977 and integrated project SD №122.

СОСТАВ И РАЗНООБРАЗИЕ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ ПРЕСНОВОДНЫХ ОЛИГОТРОФНЫХ ЭКОСИСТЕМ Белькова Н.Л.*,**, Матюгина Е.Б.***

*Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия **Иркутский государственный университет, 1, ул. К. Маркса, Иркутск 664000, Россия ***Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, 26, ул. Бутина, Чита 672000, Россия

Изучение функционирования пресноводных экосистем в современных условиях является одной из приоритетных научных проблем, так как в настоящее время более половины населения Земного шара вынуждены употреблять для питьевых целей воду, не соответствующую нормам и стандартам. Микробные сообщества – одни из наиболее существенных компонентов живого населения водоемов. Они играют важную роль в процессах круговорота веществ и энергии и в трофической цепи организмов пелагиали. Микроорганизмы формируют в природных условиях устойчивые сообщества, способные существовать неопределенно долго за счет поступающей извне энергии. Устойчивое сообщество не имеет внутренних причин для остановки своей деятельности, хотя оно и развивается и имеет сукцессию форм. Условием устойчивости сообщества является замкнутость циклов биогенных элементов. Актуальность настоящего исследования состоит в решении фундаментальной проблемы современной экологии микробных сообществ: как формируется состав и структура микробных популяций в таких экстремальных условиях обитания как олиготрофные пресноводные экосистемы, главной особенностью которых является доминирование так называемых «некультивируемых» микроорганизмов. Задача данного исследования – изучить разнообразие, состав и физиологическое состояние микроорганизмов в микробных сообществах разных пресноводных экосистем. Пробы воды из озер Байкал, Арахлей, высокогорных озер Восточных Саян и холодного родника на территории национального парка Алханай были сконцентрированы фильтрованием. Культивирование некультивируемых форм проводили в эксперименте по фильтрации-акклиматизации. Впервые апробирована методика селективной инактивации внеклеточной ДНК и ДНК мертвых бактериальных клеток в природных образцах. Для выявления различий в составе основных филогенетических групп в микробных сообществах всех изученных пресноводных экосистем была использована амплификация с групп-специфичными праймерами с детекцией ПЦР-продуктов в гель-электрофорезе и апробирована ПЦР в реальном времени. Нами выбраны основные целевые группы микроорганизмов разного таксономического уровня, которые необходимо анализировать для количественной оценки состава и структуры пресноводных микробных сообществ: классы альфа- и бета-протеобактерий, филогенетические линии Планктомицеты, Цианобактерии и Цитофаги. Отмечены различия в составе микробных сообществ олиготрофных пресноводных экосистем, имеющих разное происхождение и температурный режим в течение года. Выявлено преобладание планктомицетов и цианобактерий в байкальской и родниковой водах, соответственно, и невысокое содержание бета-протеобактерий, что существенно отличает эти воды от других холодных пресноводных объектов (например, высокогорные озера или мелководная прибрежная зона озера Байкал). Для доминирующих морфотипов проведена молекулярно-генетическая идентификация. Достоверно идентифицированы представители 27 родов протеобактерий, вирмикут, флавобактерий и актинобактерий. Следует отметить, что следующие гетеротрофные микроорганизмы отмечены в изученных водных микробных сообществах впервые: Actinotelluria, Arsenicicoccus и Kaistobacter (оз. Байкал), Agreia (высокогорное оз. Перевальное), Duganella (родник на Алханае), Aranicola и Massilia (оз. Арахлей), Janthinobacterium (высокогорное оз. Черное, родник на Алханае и оз. Арахлей).

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №09-04-00977 и интеграционного проекта №122.

DETECTION OF TOXIC MICROCYSTIS AND ANABAENA SPECIES IN LAKE KOTOKEL (BAIKAL LAKE REGION)

Belykh O.I., Sorokovikova E.G., Fedorova G.A., Kaluzhnaya Ok.V. Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia belykh@lin.irk.ru

The occurrence of cyanobacterial toxins – microcystins (MC) is reported in many freshwater bodies worldwide. MCs are cyclic heptapeptides produced by some planktonic cyanobacteria belonging to *Anabaena* and *Microcystis* genera. *Microcystis* and *Anabaena* blooms occur widely in the temperate regions of the world. Toxicity of MC is determined by their active transport to the liver cells followed by the inhibition of the eukaryotic serine/threonine phosphatase. Over 70 MC variants have been characterized up to this date. Many countries of the world carry out monitoring of highly toxic MC-LR containing leucine and arginine as variable L-amino acids. The concentration of MC–LR in drinking water as prescribed by the WHO is 1 μ g L⁻¹. MC-RR- (arginine-arginine) and MC-YR- (tyrosine-arginine) variants are less toxic. MCs are synthesized nonribosomally by microcystin synthetase complex is encoded by a 55 kb long gene cluster containing 10 genes (mcyA–J). Identification of a gene locus *mcy* responsible for the MC biosynthesis in genera *Microcystis, Planktothtix* and *Anabaena* made it possible to develop specific markers for the detection of toxigenic species.

Lake Kotokel is situated two kilometres to the east from Lake Baikal. It is of great importance for commercial fishery and recreation. In summer 2008, mass mortality of fishes and animals were registered in and around the lake, as well as were recorded 16 cases of human poisoning caused by eating bream fished in the lake. Everybody of poisoned victims had symptoms of the Haff disease (alimentary toxic paroxysmal myoglobinuria). Its etiology has been studied insufficiently; one of the possible causes is cyanobacteria bioactive substances. Plankton samples were collected in August 2009 in coastal and pelagic waters.

Data on nutrients and chlorophyll concentrations showed that this lake was eutrophic. Water surface temperature was 23°C, transparency by Secchi disk was 0.7 m. Twenty-five species of planktonic cyanobacteria were detected in pelagic samples, 12 of them were dominant species (their abundance was higher than 50 thous. cell L⁻¹): Aphanocapsa holsatica, A. incerta, A. delicatissima, Snowella rosea, Romeria sp., Microcystis viridis, M. aeruginosa, Pseudanabaena voronichinii, Coelosphaerium kuetzingianum, Aphanocapsa conferta, Planktolyngbya contorta, and Chroococcus limneticus. In the net samples, we identified Microcystis wesenbergii, Anabaena lemmermannii, A. scheremetievi, A. circinalis, and A. spiroides. Thus, in Lake Kotokelskoe cyanobacteria complex of species is developed, which is typical of the shallow well-warmed eutrophic lakes.

Toxigenic cyanobacteria of genera *Microcystis* and *Anabaena* were detected in the lake. The presence of toxigenic *Microcystis* spp. and *Anabaena lemmermannii* was demonstrated by sequencing of PCR products using primers to the aminotransferase domain of *mcy*E gene. We detected MC-LR, MC-RR, MC-YR toxins by liquid chromatography with UV detection and mass spectrometry by their retention times and spectra. The ratio of microcystin-RR, -LR and -YR found in Lake Kotokel is 49:42.5:8.5. Intra-cellular microcystin concentration in the lake phytoplankton is 58 µg g⁻¹ DW. The presence of toxic cyanobacteria in the lake can pose a serious threat to the humans living in the Baikal region. Taking into account the recreational importance of Lake Kotokel, cases of mass poisoning of people and animals occurring in this area, as well as the connection with Lake Baikal, it is necessary to perform regular assessment of toxic cyanobacteria in this water body.

SANITARY AND MICROBIOLOGICAL STATE OF COASTAL WATERS ON THE PRIMORYE AND SOURCES OF THEIR POLLUTION Buzoleva L.S.

Far-Eastern Federal University, Vladivostok, 8, Sukhanova St., Vladivostok 690950, Russia

Constant control should be performed of concentration of contaminants and changes of the main parameters of the environment caused by anthropogenic effect as the coastal area of the sea is a place for concentration of man activity and large amount of its sewage and effluents inflow into the sea. Coastal waters of Primorye that are actively used in domestic and economic needs by the population of the near-shore districts are highly polluted by all kinds of contaminants (oil hydrocarbons, phenols, heavy metals, etc.). Increasing anthropogenic load on the sea environment causes considerable changes in the coastal water areas which absorb a large amount of contaminants. In particular, active use of coastal zones as recreational areas promotes the emergence of a large number of sanitary-representative microorganisms which affect not only microbial communities of the sea microflora but also they are dangerous for human health. These areas are characterized by high level of pollution by domestic and anthropogenic wastes, and fecal sterols (the latter is directly connected with the concentration of people on the shore) (Khristoforova et al., 2002).

Monitoring studies of 2005-2009 showed that sea water in the beach areas does not correspond to sanitary-epidemiological characteristics and does not meet requirements of Sanitary Regulations and Norms, No. 4631-88. The highest species diversity of opportunistic pathogenic microorganisms was registered at all sites under study in August. The most polluted areas were beaches located in Patrokl Bay and at site Sedanka.

In search of new recreational zones, the population "develop" new areas of the coast for active holiday which is dangerous for still pure coastal areas, in particular for Bay Troitsa located in the south-western part of Bay of Peter the Great bordering on the Far East State Marine Biosphere Reserve, Bay Vostok (including the Marine Preserve bearing the same name), and Bay Kievka located on the border with the Lazovsky State Nature Reserve.

Microbial indication of surface waters of the three water areas testifies to their pollution by organic substances. The purity of these waters may be referred to medium trophic level (mesosaprobic waters). Type of pollution depends on the water area. Domestic waste and recreational press are the major contributors to pollution of Bay Vostok: high abundance of enterobacteria and presence of sanitary-representative microflora (pathogenic and opportunistic pathogenic bacteria) were detected in microbial communities from the study waters. Organic pollution of waters in Bay Kievka is of biogenic origin: sanitary-representative microflora is absent and there is minimal abundance of enterobacteria in the environment.

Besides recreation, infected ballast water, which comes from China, is another source of pollution of coastal waters. Opportunistic pathogenic and pathogenic microorganisms are the main pollutants of the water of Primorye in summer during the release of ballast. Invasive microorganisms possess evident factors of pathogenicity.

Taking into account a positive trend to the increase of the level of uncontrolled recreational load, at present there is a real threat to destruction of the ecosystem of the sea coastal areas adjacent to specially

protected territories such as Bays Troitsa, Kievka and Vostok. The pollution of these areas may be accompanied by deterioration of recreational and sanitary conditions of the coastal zones.

The work was supported by the American Foundation of Civil Research and Development (grant vl-003-X1; Y1-B-03-04), by the RF Ministry of Education and Science (grant No. 34067), by ADTP of Development of Scientific Potential of Higher School (grant No. 51 41) "Studies of the Role of Sea Microbial Communities to Maintain Sustainability of Coastal Ecosystems of the Far East Seas and Studies of Adaptation Mechanisms of Bacteria to Environmental Conditions Based on Simulation of Transfer and Transformation of Allochtonous Substance".

САНИТАРНО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ВОД ПРИМОРСКОГО КРАЯ

Бузолева Л.С.

Дальневосточный государственный университет, 8, ул. Суханова, Владивосток 690950, Россия

Прибрежная зона моря, являющаяся местом преимущественной концентрации человеческой деятельности, и принимающая большое количество ее стоков и отходов, нуждается в постоянном контроле за содержанием загрязняющих веществ и изменением основных параметров среды, вызванным антропогенным воздействием. Для прибрежных вод Приморского края, активно используемых в хозяйственной деятельности населения береговых районов, характерна самая высокая загрязненность одновременно всеми видами поллютантов (нефтеуглеводороды, фенолы, тяжелые металлы и т.д.). Возрастающая антропогенная нагрузка на морскую среду вызывает значительные изменения в прибрежных акваториях, принимающих наибольшее количество загрязняющих веществ. В частности, активное использование прибрежных зон в рекреационных целях способствует появлению в морской среде большого количества санитарно-показательных микроорганизмов, которые оказывают влияние не только на микробные сообщества морской микрофлоры, но и представляют опасность для здоровья людей. Для этих мест характерно очень высокое загрязнение (бытовыми стоками, техногенными отходами, фекальными стеролами – последнее напрямую связано со сосредоточением людей на побережье (Христофорова и др., 2002).

Проведенные мониторинговые исследования в 2005-2009 г. показали, что морская вода в районе городских пляжных зон не соответствует санитарно-эпидемиологическим показателям и не отвечает требованиям СанПиН № 4631-88. Наибольшее видовое разнообразие условно-патогенных микроорганизмов на всех исследуемых станциях было отмечено в августе. Самыми загрязненными по микробиологическим показателям оказались пляжи, расположенные в бухте Патрокл и в районе станции Седанка.

В поисках новых рекреационных зон, население «осваивает» все новые и новые участки побережья для проведения активного отдыха, что представляет опасность для еще чистых в этом отношении прибрежных акваторий, в частности: бухты Троицы, расположенной в юго-западной части залива Петра Великого, граничащей с Дальневосточным Государственным Морским Биосферным Заповедником, залива Восток (включающего в себя одноименный морской заказник) и бухты Киевка, расположенной на границе с Лазовским государственным природным заповедником.

Проведенная нами микробная индикация поверхностных вод трех исследуемых акваторий свидетельствует об их загрязнении органическими веществами и определяет чистоту этих вод по трофности как среднюю (мезасопробные воды). При этом характер загрязнения отличается в зависимости от акватории. Так основной вклад в загрязнение з. Восток вносят хозяйственнобытовые стоки и рекреационный пресс, что подтверждается высокой численностью энтеробактерий и присутствием в микробных сообществах исследуемых вод санитарно-показательной микрофлоры (патогенных и условно-патогенных бактерий). В б. Киевка органическое загрязнение вод имеет биогенное происхождение, на что указывает отсутствие санитарно- показательной микрофлоры и минимальная численность энтеробактерий в среде.

Помимо рекреации, источником загрязнения прибрежных вод являются инфицированные балластные воды, которые поступают преимущественно из Китая. Показано, что условно-патогенные и патогенные микроорганизмы преимущественно загрязняют воды Приморского края в летний период времени при сбрасывании балласта. Установлено, что инвазивные микроорганизмы обладают выраженными факторами патогенности.

Учитывая положительную тенденцию к увеличению уровня неконтролируемой рекреационной нагрузки, в настоящее время существует реальная угроза разрушения экосистемы прилегающих к особо охраняемым территориям морских прибрежных районов бухт Троицы и Киевки, а также залива Восток. Загрязнение данных районов может сопровождаться ухудшением рекреационных и санитарных условий прибрежных зон.

Работа выполнена при финансовой поддержке американского фонда гражданских исследований и развития (грант vI-003-X1; Y1-B-03-04, гранта Министерства образования и науки РФ 34067, гранта АВЦП развитие научного потенциала высшей школы 51 41 «Исследование роли морских микробных сообществ в поддержании устойчивости прибрежных экосистем дальневосточных морей и изучение механизмов адаптации бактерий к условиям среды на основе моделирования переноса и трансформации ими аллохтонного вещества».

BIOLOGICAL COMMUNITY OF BITUMINOUS STRUCTURES FROM THE OIL INGRESS SITE NEAR GOREVOY UTYOS CAPE, CENTRAL BAIKAL

Chernitsyna S.M., Likhoshway A.V., Lomakina A.V., Pavlova O.N., Zemskaya T.I., Sitnikova T.Ya.

Limnological Institute of RAS SB, 3, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk 664033, Russia

<u>sveta@lin.irk.ru</u>

While diving at "MIR-1" in 2008-2009, a bituminous structure was found out in the area of natural oil ingresses. On the structure surface we found a fungus mycelium the hyphae of which grew deeply into the structure. By morphological features, the fungus is related to the genus Pythium: phylum Oomycota, class Oomycetes, order Peronosporales. Its cellular mycelium is divided by membranes, cells length was 150-270 mcm, the width was 6-16 mcm. For the species of the genus Pythium a thin mycelium is characteristic, the sporangiophores differ from the hyphae a little, zoosporangia are cylindric, they grow directly on the mycelium as a bubble in which just the zoospores are formed. A typical vegetative body is presented by a system of branching tubes (hyphae) with apical growth and lateral branching.

Using transmission electronic microscopy, we found on the fungus slices a high morphological diversity of microorganisms. The cells found had different shape (round, elongated, rectangular), their size varied from 0.56 mcm to 2.8 mcm. Inclusions with diameter of 100-250 nm were observed inside the cells. The presence of well manifested intracytoplasmatic membranes inside the cells, triple structure of the cell walls, the presence of vesicles (isolated bubbles) and flattened permanent lamellae situated like a "gatefold" suggest the relation of the microorganisms studied to methanotrophic bacteria. Their presence is confirmed by data of the analyses of nucleotide sequences of the fragments of 16S rRNA gene, representatives of gamma-proteobacteria, order *Methylococcales*, are revealed by this method; their closest homologues are methylobacteria and methanotrophs of the first type from different environments. With nutrient media, 5 bacterial strains related to the genus *Rhodococcus* from bituminous structures.

Moreover, in total DNA from these constructions, we revealed representatives of the following phylogenetic groups: Verrucomicrobia, Bacteroidetes, Chloroflexi, Deltaproteobacteria (Desulfocapsa), Gammaproteobacteria (Pseudomonas). The closest homologues of Baikalian bacteria associated with the fungus from the bituminous structure are revealed from the specimens with an elevated organic matter content.

In the "coagulates" of fungi and microorganisms on the surface of bituminous structures, settled planktonic diatoms and small invertebrates are found. The invertebrates were represented by 2 taxonomic groups – nematode worms and seed shrimps. Nematode worm *Monhystera naphta* described as a novel species (Gagarin, Naumova, 2010) was an absolute dominant and, probably, it is obligate for this biotop.

The authors thank cordially the group of companies "Metropol" for organization of deep-water investigations at a deep-water manned apparatus "MIR".

The work is supported by Program of Presidium of RAS SB (Project 20.9), Integrative Project of EAS SB No 27 and RFBR, grant No 09-04-00781.

БИОЛОГИЧЕСКОЕ СООБЩЕСТВО БИТУМНЫХ ПОСТРОЕК ИЗ РАЙОНА НЕФТЕПРОЯВЛЕНИЯ У М. ГОРЕВОЙ УТЕС, СРЕДНИЙ БАЙКАЛ

Черницына С.М., Лихошвай А.В., Ломакина А.В., Павлова О.Н., Земская Т.И., Ситникова Т.Я. Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

При погружении на ГОА "МИРы" в 2008-2009 гг. в районе естественных выходов нефти в Среднем Байкале подняты куски битумных построек. На поверхности битума обнаружены мицелий и гифы водных грибов. По морфологическим признакам грибы отнесены к роду *Pythium* (Oomycota: Oomycetes: Peronosporales). Клеточный мицелий грибов разделен перегородками, длина клеток составила 150-270 мк, ширина 6-16 мк. Для видов рода *Pythium* характерен тонкий мицелий, мало отличающиеся от гиф спорангиеносцы, цилиндрические зооспорангии, прорастающие прямо на мицелии особым пузырем, в котором формируются зооспоры. Типичное вегетативное тело представлено системой ветвящихся трубок (гиф) с апикальным ростом и боковым ветвлением.

На ультратонких срезах грибов с использованием трансмиссионной электронной микроскопии обнаружено большое морфологическое разнообразие микроорганизмов. Обнаруженные клетки имели различную форму (округлую, продолговатую, прямоугольную), их размеры варьировали от 0,56 мкм до 2,8 мкм. Внутри клеток наблюдались включения, диаметр которых составлял 100-250 nm. Наличие ярко выраженных внутрицитоплазматических мембран внутри клеток, трехслойное строение клеточной стенки, наличие везикул (изолированных пузырьков) и уплощенных непрерывных ламелл, уложенных в "гармошки" свидетельствуют о принадлежности исследованных микроорганизмов виле к метанотрофным бактериям. Их присутствие подтверждено данными анализа нуклеотидных последовательностей фрагментов гена 16S рРНК, этим методом выявлены представители гаммапротеобактерий, порядок Methylococcales, ближайшими гомологами которых являются метилобактерии и метанотрофы первого типа из различных экологических ниш. С помощью питательных сред из битумных построек выделено 5 штаммов бактерий, относящихся к роду Rhodococcus.

Кроме того, в суммарной ДНК построек выявлены представители филогенетических групп: Verrucomicrobia, Bacteroidetes, Chloroflexi, Deltaproteobacteria (*Desulfocapsa*), Gammaproteobacteria (*Pseudomonas*). Ближайшие гомологи байкальских бактерий, сопутствующих грибам с битумной постройки, выявлены из объектов с повышенным содержанием органических веществ.

В «сгустках» грибов и микроорганизмов, находящихся на поверхности битумных построек, обнаружены осевшие планктонные диатомовые и мелкие беспозвоночные животные. Беспозвоночные были представлены 2-мя таксономическими группами – нематодами и ракушковыми рачками. Нематоды *Monhystera naphta*, описанные как новый для науки вид (Gagarin, Naumova, 2010), были абсолютным доминантом и, вероятно, являются облигатным для битумного биотопа.

Авторы выражают глубокую признательность за организацию проведения глубоководных исследований с помощью ГОА "МИРы" группе компаний 'Метрополь'. Работа поддержана программой Президиума РАН (проект 20.9), Интеграционным проектом СО РАН № 27 и РФФИ, грант № 09-04-00781.

STUDIES OF EUKARYOTIC MICROFLORA ASSOCIATED WITH THE BAIKAL SPONGES Chernogor L.I., Denikina N.N., Belikov S.I.

Limnological Institute of RAS SB, 3, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk 664033, Russia Ichernogor@mail.ru

Sponges (phylum Porifera) are the oldest of the multicellular animals (Metazoa). They are sessile filter-feeding animals and often contain diverse associations of microorganisms. A variety of sponge-microbe associations have been described in tropical, temperate and Antarctic regions. These associations involve a diverse range of heterotrophic bacteria (including facultative anaerobes), cyanobacteria, unicellular algae, fungi and archaea (Wilkinson, 1980; Preston *et al.*, 1996; Holler *et al.*, 2000; Webster *et al.*, 2001, 2004; Taylor *et al.*, 2004). In some cases, these microbial communities comprise over 40-60% volume of the sponge and can contribute significantly to host metabolism (e.g. due to photosynthesis and nitrogen flux) (Davy *et al.*, 2002; Hentschel *et al.*, 2006). Algal symbionts may comprise up to 75% of the cellular tissue of the sponge/algal association (Rutzler, 1981; Wilkinson, 1987; Trautman *et al.*, 2000, Trautman *et al.*, 2006). Freshwater sponges can be found in association with unicellular green algae, including *Chlorella spp.*; dinoflagellates of the genus *Symbiodinium*; cryptophytes, including *Zoocryptella spp.*; and diatoms, including *Nitzchia sp.* (Trautman *et al.*, 2006).

Baikal sponges (family Lubomirskiidae) are a significant component of benthic communities throughout the littoral zone with rocky substrata, in terms of both biomass and their potential to influence benthic or pelagic processes. Little is known about the microbial diversity associated with Baikal sponges, in spite of the vital role microorganisms may play in the lake ecosystem. The bacterial community of Baikal sponges (Lubomirskiidae) has been studied previously by cultivation and molecular-genetic methods (Efremova *et al.*, 2002; Parfenova *et al.*, 2008; Kaluzhnaya *et al.*, 2009). But studies of the Baikal sponges eucariotic microorganisms association only begin. Baikal sponges like other freshwater sponges often contain endosymbiotic microalgae, primarily so-called zoochlorellae. Symbioses between Baikal sponges and microalgae are very diverse; in fact, sponges form symbioses with more species of dinoflagellates of the genus *Gymnodinium* (Annenkova *et al.*, 2008; Muller *et al.*, 2009) and green algae of the order Clorococcales (Chernogor *et al.*, 2009, 2010). The aim of the given work studies of eukaryotic microflora associated with the Baikal sponges. c помощью микроскопии и молекулярно-генетических методов. Object of research were Baikal sponges Lubomirskia baicalensis and Baikalospongia bacillifera.

The diversity of eukaryotic microorganisms is revealed associated with Baikal sponges *L. baicalensis* and *B. bacillifera*, by including NS3-NS6 fragment 18S rRNA gene-based phylogenetic analyses (White, 1990) and light, electron microscopy. Molecular methods have revealed diversity of the dinoflagellates and green algae in *L. baicalensis* and *B. bacillifera*. Distinct eukaryotic microorganisms communities were found to inhabit the adult, primmorphs and larvae *L. baicalensis* and endosome and cortex *B. bacillifera*. So, larvae *L. baicalensis* not contain dinoflagellates, endosome *B. bacillifera* not contain green algae. The approximate local distribution (proportion of sponges, dinoflagellates and green algae 18S rRNA genes copies) was estimated by real time PCR technique. The results of microscopic investigations show that eukaryotic symbionts may inhabit almost all cell types of the sponges or primmorphs, including the sclerocytes which secrete the siliceous spicules. Thus, for the first time the received results will allow to expand representations about symbiotic mutual relations in organisms of freshwater Baikal sponges.

ИССЛЕДОВАНИЕ АССОЦИИРОВАННОЙ ЭУКАРИОТИЧЕСКОЙ МИКРОФЛОРЫ БАЙКАЛЬСКИХ ГУБОК Черногор Л.И., Деникина Н.Н., Беликов С.И.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Губки (тип Porifera) – самые древние из многоклеточных животных (Metazoa). Они являются сидячими фильтрующими животными и часто содержат ассоциации разнообразных микроорганизмов. Разнообразие микробных ассоциаций губок было описано для тропических, умеренных и Антарктического регионов. Эти ассоциации включают разнообразный диапазон гетеротрофных бактерий (включая факультативных анаэробов), цианобактерий, одноклеточных морских водорослей, грибов и архей (Wilkinson, 1980; Preston *et al.*, 1996; Holler *et al.*, 2000; Webster *et al.*, 2001, 2004; Taylor *et al.*,

2004). В некоторых случаях эти микробные сообщества составляют более 40-60 % объема губки и могут вносить значительный вклад в метаболизм хозяина (например, благодаря фотосинтезу и циркуляции азота) (Davy et al., 2002; Hentschel et al., 2006). Симбиотические водоросли могут составлять до 75 % клеточной ткани ассоциации морской губки (Rutzler, 1981; Wilkinson, 1987; Trautman et al., 2000, Trautman et al., 2006). Описаны ассоциации пресноводных губок с одноклеточными зелеными водорослями, включая Chlorella spp.; динофлагеллятями рода Symbiodinium; криптофитами, включая Zoocryptella spp.; и диатомовыми водорослями, включая Nitzchia sp. (Trautman et al., 2006).

Байкальские губки (семейство Lubomirskiidae) – существенный компонент бентических сообществ во всей литоральной зоне с каменистым субстратом, в показателях и биомассы, и потенциальной способности влиять на бентические и пелагические процессы. Несмотря на существенную роль микроорганизмов, ассоциированных с губками в экосистеме озера Байкал, о микробном разнообразии известно немного. Бактериальное сообщество губок Байкала (Lubomirskiidae) ранее анализировали с использованием культивирования и молекулярно-генетических методов (Ефремова и др., 2002; Парфенова и др., 2008; Калюжная, 2009). Исследования ассоциаций эукариотических микроорганизмов губок озера начаты сравнительно недавно.

Симбиотические отношения между губками и микроводорослями очень разнообразны: губки формируют симбиозы с большим количеством видов динофлагеллят рода Gymnodinium (Анненкова и др., 2008; Muller et al., 2009) и зеленых водорослей порядка Chlorococcales (Черногор и др., 2009, 2010). Цель данной работы - исследование ассоциированной эукариотической микрофлоры байкальских губок. с помощью микроскопии и молекулярно-генетических методов. Объектом исследования являлись байкальские губки Lubomirskia baicalensis и Baikalospongia bacillifera.

Выявлено разнообразие эукариотических микроорганизмов, а именно динофлагеллят и зеленых водорослей в L. baicalensis (взрослую особь, так и клеточную культуру примморф и личинки) и В. bacillifera (внутреннюю часть и кору) с помощью филогенетического анализа на основе NS3-NS6 фрагмента гена 18S rRNA (White, 1990) и световой и электронной микроскопии. Обнаружено, что все исследованные объекты населяют различные сообщества эукариотических микроорганизмов. Так, личинки L. baicalensis не содержат динофлагеллят, а внутренняя часть B. bacillifera не содержит зеленые водоросли. Локальное распределение (соотношение количеств копий 18S rRNA генов губок, динофлагеллят и зеленых водорослей) было приблизительно оценено с использованием метода ПЦР в времени. Результаты микроскопических исследований продемонстрировали. реальном что внутриклеточные симбионты могут населять почти все типы клеток губки в клеточной культуре примморф, включая склероциты, образующие кремниевые спикулы. Таким образом, полученные результаты позволят расширить представления о симбиотических взаимоотношениях в организмах пресноводных байкальских губок.

PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF AEROMONAS SALMONICIDA STRAIN, ISOLATED FROM THE SPAWNING PINK SALMON OF SOUTHERN SAKHALIN ISLAND Galanina E.V., Polteva A.V.

Sakhalin Research Institute of Fisheries and Oceanography, 196, Komsomolskaya St., Yuzhno-Sakhalinsk 693023, Russia

galanina@sakhniro.ru

In autumn 2009, when studying the epizootic situation at Sakhalin spawning rivers, furunculosis was recorded for pink salmon from the southern part of the island. Fish had the clearly expressed clinical signs of this disease: furuncles on body, exophthalmos and hyperemia of blood vessels on skin covers. The microbiological analysis showed that the disease was caused by bacteria of the Aeromonas salmonicida species (genus Aeromonas, family Vibrionaceae).

The cases of furunculosis, when the Aeromonas salmonicida microorganisms are isolated from the infected fish as a pathogen, currently have been recorded in Spain, Denmark, Japan, Korea, USA, Russia and other countries for freshwater (whitefish, tench, carp, pike, ruffe) and sea (herring, cod, halibut and others) fish. This proves a wide distribution of microorganisms of Aeromonas salmonicida both in marine and freshwater ecosystems (Tetsuichi Nomura et al., 1993; Karl Pedersen et. al., 1994; Bowden, T.J. et. al., 1999; Juhani Pirhonen et. al., 2002; Shkurina, 2004). Most of all, the artificially cultivated fishes (char, brook and rainbow trout) and also all species of salmonids from the natural water bodies are exposed to furunculosis.

A strain isolated from the furunculosis-infected Sakhalin pink salmon had 99% of similarity on the gene 16S pRNA with the cultivated Aeromonas salmonicida GQ 266405, isolated from Atlantic salmon, which inhabit freshwaters of Chile: this may prove the unity of origin of this microorganism species.

The microbiological analysis of Sakhalin strain showed that its morphological characteristics did not differ from those described for Aeromonas salmonicida subsp. salmonicida in the "Bergey's Manual of..." (1997), and its biochemical activity had some peculiarities. Thus, in the second day of growing a pure culture produced actively a red-brown water soluble pigment on fish-peptone agar, not oxidized the arabinose and mannose, evolved gas at glycerin oxidation, and oxidized and fermented saccharose. Earlier the ability to ferment saccharose was reported as a physiological peculiarity of Sakhalin strains of Aeromonas salmonicida, isolated from the furunculosis-infected salmon (Yukhimenko et al., 1984).

The literary sources inform that a lot of species of aboriginal microbe community of the water ecosystem and microorganisms isolated from the internal organs of salmonids, mainly from digestive tract, have a high antagonistic activity as regards to *Aeromonas salmonicida* bacteria. The water microorganisms make it difficult to isolate a pathogen. This is also the reason why a pathogen could not always be isolated from water, where the infected fish occur (Yukhimenko, 1984; Lone Gram et al., 2006; José Luis Balcázar et al., 2006).

The Sakhalin strain of Aeromonas salmonicida, isolated from the furunculosis-infected pink salmon did not have the analogous low antagonistic activity. The pure culture of pathogen was actively growing and developing on the agar medium in presence of strains of 9 microorganisms, isolated from the internal organs of the spawning pink salmon – *Pseudomonas fluorescens, Pseudomonas putida, Pseudomonas alcaligenes, Hafnia sp., Aeromonas hydrophila*, and those from the river water – *Pseudomonas fluorescens, Serratia marcescens, Flavobacterim sp., Aeromonas hydrophila.*

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ШТАММА AEROMONAS SALMONICIDA, ВЫДЕЛЕННОГО ОТ НЕРЕСТОВОЙ ГОРБУШИ ЮГА О. САХАЛИН Галанина Е.В., Полтева А.В.

Сахалинский НИИ рыбного хозяйства и океанографии, 196, ул. Комсомольская, Южно-Сахалинск 693023, Россия

Осенью 2009 г. в ходе изучения эпизоотической обстановки на сахалинских нерестовых реках у горбуши в южной части острова был зарегистрирован фурункулез. Рыба имела ярко выраженные клинические признаки заболевания: фурункулы на теле, экзофтальмию, гиперемию кровеносных сосудов кожных покровов. Проведенные микробиологические исследования показали, что причиной возникновения заболевания являлись бактерии из семейства *Vibrionaceae* рода *Aeromonas* вида *Aeromonas salmonicida.*

Случаи фурункулеза, при котором в качестве возбудителя от больных рыб выделяются микроорганизмы *Aeromonas salmonicida*, в настоящее время регистрируются в Испании, Дании, Японии, Корее, США, России и других странах, как у пресноводных рыб – сигов, линей, карпов, щук, окуней, так и у морских рыб – сельди, трески, палтуса и др., что свидетельствует о широком распространении этого вида микроорганизмов, как в морских, так и пресных водных экосистемах (Tetsuichi Nomura et. al., 1993; Karl Pedersen et. al., 1994; Bowden, T.J. et. al., 1999; Juhani Pirhonen et al., 2002; Шкурина З.К., 2004). Фурункулезу наиболее подвержены разводимые в искусственных условиях палия, ручьевая и радужная форель, а также все виды лососевых рыб естественных водоемов.

Выделенный от заболевшей фурункулезом сахалинской горбуши штамм имел 99% сходства по reну 16S pPHK с культивируемой *Aeromonas salmonicida* GQ 266405, изолированной из организма Atlantic salmon, обитающего в пресной воде Чили, что может свидетельствовать о единстве происхождения данного вида микроорганизмов.

Микробиологические исследования сахалинского штамма показали, что его морфологические характеристики не отличались от описанных для *Aeromonas* subsp. *salmonicida* в Определителе бактерий Берджи (1997), а биохимическая активность имела ряд отличительных особенностей. Так, чистая культура активно вырабатывала уже на вторые сутки роста красно-коричневый водорастворимый пигмент на рыбо-пептонном агаре, не окисляла арабинозу, маннозу, выделяла газ при окислении глицерина, окисляла и ферментировала сахарозу. Ранее сообщалось о способности ферментировать сахарозу, как отличительной особенности физиологии сахалинских штаммов *Aeromonas salmonicida*, выделяемых от заболевших фурункулезом лососей (Юхименко и др., 1984).

В литературе приведены сведения о том, что многие виды аборигенного микробного сообщества водных экосистем и микроорганизмы, выделяемые из внутренних органов лососевых рыб, главным образом пищеварительного тракта, обладают высокой антагонистической активностью по отношению к бактериям *Aeromonas salmonicida*. Чувствительность к антагонистическому действию микроорганизмов воды в значительной степени затрудняет выделение возбудителя. По этой же причине его не всегда удается выделить из воды, где находится больная рыба (Юхименко Л.Н., 1984; Lone Gram et al., 2006; José Luis Balcázar et al., 2006).

Аналогичной низкой антагонистической активностью сахалинский штамм Aeromonas salmonicida, изолированный от больной фурункулезом горбуши, не обладал. Чистая культура возбудителя активно росла и развивалась на агаровой среде в присутствии девяти штаммов микроорганизмов, выделенных из внутренних органов нерестовой горбуши – Pseudomonas fluorescens, Pseudomonas putida, Pseudomonas alcaligenes, Hafnia sp., Aeromonas hydrophila и речной воды – Pseudomonas fluorescens, Serratia marcescens, Flavobacterim sp., Aeromonas hydrophila.

FUNCTIONING OF MICROBIAL COMMUNITY IN SHALLOW BAYS OF LAKE BAIKAL Garankina V.P., Dagurova O.P., Dambaev V.B.

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, 6, Sakhyanovoi St., Ulan-Ude 670047, Russia <u>G val 82 @mail.ru</u>

The purpose of work is to count the number of bacteria and to measure of microbial processes rates in shallow water and sediments of shallow bays (Proval Bay and Posolsky Sor) of Lake Baikal.

In water of Proval Bay total count of microorganisms was 0.1-3.1 million cells per ml, in sediments – 0.4-1.4 billion cells per ml. The number of saprophytic bacteria in water varied from 0.07 up to 1.9 million cells per ml, in sediments – from 1.5 up to 2.8 million cells per ml. The number of bacteria in water and sediments of Posolsky Sor was less than in one of Proval Bay. In the water the significant part of saprophytic bacteria consuming the labile organic matter is revealed. Seasonal fluctuations of number both in water and in sediments occurred within one order.

The values of dark fixation of CO_2 and photosynthesis were comparable (fluctuations from 0.4 to 1 µg C dm⁻³ d⁻¹). The total count of microorganisms, number of saprophytic and cellulosolytic bacteria did not decrease with depth, as well as rates of dark fixation of CO_2 and photosynthesis. Number of bacteria in water and sediments throughout from coast up to 40 m to water also essentially did not vary. High values of rate of dark fixation (0.6-1 µg C dm⁻³ d⁻¹) are revealed during intensive water flowering. It can be considered as indicator of high activity of heterotrophic microbial community of water.

In water and sediments of studied bays production and destruction of organic matter and their seasonal dynamic are measured. In coastal water production and destruction were one order. In Proval Bay production in water varied from 0.013 up to 0.21 mg C $I^{-1} d^{-1}$, destruction – from 0.013 up to 0.15 mg C $I^{-1} d^{-1}$. In September the both processes were more intensive. Aerobic destruction and anaerobic destruction in sediments also were comparable – aerobic destruction proceeded with a rate of 9.0-644 mg C m⁻² d⁻¹, anaerobic destruction – with a rate of 29-113 mg C m⁻² d⁻¹. The maximal values are registered in August. In Posolsky Sor the average values of production and destruction were less than one in Proval Bay. The maximal values of processes in water and in sediments of Posolsky Sor also have been registered in September.

Thus, the rates of production and destruction in water were commensurable; the greatest values have been registered in the early-autumn period. In sediments processes of destruction were both aerobic and anaerobic, aerobic destruction prevailed in most of measurements. The obtained data allows to saying that processes of production and destruction in coast zones of bays are balanced and depend on environment conditions.

This study was supported by grant of RFBR № 08-04-98018.

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА В СОРАХ ОЗЕРА БАЙКАЛ Гаранкина В.П., Дагурова О.П., Дамбаев В.Б.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, 6, ул. Сахьяновой, Улан-Удэ 670047, Россия

Цель работы - определить численность бактерий и скорость микробных процессов в воде и прибрежных грунтах мелководных заливов озера Байкал - Провал и Посольский Сор.

В заливе Провал общая численность бактерий в воде составляла 0,1-3,1 млн кл/мл, в прибрежных осадках – 0,4-1,4 млрд кл/мл; численность сапрофитных бактерий составляла 0,07-1,9 млн кл/мл в воде, 1,5-2,8 млн кл/мл в прибрежных осадках. Количество бактерий в воде и в осадках залива Посольский Сор было меньше, чем в Провале. В воде заливов выявлена значительная доля сапрофитных бактерий, потребляющих легкоусвояемое органическое вещество. Сезонные колебания численности и в воде, и в осадках происходили в пределах одного порядка.

В заливе Провал изучено распределение численности бактерий и скорости микробных процессов продукции по глубине водной толщи 2,5 м. Величины темновой ассимиляции углекислоты и фотосинтеза были сопоставимы (колебания от 0,4 до 1 мкг С дм⁻³ сут⁻¹). Общая численность микроорганизмов, численность сапрофитных и целлюлозоразрушающих бактерий с глубиной воды не снижались, как и скорости ассимиляции углекислоты и фотосинтеза. Численность бактерий в воде и в осадках по трансекте от берега на протяжении 40 м также существенно не менялась. Выявлены высокие значения темновой фиксации CO₂ в период интенсивного цветения - 0,6-1,0 мкг С дм⁻³ сут⁻¹, как показатель высокой активности гетеротрофного микробного сообщества воды.

Продукция и деструкция в прибрежной воде были одного порядка. В заливе Провал продукция в воде колебалась от 0,013 до 0,21 мг С/л в сут, деструкция – от 0,013 до 0,15 мг С/л в сут. Интенсификация обоих процессов была отмечена в сентябре. Значения аэробной и анаэробной деструкции в осадках также были сопоставимы – аэробная деструкция протекала со скоростью 9,0-644 мг С/м² в сут, анаэробная - со скоростью 29-113 мг С/м² в сут. Максимальные значения зарегистрированы в августе. В заливе Посольский Сор средние значения продукции и деструкции были меньше, чем в Провале. Максимальные значения процессов в воде и в осадках были также отмечены в сентябре.

Таким образом, в воде изученных заливов величины процессов продукции и деструкции были соизмеримы, наибольшие значения были отмечены в ранне-осенний период. В осадках деструкция протекала как в аэробных, так и в анаэробных условиях, аэробная деструкция в большинстве

измерений превалировала. Полученные данные позволяют говорить о том, что процессы продукции и деструкции в прибрежье заливов сбалансированы и зависят от условий окружающей среды. *Работа поддержана грантом РФФИ № 08-04-98018р сибирь а.*

PARTICIPATION MICROBIAL COMMUNITIES OF THE HYDROTHERM HOITO-GOL (EASTERN

SAYAN) IN MINERAL FORMATION

Danilova E.V., <u>Osipova I.P.</u>, Barkhutova D.D.

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, 6, Sakhyanovoi St., Ulan-Ude 670047, Russia Irina osip@mail.ru

Recently, hydrotherms are intensively studied by microbiologists as unique ecosystems, because microbial communities are among the most ancient biocoenoses and assumed that they are passed unchanged through the history of the Earth. The ancient atmosphere, formed as a result of degassing of the Earth, was similar in composition to modern volcanic exhalations, which were largely developed in the mountain systems. It is assumed that microorganisms can accelerate the process of mineralization. Currently, it is shown that in areas of recent volcanic microorganisms actively involved in the transformations of sulfur, iron and many other elements, processed gas component of volcanic exhalations, and in this way they carry a great geochemical work.

Many outplates of cold and thermal mineral waters in the mountain system of the Eastern Sayan located along the lines of tectonic faults.

The formation of minerals in hot springs Hoyto-Gol (Eastern Sayan) is associated with high activity of microorganisms and geological geodynamic setting. Transformation of groundwater on the surface of the ground has involved prokaryotic-algal complex which formed in the warm stream thick multilayer mats. Studies have traced the evolution of the spatial and functional activity of the microbial mat community (Table 1). Species diversity of cyano-bacterial and microbial mats of sulfur increases with increasing distance from the griffin (Fig. 1). The most active processes of microbial production and destruction occur in the zone of high pH and Eh, in the absence of H2S. In alkaline (pH 8.8-9.1) and oxidizing conditions (Eh +154- +194 mV) is an intensive process of lithification of microbial mats, which suppresses the production of organic matter and the formation of thick bacterial mats. Thin and loose mats are cemented by carbonates and converted into solid travertine crusts. These crusts built Hag ancient travertine structures, forming a large dome in the outplates of thermal waters.

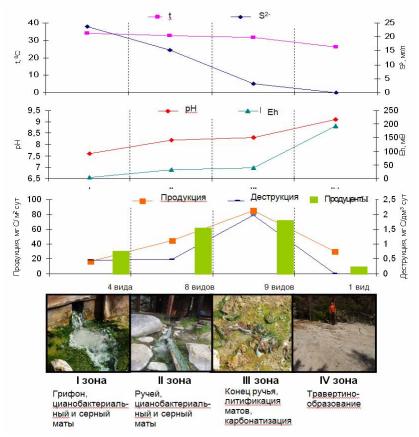


Fig. 1. Changing the characteristics of microbial mats on the stream by hydrotherm Khoito-Gol (Eastern Sayan) (Изменение характеристик микробных матов по течению ручья гидротермы Хойто-Гол (Восточные Саяны)).

Table 1. Species diversity of producers in microbial mats by hydrotherm Khoito-Gol (Eastern Sayan) (Видовое разнообразие продуцентов в микробных матах гидротермы Хойто-Гол (Восточные Саяны))

Zone, m from the spout	Producers
I	Thiothrix sp.1, Thiothrix sp.2, Oscillatoria tenuis, Phormidium gelatinosum
0-5	
II	Thiothrix sp., Beggiatoa sp., Phormidium laminosum,
5-15	Rhodopseudomonas palustris, Oscillatoria sp., Oscillatoria terebriformis, Oscillatoria
	<i>limosa,</i> diatoms
	Thiothrix sp., Beggiatoa sp., Thiocapsa sp., Oscillatoria tenuis,
15-40	Oscillatoria limosa, Anabaena variabilis, Phormidium gelatinosum, Rhodopseudomonas
	<i>palustris,</i> diatoms
IV	Phormidium gelatinosum
40-80	

УЧАСТИЕ МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА ГИДРОТЕРМ ХОЙТО-ГОЛ (ВОСТОЧНЫЙ САЯН) В МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИИ

Данилова Э.В., <u>Осипова И.П.,</u> Бархутова Д.Д.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, 6, ул. Сахьяновой, Улан-Удэ 670047, Россия

В последнее время гидротермы интенсивно изучаются, и в первую очередь микробиологами как уникальные экосистемы, микробные сообщества которых относят к наиболее древним биоценозам и предполагают, что они прошли неизменными через всю историю Земли. Древняя атмосфера, образованная в результате дегазации Земли, была близка по своему составу к современным вулканическим эксгаляциям, которые в значительной степени развиты в горных системах. Предполагается, что микроорганизмы могут ускорять процесс минералообразования. В настоящее время показано, что в районах современного вулканизма микроорганизмы принимают активное участие в превращениях соединений серы, железа и многих других элементов, перерабатывают газовую составляющую вулканических эксгаляций и таким образом, выполняют огромную геохимическую работу.

Многочисленные выходы холодных и термальных минеральных вод в горной системе Восточного Саяна располагаются по линиям тектонических разломов.

Образование минералов в гидротерме Хойто-Гол (Восточные Саяны) связано с активной деятельностью микроорганизмов и геолого-геодинамической обстановкой. Трансформация подземных вод на поверхности земли осуществляется при участии прокариотно-водорослевого комплекса, формирующего в теплом ручье толстые многослойные маты. Проведенные исследования позволили проследить пространственную эволюцию состава и функциональной активности микробного сообщества матов (table 1). Видовое разнообразие циано-бактериальных и серных микробных матов возрастает по мере удаления от грифона (fig.1). Наиболее активные процессы микробной продукции и деструкции происходят в зоне высоких значений pH и Eh, при отсутствии H₂S. В щелочных (pH 8,8-9,1) и окислительных условиях (Eh +154-+194 мB) происходит интенсивный процесс литификации микробных матов, который подавляет продукцию органического вещества и формирование толстых бактериальных матов. Тонкие и рыхлые маты цементируются карбонатами, преобразуясь в сплошные травертиновые корки. Эти корки надстраиваются над более древними травертиновыми структурами, образующими многометровые купола в районе выходов термальных вод.

INVESTIGATION OF VIRUSES IN LAKE BAIKAL WATER USING ELECTRONIC MICROSCOPY Dutova N.V., Drucker V.V., Kovadlo A.S.

Limnological Institute SD RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

kovadlo@yandex.ru

It is recognized at present that viruses are a dynamic functional compound of planktonic microbial community in water ecosystems. Their abundance can exceed the amount of bacteria by one order of magnitude and be 10⁸ ml⁻¹ (Bergh, Borsheim et al., 1989; Wommack, Colwell, 2000). The structure of viral community remains insufficiently investigated, although this is an important factor in regulation of species diversity and of abundance of their hosts.

This work is aimed to investigation of morphological diversity of virioplankton in the water of an oligotrophic Lake Baikal. The investigations were performed in summer and autumn of 2009 in Southern, Central and Northern basins of Lake Baikal using transmission electronic microscopy. More than 200 individual images of free phages particles were investigated. It was found out that vast majority of the phages observed are related to the order Caudovirales (caudate phages). Besides, we found particles which we suppose to be related to the families Tectiviridae and Microviridae.

The natural viral community in Lake Baikal water we studied is very diverse by its composition. This is suggested by the fact that the majority of morphological types of phages are presented by a single particle. Predominant morphotypes in lake water are bacteriophages representing the family Siphoviridae (morphotypes)

B1 and B2) which are characterized by a regular icosahedral head shape (d=38-196 nm) and by an irreducible caudal apophysis 45-560 nm long.

In Lake Baikal there are especially diverse phage particles representing the family Myoviridae. Their morphological peculiarity is manifested in thin details of the structure of a reducible caudal apophysis. The phages of this family have a basal lamina, as well as the presence of spheroids at the end of caudal apophysis. Some phages in the lakes are presented by particles with an apophysis without any additional structures at its end. Bacteriophages of the family Myoviridae – are morphotypes A1, A2 with icosahedral head shape of 69-122 nm, the size of caudal apophysis is 25-230 nm, sheath length is 15-106 nm, its width is 15-45 nm.

The phages of the family Podoviridae related to the order Caudovirales, like two first ones, are represented in the natural viral community in Lake Baikal by morphotypes C1, C2. Phage particles of this family have mainly a short cone-shaped caudal apophysis without a basal lamina 8-30 nm long. The size of an icosahedral head is 40-120 nm.

Two morphotypes of viral particles without a caudal apophysis are found in the lake. The first morphotype is presented by particles of icosahedral shape and by small size of – 36-62 nm. The second one is characterized by rather large sizes (110-160 nm) and by two clearly differentiated capsules (membranes). We suppose that the morphotypes found are related to the families Microviridae and Tectiviridae and represent an insignificant part of virioplankton of Lake Baikal.

Hence, a large morphological diversity of free phage particles found in Lake Baikal water using electronic microscopy can suggest the presence of different bacterial populations which are not recorded at present by standard investigation methods.

ЭЛЕКТРОННО-МИКРОСКОПИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВИРУСОВ В ВОДЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ Дутова Н.В., Дрюккер В.В., Ковадло А.С.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

В настоящее время признано, что вирусы – это динамичный функциональный компонент планктонного микробного сообщества водных экосистем. Их численность может превышать на порядок количество бактерий и составлять 10⁸ мл⁻¹ (Bergh, Borsheim et al., 1989; Wommack, Colwell, 2000). Являясь важным фактором в регулировании видового разнообразия и численности своих хозяев, структура вирусного сообщества остается недостаточно изученной.

Целью настоящей работы явилось изучение морфологического разнообразия вириопланктона в воде олиготрофного озера Байкал. Исследования проводились в летне-осенний период 2009 года в Южной, Средней и Северной частях озера Байкал с использованием трансмиссионной электронной микроскопии. Было исследовано более 200 индивидуальных изображений свободных фаговых частиц. Оказалось, что подавляющее большинство наблюдаемых фагов относятся к порядку Caudovirales (хвостатые фаги). Кроме того, были найдены частицы, предположительно относящиеся к семействам Tectiviridae и Microviridae.

Исследованное природное вирусное сообщество воды оз. Байкал весьма разнообразно по своему составу. Об этом свидетельствует тот факт, что большинство морфологических типов фагов представлены единственной частицей. Преобладающими морфотипами в воде озера являются бактериофаги представители семейства Siphoviridae (морфотипы В1 и В2), для которых характерно наличие правильной икосаэдрической формы головки (d=38-196 нм) и несократимого хвостового отростка длиной 45-560 нм.

Большим разнообразием в Байкале выделяются фаговые частицы, представляющие семейство Муoviridae. Их морфологическая особенность проявляется в тонких деталях строения сократимого хвостового отростка. У фагов данного семейства отмечается присутствие базальной пластинки, а также наличие на конце хвостового отростка шаровидных тел. Часть фагов в озере представлена частицами с отростком без дополнительной структуры на его конце. Бактериофаги семейства Муoviridae – морфотипы А1, А2 имеют икосаэдрическую форму головки размером 69-122 нм, размер хвостового отростка составляет 25-230 нм, длина чехла 15-106 нм, его ширина 15-45 нм.

Фаги семейства Podoviridae, относящиеся к порядку Caudovirales, как и два первых, представлены в природном вирусном сообществе оз. Байкал морфотипами С1, С2. Фаговые частицы данного семейства в большинстве имеют короткий конусовидный хвостовой отросток без базальной пластинки длиной 8-30 нм. Размер головки, представляющей собой икосаэдр, составляет 40-120 нм.

В озере найдены два морфотипа вирусных частиц, у которых отсутствует хвостовой отросток. Первый морфотип представлен частицами икосаэдрической формы и малыми размерами – 36-62 нм. Второй - характеризуется довольно крупными размерами (110-160 нм) и наличием двух четко дифференцированных оболочек. Данные морфотипы, предположительно относящиеся к семействам Microviridae и Tectiviridae, составляют незначительную часть вириопланктона оз. Байкал.

Таким образом, большое морфологическое разнообразие свободных фаговых частиц, обнаруженное в воде оз. Байкал с использованием электронной микроскопии, может указывать на наличие различных бактериальных популяций, не учитываемых в настоящее время стандартными методами исследования.

Работа поддержана грантом РФФИ № 09-05-00725.

THE STRUCTURE OF BACTERIAL COMMUNITIES IN SOLAR SALTERN AS REVEALED BY PYROSEQUENCING OF 16S RRNA GENES

Yochan Joung, Haneul Kim and Kiseong Joh

Department of Bioscience and Biotechnology, Hankuk University of Foreign Studies,

449-791, Republic of Korea

Author for correspondence: Rrof. Kiseong Joh e-mail: ksjoh@hufs.ac.kr

Solar saltern for the commercial production of table salt consists of a series of ponds through which seawater flows, becoming progressively more concentrated with respect to total salts. Then, when the NaCl concentration has reached approximately 32%–35% in the pans known as crystallizers, the precipitation of NaCl occurs. Solar saltern has been a specific microbial community and producing bacteria of many other metabolite and pigment for using industrial product. Solar saltern has been a specific microbial community and producing bacteria of many other metabolite and pigment for using industrial product.

Pyrosequencing technology allows us to characterize microbial communities using 16S rRNA sequences orders of magnitude faster and more cheaply than has previously been possible. We examined bacterial communities in the solar saltern in Korea using pyrosequence data of the V6 region of the 16S rRNA gene. Samples were collected from locations in solar saltern clay tablet, the solar saltern water and solar saltern near tablet. A total of 7459 unique tags belonging to Bacteria were recovered. The microbial community from solar saltern clay tablet was consisted mainly to Firmicutes (42%), Bacteriodate (20%), Proteobacteria (20%) and Cvanobacteria (13%). The microbial community from saltern water was consisted to Proteobacteria (76%) and Bacteriodate (6%). The microbial community from Yellow Sea tidalflat(sediment) was consisted to Proteobacteria (51%) and Bacteriodate (11%). Microbial diversity of saltern water and Yellow Sea tidalflat(sediment) were similar each other, but diversity of solar saltern clay tablet were quite different from that of saltern water. A large Proteobacteria and Bacteriodate diversity was identified in saltern water and Yellow Sea tidal-flat, while Firmicutes, Proteobacteria and Bacteroidetes were abundant in saltern clay tablet.Significant difference in the microbial community structure in saltern water and sediment was detected during a short time period, denoting a rapidly adaptive dynamic ecosystem and near tidal- flat diversity. Bacterial members and diversity reported for the first time in solar saltern were identified by using pyrosequencing of 16S rRNA.

STUDY OF CULTURABLE MICROBIAL COMMUNITY FROM THE SAMPLES TAKEN AT EXCAVATIONS OF BURIAL MOUNDS OLON-KURIN-GOL (MONGOLIA) Khanaeva T.A., Suslova M.Yu., Zemskaya T.I., Parfenova V.V., Molodin V.I.*, Pilipenko A.S.**, Partzinger G.***

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk 664033, Russia *Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS, 17, Ac. Lavrentyev av., Novosibirsk 630090, Russia **Institute of Cytology and Genetics SB RAS, 10, Ac. Lavrentyev av., Novosibirsk 630090, Russia ***Deutsche Archaeologisches Institut, 69-71, Podbielskiallee, Berlin 14195, Germany info@lin.irk.ru, jaet@yandex.ru, jcg-adm@bionet.nck.ru

Permafrost soils are a particular environment where the microorganisms are under the extreme habitat conditions. Finding of vital spores of bacilli and fungi under such condition is clear as they are known by their resistance to different environmental situations. While in dormant state, the spores remain able to permanent control of food situation in the environment. They respond rapidly to the income of suitable nutrients by germination and renewal of vegetative growth (Nicholson et al., 2000).

The Mongolian Altay is an archaeological and natural reserve. Here a cold, arid climate which formed during last 3-4 ky dominates, it determines the existence of cryoarid ecosystems in this zone (Dorofeyuk, 2008). While performing archaeological excavation of trwo burial mounds of pazyryk culture in the upper current of the Oron-Kurin-Gol R. on the southern slopes of Saylyugem Ridge in the Mongolian Altay, permafrost with ice lenses was found. Thanks to particular conditions and specific of rituals in the sepulchral chambers of "frozen" burial mounds, some artifacts which cannot be conserved under other conditions were available for us (Molodin, 2001). We studied samples from sepulchral chambers and from remainders of organic tissues. We have obtained unique biological material the age of which is almost 2.5 ky (Molodin, 2007). In total, we studied 11 samples taken just at excavation site. In the Laboratory for Water Microbiology of the Limnological Institute of RAS SB, the following parameters were studied: total amount of microbial cells (TAMC), the abundance of organotrophic microorganisms and of bacteria of the genus *Bacillus*, phylogenetic groups of microorganisms using method of *in situ* hybridization (CARD-FISH), isolation and analysis of DNA from the microorganisms strains.

In all the samples studied, vital, culturable bacterial forms are found. The strains isolated from the remainders of a horse tissues were unable to produce main exoenzymes, this may result from additional treatment, e.g., embalming. The samples from organic material remainders revealed higher contamination with microorganisms in comparison with ice samples. By the results of identification tests, the strains are related to the genera *Pseudomonas, Rhodococcus, Bacillus* (I morphological group *B. subtilis*). By *in situ* hybridization, only eubacteria were revealed in the samples they counted 18-42.5% of total abundance of microbial cells detected by DAPI staining. For the representatives of the domain Archea we obtained no positive signal. By the

results of a comparative analysis of nucleotide sequences of culturable forms of organotrophic bacteria we revealed that all the strains studied have among their closest relatives only culturable soil microorganisms. Presence of three main phylogenetic groups is shown: gram-positive bacteria with a low content of G+C (Firmicutes), gram-positive bacteria with a high content of G+C (Actinobacteria), γ -Proteobacteria. They are rather widely distributed in the permafrost soils in China, Japan, in Arctic and Antarctic soils.

This work was supported by Program of RAS Presidium 20.9

ИССЛЕДОВАНИЕ КУЛЬТИВИРУЕМОГО МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА ОБРАЗЦОВ, ВЗЯТЫХ ПРИ РАСКОПКАХ КУРГАНОВ ОЛОН-КУРИН-ГОЛ (МОНГОЛИЯ) Ханаева Т.А., Суслова М.Ю., Земская Т.И., Парфенова В.В., Молодин В.И.*, Пилипенко А.С.**, Парцингер Г.***

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия *Институт археологии и этнографии СО РАН, 17, пр. ак. Лаврентьева, Новосибирск 630090, Россия **Институт цитологии и генетики СО РАН, 10, пр.ак. Лаврентьева, Новосибирск 630090, Россия ***Deutsche Archaeologisches Institut, 69-71, Podbielskiallee, Berlin 14195, Germany

Мерзлотные почвы являются особой экологической нишей, где микроорганизмы находятся в экстремальных условиях обитания. Обнаружение жизнеспособных спор бацилл и грибов в этих условиях понятно, т.к. они известны, своей устойчивостью к различным условиям среды. Находясь в состоянии покоя, споры остаются способными к непрерывному контролю пищевого состояния окружающей среды. Они быстро реагируют на поступление подходящих питательных веществ, прорастая и возобновляя вегетативный рост (Nicholson et al., 2000).

Монгольский Алтай является археологическим и природным заповедником. Здесь господствует холодный, аридный климат, сложившийся на протяжении последних 3-4 тысячелетий, что определяет существование в этой зоне криоаридных экосистем (Дорофеюк, 2008). При проведении археологических раскопок двух курганов пазырыкской культуры в верхнем течении р. Олон-Курин-Гол на южных склонах Сайлюгемского хребта в Монгольском Алтае была обнаружена мерзлота с линзами льда. Благодаря особым природным условиям и специфике ритуального обряда в погребальных камерах «замерзших» курганов, до нас дошли не сохраняющиеся в других условиях артефакты (Молодин, 2001). Нами были исследованы пробы из погребальных камер и останков органических тканей. Получен уникальный биологический материал, возраст которого исчисляется почти 2,5 тыс. лет (Молодин, 2007). Всего было исследовано 11 проб, взятых непосредственно на месте раскопок. В лаборатории водной микробиологии Лимнологического института СО РАН были исследованы следующие показатели: общее число микробных клеток (ОЧМК), численность органотрофных микроорганизмов и бактерий рода *Bacillus*, филогенетические группы микроорганизмов с использованием метода гибридизации *in situ* (CARD-FISH), выделение и анализ ДНК штаммов микроорганизмов.

Во всех исследуемых пробах обнаружены жизнеспособные культивируемые формы бактерий. Штаммы, изолированные из останков тканей лошади не обладали способностью продуцировать основные экзоферменты, что может быть следствием дополнительной обработки, например бальзамирования. Образцы из останков органического материала выявили большую обсемененность микроорганизмами по сравнению с пробами льда. По результатам идентификационных тестов штаммы отнесены к родам Pseudomonas, Rhodococcus, Bacillus (I морфологическая группа B. subtilis). С помощью гибридизации in situ в образцах выявлены только эубактерии, составившие 18-42,5% общей численности микробных клеток, детектируемых при окрашивании ДАФИ. Для представителей домена Archea положительного сигнала не получено. По результатам сравнительного анализа нуклеотидных последовательностей культивируемых форм органотрофных бактерий выявлено, что все исследованные штаммы имеют среди ближайших родственников только культивируемые почвенные микроорганизмы. Показано наличие трех основных филогенетических групп: Грамположительные бактерии с низким содержанием G+C (Firmicutes), Грамположительные бактерии с высоким содержанием G+C (Actinobacteria), у- протеобактерии. Они имеют достаточно широкое распространение в мерзлотных почвах Китая. Японии, арктических и антарктических почвах.

Работа выполнена при поддержке программы Президиума РАН 20.9

ROLE OF ENTEROCOCCUS BACTERIA IN ASSESSMENT OF WATER QUALITY Kravchenko O.S., Parfenova V.V.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia ok.c@mail.ru

One of the main aspects in the research of the composition and functioning of microbial communities of aquatic ecosystems is the study of microorganisms influencing the water quality since freshwater bodies serve as the main source of drinking water. The quality of surface waters and even ground sources is becoming worse due to the intensifying anthropogenic pressure on the environment which is rather dangerous for users. Moreover, at present there are some problems in the world which affect the quality of drinking water from open water

bodies – this is the inflow of antibiotic-resistant opportunistic pathogenic microorganisms. Lake Baikal and the Angara River running from the lake are unique sources of drinking water consumed by the population.

The aim of this work was to study a possible mechanism of survival and preservation of viable microorganisms on the example of bacteria of the genus *Enterococcus* in the Baikal water that determine its quality in terms of safety.

The results showed that opportunistic pathogenic bacteria of the genus *Enterococcus* were mainly detected in the littoral areas of Lake Baikal, in its southern parts where sufficient sources of pollution are located: settlement Slyudyanka (railway junction), town Baikalsk (Pulp and Paper Plant) and settlement Kultuk. The Selenga River shoal and Barguzin Bay are polluted by two main tributaries of the lake – the Rivers Selenga and Barguzin. We found out that *Enterococcus* bacteria were mainly found in the samples obtained directly from the river branches. Opportunistic pathogenic bacteria were not detected at a distance of 3 km of the branch. These bacteria were not recorded in the pelagic part of the lake in deepwater samples even using diverse methods of isolation. The microbial community changed with the depth. We noticed the prevalence of organotrophic, oligotrophic and psychrophilic autochthonous microorganisms which are characteristic of culturable communities of the lake.

A question arises: Why don't we find allochthonous bacteria in the lake far from the rivers and other sources of anthropogenic influence? The analysis of literature material and our own data showed that they are supposed to die or transfer to the non-culturable state. Therefore, they are not identified in nutrient media. Experiments showed that bacteria of the genus *Enterococcus* are able to transfer into non-culturable state preserving their viability. This makes it difficult to detect them in the water during conventional cultivation of them in diagnostic media. Cells in the Baikal water are preserved at low temperature due to the formation of thicker and denser cell walls that becomes several times larger. This favours their survival at low temperatures with insufficient quantity of organic substances for their vital activity.

Fundamental studies showed that the inflow of opportunistic pathogenic bacteria into water bodies and water channels are undesirable as they have adaptive mechanisms of preservation of their viability in the environment. On the whole, the quality of Baikal deep water completely meets the standards for assessment of drinking water quality. It means that Baikal water is of high quality.

РОЛЬ БАКТЕРИЙ РОДА *ENTEROCOCCUS* В ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ Кравченко О.С., Парфенова В.В.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Одной из сторон пристального исследования состава и функционирования микробных сообществ водных экосистем является изучение микроорганизмов, определяющих или влияющих на качество воды, т.к. пресные водоемы служат основными источниками питьевой воды. При усиливающемся антропогенном прессе на окружающую среду, качество поверхностных вод и даже подземных источников стало низким, а значит небезопасным для потребителей. Кроме того, в настоящее время в мире существуют проблемы, которые влияют на качество потребляемой воды открытых водоемов – это поступление антибиотико-резистентных условно-патогенных микроорганизмов. Озеро Байкал и вытекающая из него река Ангара являются уникальными источниками питьевой воды, потребляемой населением.

Целью данной работы было изучить возможные механизмы выживания и сохранения жизнеспособности микроорганизмов, на примере бактерий рода *Enterococcus*, в байкальской воде, определяющих ее качество в плане биологической безопасности.

Полученные результаты показали приуроченность обнаружения условно-патогенных бактерий рода *Enterococcus* в прибрежных районах озера Байкал, в южной его части, где расположены существенные источники загрязнения: пос. Слюдянка (железнодорожный узел), г. Байкальск (БЦБК) и пос. Култук. Загрязненность Селенгинского мелководья и Баргузинского залива обусловлена влиянием двух основных притоков оз. Байкал – р. Селенги и р. Баргузин. Нами отмечено, что представители рода *Enterococcus* обнаруживаются только в пробах, отобранных непосредственно в протоках реки, на расстоянии от трех километров от протоки условно-патогенные микроорганизмы не выявляются. В пелагиали озера, в пробах, отобранных в глубинных слоях, группа условно-патогенных бактерий не обнаружена даже при применении разнообразных методик выделения. С глубиной происходит смена микробного сообщества, что выражается в преобладании органотрофных, олиготрофных и психрофильных автохтонных микроорганизмов, характерных для культивируемого сообщества самого озера.

Возникает вопрос: почему мы не обнаруживаем исследуемые аллохтонные бактерии в самом озере вдали от рек и других источников антропогенного влияния? В результате анализа литературного материала и собственных исследований мы предполагаем, что они или погибают, или переходят в некультивируемое состояние, и поэтому не диагностируются на питательных средах. Экспериментально нами было показано, что бактерии рода *Enterococcus* способны переходить в некультивируемое состояние, и при этом сохранять свою жизнеспособность. Это затрудняет обнаружение их в воде при проведении традиционного культивирования на диагностических средах. Сохранение клетки в байкальской воде при низкой ее температуре происходит за счет образования более плотной и большей

по толщине клеточной стенки, которая увеличивается в размерах в несколько раз. Это способствует их выживанию, как при низких температурных условиях, так и недостаточном для их жизнедеятельности количестве органического вещества.

Проведенные фундаментальные исследования показали, что поступление условно-патогенных бактерий в водоемы и водотоки нежелательно, так как у них есть адаптационные механизмы сохранения своей жизнеспособности в условиях окружающей среды. В целом же глубинная байкальская вода полностью удовлетворяет нормативам, применяемым для оценки пригодности водоемов для питьевого водоснабжения, что позволяет нам говорить о высоком качестве байкальской воды.

MINERALS FORMATION AND ELEMENTS ACCUMULATION IN A THERMOPHILLIC MICROBIAL COMMUNITY Lazareva Ye.V., Bryanskaya A.V.*, Taran O.P.**, Zaykovsky V.I.**,

Petrova I.V., Zhmodik S.M., Barkhutova D.D.***

Sobolev Institute of Geology and Mineralogy of RAS SB, 3, Acad. Koptyug av., Novosibirsk 630090, Russia *Institute of Cytology and Genetics of RAS SB, 10, Acad. Lavrent'ev av., Novosibirsk 630090, Russia **Boreskov Institute of Catalysis of RAS SB, 5, Acad. Lavrent'ev av., Novosibirsk 630090, Russia ***Institute of General and Experimental Biology SB RAS, 6, Sakhyanova st., Ulan-Ude 670047, Russia lazareva @uiggm.nsc.ru

Numerous outputs of thermal waters are concentrated in Barguzin Depression of the Baikal Rift Zone. The presence of microbial communities is found out in all the sites of thermal waters discharge. Carbonates deposition is observed only at three springs outputs. Formation of the thickest carbonate structure of Garga source is related directly to the microbial community activity. This work considers morphological peculiarities and regularities of deposition of silica and calcium compounds forming in cyanobacterial community of Garga source.

Sodium sulphate waters of Garga source have mineralization 1 g/l. Si content is 30 mg/l. Temperature in the discharge site is 77°C, pH is 8.2. Fluorine content is 11 mg/l. Among microelements, alkaline and alkalineearth elements dominate: Li, Rb, Sr, Cs, Ba; there are less anionogenic elements Ge, Mo, W. In the solution at source discharge, radon content in 2007 was 110 Bq/l (or 30 emans).

The main compound of this microbial community is *Phormidium spp.* In the case of high temperatures (>55°C) there are mainly cyanobacteria *Phormidium angustissimum*, *Ph. laminosum*, *Mastigocladus laminosus* and bacterium *Chloroflexus aurantiacus*. At temperature decrease op to range of 45-35°C, *Oscillatoria spp.* and diatom algae often dominate.

Within Garga source microbial community, amorphous silica and calcite are deposited. The silica which is deposited conserves the community structure, probably, due to the fact that adherent polysaccharide sheaths of bacterial cells keep well silicate gel coagulating from the solution. Calcite deposition from alkaline hydrothermal solution occurs at sufficient calcium content in the solution feeding the community. It was found out that the carbonate is deposited in microbial communities of the sources where in the nutritive medium the calcium content is >25 mg/l (Alla, Garga, Gusikha). It is characteristic for travertines to form in the discharge sites of the same sources.

In thermophillic cyanobacterial communities, the calcite is deposited as well-grained crystals sized from 20 to 40 □m. Rhombohedron and prism participate in crystals graining. Depending on solutions composition and on microbial community state, calcite can to this or that extent return again into the solution or be conserved and under static conditions, deposit (re-deposit), create solid stromatolite structures (so-called travertine of Garga source).

We studied the peculiarities of microbial mat structure by methods of high-resolution transmission electronic microscopy. The study performed has shown that on ultrathin slices of microbial mat from Garga source, among cysts and spores and remainders of lysed vegetative cells there occur different by their morphology bacteria enveloped in a permanent slimy matrix. It was noticed at local analysis of elemental composition that the silicon is concentrated mainly in a thick layer of cells slime surrounding bacterial cells (Fig. 1 left). In the intracellular content, we found out everywhere and in considerable amount monocrystallic outputs of calcium carbonate (Fig. 1 right). Hollow sub-individuals of calcium phosphate have been also found.

By XRFA-SR method, we analyzed the content of a large elements group in a microbial community. The factor of biological accumulation (Fb) was calculated for total content in a mat without isolating a mineral component. By factor of biological accumulation, the elements are subdivided as follows:

1) do not concentrate in the microbial community: Mo;

2) accumulate relatively weekly in the microbial community: Cs, Rb, Sr, K (lg Fg<1);

3) are considerably accumulated in the microbial community: Ca, Cu, V, Ge, Zn (Ig Fb 2-3);

4) are very concentrated: Mn (Ig Кб>3).

Germanium content in the microbial community of Garga source is in average 270 g/t. It is characteristic that the element is accumulating in parallel with radium isotopes the content of which exceeds 5000 Bk/kg (lg Fb 2-3). Main microelements amount is distributed between organic matter and a mineral component of the microbial community equally. The mineral part is preferred by Ca (calcite), Sr µ Rb. Organic matter - by Ge. As

it was shown by studies using high-resolution transmission electronic microscopy, this element is present in small amounts in the cells sheath.

The work is supported by RFBR grant No 08-05-00968, Integrative Project of RAS No 10.

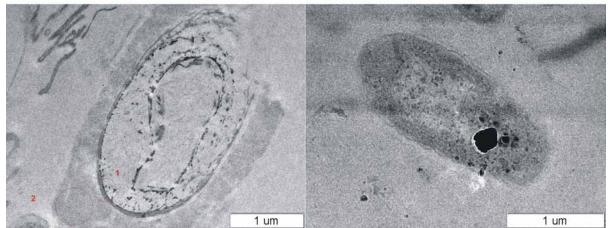


Fig. 1. In the layer of cellular slime (left picture) increased silicon content is stated, monocryctallic extrusions of calcium carbonate are situated in the intracellular space (right picture).

ОБРАЗОВАНИЕ МИНЕРАЛОВ И НАКОПЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ В ТЕРМОФИЛЬНОМ МИКРОБНОМ СООБЩЕСТВЕ

Лазарева Е.В., Брянская А.В.*, Таран О.П.**, Зайковский В.И.**, Петрова И.В., Жмодик С.М., Бархутова Д.Д.***

Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, 3, пр. ак. Коптюга, Новосибирск 630090. Россия

^{*}Институт цитологии и генетики СО РАН, 10, пр. ак. Лаврентьева, Новосибирск 630090 ^{*}Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, 5, пр. ак. Лаврентьева,

Пализа им. г.н. Борескова СО РАП, 3, пр. ак. лас Новосибирск 630090. Россия

***Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, 6, ул. Сахьяновой,

Улан-Удэ 670047, Россия

lazareva @uiggm.nsc.ru

Многочисленные выходы термальных вод сосредоточены в Баргузинской впадине Байкальской рифтовой зоны. Наличие микробных сообществ установлено во всех местах разгрузки термальных вод. На выходе только трёх источников наблюдается отложение карбонатов. Образование наиболее мощной карбонатной постройки Гаргинского источника связывают непосредственно с деятельностью микробного сообщества. Данная работа рассматривает морфологические особенности и закономерности отложения кремнезёма и соединений кальция, формирующихся в циано-бактериальном сообществе Гаргинского источников.

Сульфатно-натриевые воды Гаргинского источника имеют минерализацию 1 г/л, Содержание Si составляет – 30 мг/л. Температура в месте выхода – 77°С, pH – 8,2. Содержание фтора – 11 мг/л. В микроэлементном составе преобладают щелочные и щёлочноземельные элементы: Li, Rb, Sr, Cs, Ba и, в меньшем количестве, анионогенные – Ge, Mo, W. В растворе на выходе источника содержание радона в 2007 г. составляло 110 Бк/л (или 30 эман).

Основным компонентам микробного сообщества является *Phormidium spp.* В случае высоких температур (более 55°С) отмечаются преимущественно цианобактерии *Phormidium angustissimum, Ph. laminosum, Mastigocladus laminosus* и бактерия *Chloroflexus aurantiacus*. При понижении температуры в диапазоне 45-35°С часто доминируют *Oscillatoria spp.* и диатомовые водоросли.

В пределах микробного сообщества Гаргинского источника отлагаются аморфный кремнезём и кальцит. Отлагающийся кремнезём консервирует структуру сообщества, по-видимому, в результате того, что клейкие полисахаридные чехлы бактериальных клеток хорошо удерживают коагулирующий из раствора гель кремнекислоты. Отложение кальцита из щелочных гидротермальных растворов происходит при условии достаточного содержания кальция в растворе, питающем сообщество. Было установлено, что карбонат отлагается в микробных сообществах тех источников, где в питательной среде содержание кальция выше 25 мг/л (Алла, Гарга, Гусиха). Характерно, что травертины формируются в местах разгрузки тех же источников.

В термофильных циано-бактериальных сообществах кальцит отлагается в виде хорошо огранённых кристаллов разметом от 20 до 40 П. В огранке кристаллов участвуют ромбоэдр и призма. В зависимости от состава растворов и состояния микробного сообщества кальцит может в той или иной мере вновь переходить в раствор или сохраняться и при статичных условиях отлагаться (переотлагаться), создавать мощные строматолитовые постройки (так называемый травертин Гаргинского источника).

Методами просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения были изучены особенности структуры микробного мата. Проведенное исследование показало, что на ультратонких срезах микробного мата Гаргинского источника среди цист или спор и остатков лизированных вегетативных клеток встречаются заключенные в сплошной слизистый матрикс разнообразные по морфологии бактерии. При локальном анализе элементного состава было отмечено, что кремний концентрируется преимущественно в толстом слое клеточной слизи, окружающей бактериальные клетки (рис. 1 левый). Во внутриклеточном содержимом повсеместно и в значительном количестве установлены монокристаллические выделения карбоната кальция (рис. 1 правый). Обнаружены так же полые субиндивиды фосфата кальция.

Методом РФА-СИ были проанализировно содержание большой группы элементов в микробном сообществе. Коэфициент биологического накопленения (Кб) расчитывался для общего содержания в мате, не выделяя минеральную составляющую. По коэфициенту биологического накопления элементы разделяются следующим образом:

1) не концентрирующиеся в микробном сообществе: Мо;

2) относительно слабо накапливающиеся в микробном сообществе: Cs, Rb, Sr, K (Ig Kб<1);

3) в значительной степени накапливающися в микробном сообществе: Ca, Cu, V, Ge, Zn (lg Кб 2-3);

4) сильно концентрирующиеся: Mn (Ig Кб>3).

Содержание германия в микробном сообществе Гаргинского источника составляет в среднем 270 г/т. Характерно, что элемент накапливается параллельно с изотопами радия, содержание которых превышает 5000 Бк/кг (Ig K6 2-3). Основное количество микроэлементов распределяется между органическим веществом и минеральной составляющей микробного сообщества равномерно. К минеральной части тяготеют Са (кальцит), Sr и Rb. К орг. веществу – Ge. Как показали исследования методом просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения элемент в незначительном количестве присутствеует в слизистом чехле клеток.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 08-05-00968; Интеграционного проекта СО РАН -№10.

BACTERIA OF THE GENUS *RHODOCOCCUS* FROM BITUMEN CONSTRUCTIONS AT LAKE BAIKAL BOTTOM

Likhoshvay Al.V., Khanaeva T.A., Lomakina A.V., Gorshkov A.G., Pavlova O.N., Zemskaya T.I., Grachev M.A., Slepenchuk M.V.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

<u>Likhoshvay@mail.ru</u>

This work presents the results of model experiments on degradation of *n*-alkanes of oil during cultivation of Baikal microorganisms obtained from the sites of natural oil seepages at Lake Baikal (East Siberia, Russia) (Khlystov et al. Doklady of the Academy of Science, Geography, pp. 1-41, 2009) with the help of the deepwater manned submersibles "MIR-1" and "MIR-2". Five strains of microorganisms were isolated from the samples of bitumen constructions obtained from the lake bottom at the sites of oil seepages using Raymond agar [2]. Analysis of nucleotide sequences of 16S rRNA gene of pure cultures showed that they have high homology (99-100%) with the genus *Rhodococcus. alk*-Genes of group III able to degrade oil were found in genomes. Long-chain alkanes (C_{20} - C_{30}) degraded completely (Fig. 1) at 4°C for 92 h. Alkanes with the C_{29} chain length degraded completely at 4°C for 190 h, whereas those with C_{10} - C_{30} degraded partially (Fig. 2).

The 16S rRNA gene sequences from pure cultures revealed their close similarity with *Rhodococcus erythropolis* (99-100% homology). ALK genes of group III that constitute gene complexes responsible for oil degradation were found in the genomes of all strains. Model experiments showed that the *n*-alkanes conversion reaches 90% for 60 days. This process has a latent period due to the formation of microorganism community.

The authors are very thankful to the Group of "Metropol" Companies that assisted in deepwater diving on board the submersibles "MIR". The work was supported by the RAS Presidium Programme (Project No. 20.9) and Integration Project SB RAS No. 27.

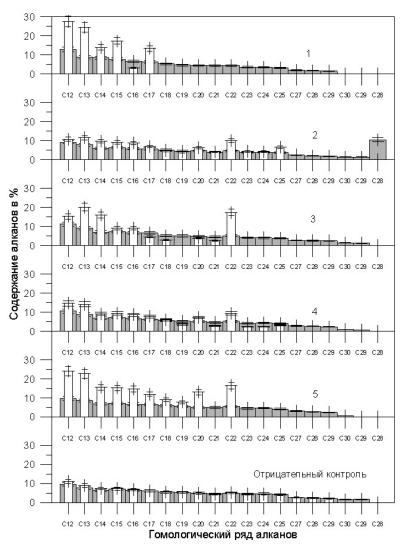


Fig. 1. Relative concentration of alkanes (%) during cultivation of 5 strains in Raymond agar at 24°C at the beginning of the experiment (gray columns) and 92 h after (white columns) (Относительная концентрация алканов в процентах при культивировании 5 штаммов в жидкой среде Раймонда при температуре 24°C в начале эксперимента (серые столбцы) и через 92 ч (белые)).

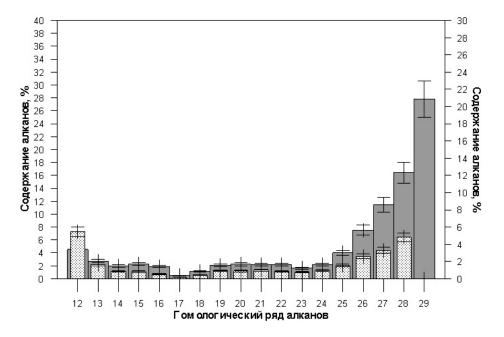


Fig. 2. Relative concentration of alkanes (%) during cultivation of 5 strains in Raymond agar at 4°C at the beginning of the experiment (gray columns) and 189 h after (white columns) (Относительная концентрация алканов (%) при культивировании в среде Раймонда при температуре 4°C в начале эксперимента (серые столбцы), и спустя 189 ч (белые)).

БАКТЕРИИ ИЗ БИТУМНЫХ ПОСТРОЕК НА ДНЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ, ДЕГРАДИРУЮЩИЕ НЕФТЬ Лихошвай Ал.В., Ханаева Т.А., Ломакина А.В., Горшков А.Г., Павлова О.Н., Земская Т.И., Грачёв М.А., Слепенчук М.В.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Представлены результаты модельных экспериментов по деградации *н*-алканов нефти при культивировании байкальских микроорганизмов, отобранных в районах естественных нефтепроявлений на озере Байкал (Восточная Сибирь, Россия) (Хлыстов и др. Доклады академии наук, География, с. 1-41, 2009) с помощью ГОА «Мир-1» и «Мир-2». Путем культивирования на агаризованной среде Раймонда образцов битумных построек, взятых со дна озера на участках разгрузки нефти, выделены пять штаммов микроорганизмов, способных использовать в качестве единственного источника углерода природную нефть (Ломакина и др. Известия РАН. Серия Биологическая, 515–52, 2009). Установлено, что при 24°С за 92 ч. полностью деградируются длинноцепочечные алканы (С₂₀ – С₃₀), fig. 1. При 4°С через 190 ч. были полностью деградированы алканы с длиной цепи С₂₉ и частично С₁₀ – С₃₀, fig. 2.

Секвенирование генов 16S pPHK чистых культур показало, что они близки к *Rhodococcus* erythropolis (процент гомологии 99-100%). Показано, что в геномах всех штаммов обнаружены alk-гены третьей группы, входящие в состав комплексов генов, обеспечивающих способность микроорганизмов к деградации нефти. В модельных экспериментах с природным микробным сообществом выявлено, что процесс конверсии *н*-алканов, достигает 90% за 60 суток и имеет латентный период, связанный с формированием сообщества микроорганизмов.

DIVERSITY OF PURE CULTURES AND NATURAL MICROBIAL COMMUNITY FROM TWO SITES OF NATURAL OIL SEEPS AT LAKE BAIKAL: ANALYSIS OF NUCLEOTIDE SEQUENCES OF 16S rRNA GENE

Lomakina A.V., Pavlova O.N., Shubenkova O.V., Morozov I.V. *, Zemskaya T.I.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia *Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine SB RAS, 8, Lavrentyev Avenue,

Novosibirsk 630090, Russia

<u>lomakina @lin.irk.ru</u>

Lake Baikal is the world's largest freshwater body. One of the unique features of this lake is natural hydrocarbon seepage. The areas of natural oil seeps have been known at Lake Baikal since the 18th century (Ryazanov, 1928; Kashirtsev et al., 1999; Isaev et al., 2003; Kontorovich et al., 2007). In 2005, new oil seep was registered at Cape Gorevoy Utes near Barguzin Bay (Khlystov et al., 2007). Numerous patches of oil in this area appeared to have identical composition representing a mixture of *n*-alkanes with normal distribution of homologous series of hydrocarons from C₁₁ to C₃₃ having a maximum at C₁₈. The oil discharged from bottom sediments is "crude" non-biodegradable oil (Kontorovich et al., 2007; Khlystov et al., 2007). According to Kontorovich et al. (2007), 3.6-4 tons of oil is discharged annually into the Lake Baikal water from bottom sediments.

According the analysis data on nucleotide sequences of 16S rRNA, strains of the cultivated microbial community of hydrocarbon oxidizing bacteria were referred to the following genera: *Pseudomonas, Bacillus, Brevibacillus, Paenibacillus, Micromonospora, Rhodococcus, Sphingomonas, Mycobacterium, Bosea, Micrococcus, Microbacterium, Arthrobacter, Novosphingobium, Methylobacterium, Curtobacterium, Acidovorax, Acinetobacter, Kosuria, and Enterobacter.* The majority of sequences obtained had a high homology with the known sequences from the international data bank (96-100%). Bacteria closely related to Baikal strains inhabit water column and bottom sediments in seas and soils of different regions of the world. Some cultures studied by us had a high percentage of homology with bacteria oxidizing oil and other hydrocarbons.

Natural microbial community from the oxidized layer of bottom sediments at two sites of natural oil seepages was referred to phyla *Bacteroidetes, Proteobacteria* (classes β -, γ -, δ -), *Verrucomicrobia, Nitrospirales, Chloroflexi, Planctomycetes, Acidobacteria, Chlorobi,* and *Actinobacteria.* Moreover, nucleotide sequences were obtained from oxidized and reduced layers of bottom sediments at two sites of oil seeps. The phylogenetic status of these sequences was not identified as their closest homologues were referred to non-culturable bacteria. Methane oxidizing bacteria of the genus *Methylobacter tundripaludum* were detected in the oxidized layer of bottom sediments. Species composition of microbial community changed with the depth of a core. Sequences obtained from reduced bottom sediments were referred to phyla *Bacteroidetes, Firmicutes, Actinobacteria,* and *Proteobacteria* (α -, β -, γ -).

Studies showed that representatives of the phylum *Proteobacteria*, which play a leading role in oxidation of oil and its components were dominant in oxidized and reduced layers of bottom sediments (Graowski et al., 2005). Representatives of γ -*Proteobacteria* dominated in oxidized layers of bottom sediments in the areas of natural oil seeps, whereas in reduced sediments both γ - and α -*Proteobacteria*, the closest homologues of which take part in oxidation of different oil components in soil. Moreover, the percentage of non-culturable bacteria isolated from the sediments containing gas hydrates of the Pacific Ocean and from bottom sediments of different seas and Lake Washington was high in the oxidized and reduced layers of bottom sediments.

This work was supported by RAS Presidium Programme (Project 20.9) and SB RAS Integration Project No. 27.

РАЗНООБРАЗИЕ ЧИСТЫХ КУЛЬТУР И ПРИРОДНОГО МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА В ДВУХ РАЙОНАХ ЕСТЕСТВЕННЫХ ВЫХОДОВ НЕФТИ НА ОЗЕРЕ БАЙКАЛ ПО ДАННЫМ АНАЛИЗА СТРУКТУРЫ НУКЛЕОТИДНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ГЕНА 16S рРНК Ломакина А.В., Павлова О.Н., Шубенкова О.В., Морозов И.В.*, Земская Т.И.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664003, Россия *Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН, 8, пр. Лаврентьева, Новосибирск 630090, Россия

Озеро Байкал является крупнейшим в мире пресноводным водоемом. В число уникальных особенностей озера Байкал входят природные выходы углеводородов. На озере Байкал районы естественных выходов нефти известны с XVIII века (Рязанов, 1928; Каширцев и др., 1999; Исаев и др., 2003; Конторович и др., 2007). В 2005 г. в районе м. Горевой Утес вблизи Баргузинского залива (Средний Байкал) был зарегистрирован новый выход нефти (Хлыстов и др., 2007). Многочисленные пятна нефти этого района оказались идентичными по составу и представляли смесь н-алканов с нормальным распределением гомологического ряда углеводородов, включающего соединения от С₁₁ до С₃₃ с максимумом при С₁₈, что свидетельствует о том, что нефть, поступающая из донных осадков, является «сырой», не биодеградированной (Конторович и др., 2007; Хлыстов и др., 2007). По оценкам Конторовича с соавторами (2007), ежегодно, из донных осадков этого района, в воды озера Байкал поступает 3,6-4 т. нефти в год.

По данным анализа нуклеотидных последовательностей гена 16S pPHK исследованные штаммы культивируемого микробного сообщества углеводородокисляющих бактерий были отнесены к следующим родам: *Pseudomonas, Bacillus, Brevibacillus, Paenibacillus, Micromonospora, Rhodococcus, Sphingomonas, Mycobacterium, Bosea, Micrococcus, Microbacterium, Arthrobacter, Novosphingobium, Methylobacterium, Curtobacterium, Acidovorax, Acinetobacter, Kosuria, Enterobacter. Обнаружено, что большая часть полученных последовательностей имеет высокий процент гомологии с известными последовательностями из международного банка данных (96–100%). Близкородственные байкальским штаммам бактерии обитают в водной толще и донных отложениях морей и в почвах различных регионов мира. Часть исследованных нами культур имела высокий процент сходства с бактериями, участвующими в окислении нефти и других углеводородов.*

Природное микробное сообщество окисленного слоя донных осадков двух районов естественных выходов нефти по данным филогенетического анализа отнесено к филумам *Bacteroidetes, Proteobacteria* (классы β-, γ-, δ-), *Verrucomicrobia*, *Nitrospirales*, *Chloroflexi*, *Planctomycetes*, *Acidobacteria*, *Chlorobi* и *Actinobacteria*. Кроме того, как для окисленного, так и для восстановленных слоев донных осадков были получены нуклеотидные последовательности, для которых не был установлен филогенетический статус, поскольку их ближайшие гомологи отнесены к некультивируемым бактериям. В окисленном слое донных осадков нами были детектированы метанокисляющие бактерии вида *Methylobacter tundripaludum*. С глубиной керна происходит смена видового состава микробного сообщества. Последовательности, полученные из восстановленных донных осадков, отнесены к следующим филумам: *Bacteroidetes, Firmicutes, Actinobacteria*, *Proteobacteria* (α-, β-, γ-).

Исследования показали, что как в окисленном, так и в восстановленном слоях донных осадков значительную долю составляют представители филума *Proteobacteria*, которые играют значительную роль в окислении нефти и ее компонентов (Grabowski et al., 2005). Следует отметить, что в окисленном слое района естественного нефтепроявления доминировали представители γ-*Proteobacteria*, а в восстановленном также высока доля и α-*Proteobacteria*, ближайшие родственники, которых участвуют в деградации различных компонентов нефти в почве. Кроме того, как в окисленном, так и в восстановленном слоях донных осадков высока доля некультивируемых бактерий, полученных из осадков, содержащих газовые гидраты Тихого океана, донных осадков различных морей, осадков озера Вашингтон.

Работа поддержана интеграционным проектом СО РАН №27, программой президиума РАН (проект 20.9).

MICROBIAL COMMUNITIES IN INFLOW AREAS OF LARGE TRIBUTARIES INTO LAKE BAIKAL Maksimenko S.Yu., Zemskaya T.I.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

svmax@lin.irk.ru

Taking into account high anthropogenic load on the river basin, special attention is paid to investigations of the barrier zone "river-lake". Major enterprises are located mainly in the areas of large tributaries. This affects the functioning of river ecosystems and, as a consequence, the ecosystem of a water body into which riverine waters flow. Of special interest are transformation of riverine waters into lacustrine ones, the role of microbial communities in these processes, and their interaction with other components of the ecosystem.

The aim of this work was to study microbial communities from the areas of inflow of the Rivers Selenga, Barguzin and Upper Angara into Lake Baikal using classical and molecular-biological methods. We determined the total abundance of microorganisms (TAM), distribution of organotrophic microorganisms, and functioning parameters of the microbial community. The structure of the microbial community was analyzed with fluorescence *in situ* hybridization (FISH).

In 2006-2008, total abundance of microorganisms in the areas of inflow of large tributaries into Lake Baikal varied from 0.7 to 3.8 mln cells/mL in the Selenga River shoal, in the Angara-Kichera shoal – from 0.5 to 7.5 mln cell/mL, and in Barguzin Bay – from 0.5 to 2.9 mln cells/mL. Maximal abundance of organotrophs was registered in the river mouths and in near-bottom water layers at long distances from the mouths (up to 2100 CFU/mL). High values of functional activity of microbial communities were recorded with radiocarbon method from velocity of heterotrophic assimilation of carbon dioxide. The structure of bacterioplankton was dominated by Eubacteria (up to 75% of TAM), and the percentage of Archaea did not exceed 5% of TAM. Moreover, in all the areas there were recorded representatives of Alpha- (up to 22.5%), Beta- (up to 14%), and Gammaproteobacteria (up to 19.7%), as well as representatives of the Actinobacteria phylum (up to 12%), phylogenetic groups Cytophaga-Flavobacteria (up to 7.5%), and Planctomycetes (up to 7%). Depending on the season, maximal abundance of members of phylogenetic classes and groups of bacteria was observed in the river mouths or at different distances from the mouths. In most cases, it was lower than the values obtained before.

In July of 2006, the highest bacterial diversity of phylogenetic groups in the structure of the microbial community was detected in the mixing zone of riverine waters with lacustrine ones at a distance of 2-3 km from the mouth of the Upper Angara River. Similar picture of distribution was recorded in the river mouth in June of 2007-2008. We may suppose that microbiological barrier in the zone of the Angara-Kichera shoal was located at a distance of 2-3 km from the river mouth. Comparing microbiological parameters with hydrological and other biological characteristics we may conclude that the formation of microbiological barrier depends directly on water temperature characteristics and level of phytoplankton development.

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ ЗОН ВПАДЕНИЯ КРУПНЫХ ПРИТОКОВ В ОЗ. БАЙКАЛ Максименко С.Ю., Земская Т.И.

Лимнологический институт СО РАН, Россия, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Изучению барьерных зон «река – приёмный водоём» в настоящее время уделяется особое внимание, учитывая высокую антропогенную нагрузку на речной бассейн. Именно в зонах крупных рек сосредоточены важные объекты хозяйственного и промышленного значения, что, несомненно, отражается на функционировании речных экосистем и, как следствие на экосистеме приёмного водоёма. Подобные локальные водные экосистемы вызывают особый интерес в вопросах трансформации речных вод в озёрные и выявление роли в данных процессах микробных сообществ, а также взаимосвязей их с другими компонентами экосистемы.

Задачами данного исследования являлись микробиологические исследования зон впадения pp. Селенга, Баргузин и Верхняя Ангара в оз. Байкал с применением классических и молекулярнобиологических методов. Данными методами были определены общая численность микроорганизмов (ОЧМ), распределение органотрофных микроорганизмов, параметры функционирования микробного сообщества, а также исследована структура микробного сообщества методом флюоресцентной *in situ* гибридизации (FISH).

Общая численность микроорганизмов в зонах впадения крупных рек в оз. Байкал в 2006-2008 гг. в Селенгинском мелководье варьировала от 0,7 до 3,8 млн.кл/мл, в Ангаро-Кичерском мелководье – от 0,5 до 7,5 млн.кл/мл, в Баргузинском заливе – от 0,5 до 2,9 млн.кл/мл. Максимальная численность органотрофов выявлялась в устьевых зонах рек и в придонных слоях воды на значительных расстояниях от устьев (до 2100 КОЕ/мл). В этих же зонах зарегистрированы и высокие значения функциональной активности микробных сообществ, определяемой радиоуглеродным методом по скорости гетеротрофной ассимиляции углекислоты. Во всех исследуемых районах в структуре общего бактериопланктона преобладали Eubacteria (до 75% от ОЧМ), доля Archaea от ОЧМ не превышала 5%. Кроме того, во всех районах обнаружены представители классов Alpha- (до 22,5%), Beta- (до 14%), Gammaproteobacteria (до 19,7%), филума Actinobacteria (до 12%), филогенетических групп Cytophaga-Flavobacteria (до 7,5%), Planctomycetes (до 7%). Максимальная численность представителей филогенетических классов и групп бактерий наблюдалась в зависимости от сезона года или в устьях рек или же на разных расстояниях от устьев и в большинстве случаев была ниже достоверных границ.

Так, полученные данные свидетельствуют, что наибольшее бактериальное разнообразие филогенетических групп, в высоких долях определенное в структуре микробного сообщества водной толщи, в июле 2006 г. наблюдалось в зоне смешения речных вод с озерными, на расстоянии 2-3 км от устья р. Верхняя Ангара. В июне 2007-2008 гг. подобная картина распределения была зафиксирована в устье реки. Согласно этому, можно предположить, что в 2006 г. микробиологический барьер в зоне Ангаро-Кичерского мелководья находился на расстоянии 2-3 км от устья р. Верхняя Ангара, в 2007-2008 гг. – в устьевой зоне реки. Сравнивая микробиологические показатели с гидрологическими и другими биологическими характеристиками исследуемого района можно сделать вывод, что формирование микробиологического барьера напрямую зависит от температурных характеристик воды и уровня развития фитопланктона.

MICROBIOLOGIC ASPECTS OF STABILITY OF THE ECOSYSTEM OF BAIKAL BY RESULTS OF REGIME STATIONARY SUPERVISION ON THE POINT № 1 IN THE BOLSHYE KOTY Maksimova E.A., Maksimov V.V., Schetinina E.V., Kraykivskaya O.V.

Scientific research institute of biology, 3, Lenin St., Irkutsk 664000, Russia

peterkb@mail.ru

The purpose of the given report - to define a level of stability of an ecosystem of Baikal from the point of view of dynamic of structural parameters of microbiocenoses of Baikal in modern conditions. Basing on the data on dynamics of an aggregate number of microorganisms for 2007-2009, and comparing to the last years, it is not found out tendencies of the quantitative or time plan which would testify to reorganisations in an ecosystem of the Baikal waters. Mid-annual sizes of number of microorganisms these years keep within limits of their fluctuations (in 2007 - 716 ±93; in 2008 - 792±103; in 2009-624±80 thousand in cell/ml in a layer 0-50 m) also characterize an ecosystem of Baikal as steady. The microbic oligotroph complex in euphotic zone of lake (on the average a layer 0-100 m) functions in strict conformity with rhythmics of development of primary producers of an ecosystem - planktonic alga. Established for prokaryotes microbiocenoses of the Baikal waters ability roughly to variate the number and activity is the protective homeostasis mechanism of maintenance of a dynamic constance of properties and attributes of Baikal waters (Maksimov et al., Microbiology, P. 752-757, 2006). Comparison of mid-annual values of the saprophytic bacteria, describing a level of trophic and hydrodynamics of Baikal waters, has shown their identity in a long series of supervision (1980-2000 years). It is abnormal low values saprophitic microorganisms (since 2007 for 2009) during year cycles are connected, most likely, to natural cycles in fluctuations of a water relationships of an ecosystem of Baikal, and also testify to change of structure of organic matters in waters of lake. The qualitative structure of the saprophitic bacteria has changed these years, predominant bacteria were representatives by gen. Mycobacterium, Arthrobacter. It is confirmed, that saprophitic microorganisms characterize waters of open Baikal as ultraoligotrophic.

Criteria of stability of an oligotroph microbic complex of an ecosystem of lakes are:

- steady predicted natural intraannual dynamics of frame of the oligotroph microorganisms, reflecting trophic and hydrodynamic conditions of an ecosystem of water thickness;

- absolute cleanliness of the Baikal waters of below active layer of the water masses identified on sanitarybacteriological parameters, adeguate to the high world standards of potable water;

- extremely low absolute sizes of the bacterial production determined on radiocarbon ¹⁴ C-method.

This work supported in part by the program "Development of Scientific Potential in Higher Schools" (project 2.1.1/2880).

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УСТОЙЧИВОСТИ ЭКОСИСТЕМЫ БАЙКАЛА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РЕЖИМНЫХ СТАЦИОНАРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НА ТОЧКЕ №1 В БОЛЬШИХ КОТАХ

Максимова Э.А., Максимов В.В., Щетинина Е.В., Крайкивская О.В.

Научно-исследовательский институт биологии, 3, ул. Ленина, Иркутск 664000, Россия

Цель данного сообщения – определить уровень устойчивости экосистемы Байкала с точки зрения динамики структурных показателей микробиоценозов Байкала в современных условиях. Опираясь на данные по динамике общей численности микроорганизмов за 2007-2009 гг., и сравнивая с предыдущими годами, не обнаруживается тенденции количественного или временного плана, которые свидетельствовали бы о перестройках в экосистеме байкальских вод. Среднегодовые величины численности микроорганизмов в эти годы укладываются в пределы их колебаний (в 2007 г. - 716 ±93; в 2008 - 792±103; в 2009 -624±80 тыс. кл./мл в слое 0-50 м) и характеризуют экосистему Байкала как устойчивую. Микробный олиготрофный комплекс в эуфотической зоне озера (в среднем слой 0-100 м) функционирует в строгом соответствии с ритмикой развития первичных продуцентов экосистемы планктонных водорослей. Установленная для прокариотных микробиоценозов байкальских вод способность бурно изменять свою численность и активность является защитным гомеостатирующим механизмом поддержания динамического постоянства свойств и признаков вод Байкала (Максимов и др., Микробиология, С. 752-757, 2006). Сравнение среднегодовых значений сапрофитных бактерий, характеризующие уровень трофии и гидродинамику вод Байкала, показало их тождественность в длительном ряду наблюдений (80-2000-е годы). Аномально низкие значения сапрофитных микроорганизмов (начиная с 2007 по 2009 гг.) в течение годичных циклов связаны, скорее всего, с естественными циклами в колебаниях водного режима экосистемы Байкала, а также свидетельствуют о смене состава органических веществ в водах озера. Изменился в эти годы качественный состав сапрофитных бактерий, доминирующими бактериями явились представители p. Mycobacterium, Arthrobacter. Подтверждено, что сапрофитные микроорганизмы характеризуют воды открытого Байкала как ультраолиготрофные.

Критериями устойчивости олиготрофного микробного комплекса экосистемы озера являются: - устойчивая предсказуемая закономерная внутригодовая динамика структуры олиготрофных микроорганизмов, отражающая трофические и гидродинамические условия экосистемы водной толщи; - идентифицируемая по санитарно-бактериологическим показателям абсолютная чистота байкальских вод ниже деятельного слоя водных масс, отвечающая высоким мировым стандартам питьевых вод; - предельно низкие абсолютные величины бактериальной продукции, определенной по радиоуглеродному ¹⁴С-методу.

Работа выполнена при частичной поддержке Аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2010гг.)». «Проект РНП № 2.1.1/2880».

STUDY OF THE DIVERSITY OF TOTAL MICROBIAL COMMUNITY FROM BOTTOM SEDIMENTS IN KARA SEA BY MOLECULAR BIOLOGY METHODS

Mamaeva Ye.V., Suslova M.Yu., Pavlova O.N., Parfenova V.V., Zemskaya T.I. Limnological Institute of RAS SB, 3, Ulan-Batorskaya st, Irkutsk 664033, Russia elena m@lin.irk.ru

Samples of water and bottom sediments from Kara Sea shelf taken in 2009 are analyzed. The ecosystem of this area is characterized by low mineralization and variation of water salinity with depth. Kara Sea shelf is one of perspective sites for oil and gas exploration from all continental margins of Northern Eurasia (Ryabukhin G. Ye et al., 1993; Johansen S.E. et al., 1993; Dore A.G., 1995; Belyaev I.V. et al., 2003; Verba M.L. et al., 2005). The abilities of microbial community from this area to destroy different combinations including oil and other hydrocarbons are of great interest.

Maximal values of total microorganisms abundance (TMA) are revealed in water surface layers in Kara Sea shelf (up to 515 thousand cells/ml). Decrease of TMA up to 23 thousand cells/ml is noticed with depth. Minimal microorganisms amount is noticed in water samples taken at the cross-section from Yenisey Gulf to Dixon settl. Where the abundance of organotrophic, psychrophyllic microorganisms and of bacteria of the genus *Bacillus* did not exceed 45, 190 and 35 KOE/ml, respectively. Maximal values in these groups of microorganisms are reveled at the cross-section Oleny Island – Sibiryakov Island. Maximum of the abundance of hydrocarbon-oxidizing microorganisms is noticed in the water samples from Kara Sea at the stations of the cross-section Dixon settl. – Sibiryakov Island – up to 1200 KOE/100 ml.

It is stated after the study performed that in culturable microbial community, bacteria of the genus *Bacillus* dominate. So, in the bottom sediments in water column of Yenisey R., their amount is 46 and 54%, respectively, in Kara Sea - 41%. In the bottom sediments of Gydan Gulf the representatives of the genus *Bacillus* make 81% of abundance.

On the base of the analysis of nucleotide sequences of 16S rRNA gene, first results of phylogenetic diversity are obtained for microbial communities in the areas of the cross-sections Oleny Island – Sibiryakov Island, Dixon settl. – Sibiryakov Island, Sopochnaya Karga – Narzoy Cape, Otvasny Cape – Paka Sala Cape. Total DNA is isolated from bottom sediments of seven stations by method of phenol-chloroform extraction (Sambrook et al., 1989). The concentration of isolated DNA varies from 418 (sand) to 3815 mg/ml (clay). We have amplified total DNA isolated from the sediments of two stations using eubacterial universal (Lane et al., 1985) and Archaean (Hallam et al., 2003) primers. The amplicons obtained are cloned using the kits Clone JETtm PCR Cloning Kit "Fermentas" and pGEM[®]-T Easy Vector Systems "Promega", as it was recommended by manufacturer. The transformation into *E.coli* cells is done using chemically competent cells (DH5 α). The cloned DNA is cloned using plasmid primers recommended by manufacturer of kits for cloning.

The cloning resulted in a library comprising 24 clones. Phylogenetic analysis of nucleotide sequences of 16S rRNA gene has shown that the microbial community from bottom sediments in two areas of Kara Sea is represented by phyla of alpha-, beta-, gamma- and delta-proteobacteria, *Actinobacteria*, *Acidobacteria*, *Bacteroidetes*, *Chloroflexi*, *Crenarchaeota*, *Thaumarchaeota*.

This work was supported by Program of RAS SB Presidium No 20.7.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗНООБРАЗИЯ СУММАРНОГО МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА ДОННЫХ ОСАДКОВ ШЕЛЬФА КАРСКОГО МОРЯ МОЛЕКУЛЯРНО-БИОЛОГИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ Мамаева Е.В., Суслова М.Ю., Павлова О.Н., Парфенова В.В., Земская Т.И.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Проанализированы пробы воды и донных осадков шельфа Карского моря, отобранные в 2009 году. Экосистема данного района характеризуется низкой минерализацией и изменениями солености воды с глубиной. Шельф Карского моря является одним из перспективных для добычи нефти и газа из всех материковых окраин северной Евразии (Рябухин Г.Е. и др., 1993; Johansen S.E. et al., 1993; Dore A.G., 1995; Беляев И.В. и др., 2003; Верба М.Л. и др., 2005). Вызывает интерес исследование способности микробного сообщества этого района к деструкции различных соединений, в том числе нефти и других углеводородов.

Максимальные значения общей численности микроорганизмов (ОЧМ) выявлены в поверхностных слоях воды в шельфе Карского моря (до 515 тыс. кл/мл). С глубиной отмечено снижение ОЧМ до 23 тыс. кл/мл. Минимальное количество микроорганизмов отмечено в пробах воды, отобранных на разрезе от Енисейского залива до п. Диксон, где численность органотрофных, психрофильных микроорганизмов и бактерий р. *Bacillus*, не превышала 45, 190 и 35 КОЕ/мл, соответственно. Максимальные значения этих групп микроорганизмов выявлены на разрезе о. Олений – о. Сибирякова. Максимум численности углеводородокисляющих микроорганизмов отмечен в пробах воды Карского моря на станциях разреза

п. Диксон – о. Сибирякова – до 1200 КОЕ/100мл.

В результате проведенного исследования установлено, что в культивируемом микробном сообществе доминируют бактерии р. *Bacillus*. Так, в донных осадках и водной толще р. Енисей их количество составляет 46 и 54%, соответственно, в Карском море- 41 %. В донных осадках залива Гыданская губа процент представителей р. *Bacillus* равен 81.

На основе анализа нуклеотидных последовательностей гена 16S рРНК получены первые результаты филогенетического разнообразия микробного сообщества донных осадков в районах разрезов о. Олений- о. Сибирякова, п. Диксон- о. Сибирякова, Сопочная Карга – м. Нарзой, м. Отвесный-м. Пака Сала. Выделена суммарная ДНК из донных осадков семи станций методом фенол-хлороформной экстракции (Sambrook et al., 1989). Концентрация выделенной ДНК варьирует от 418 (песок) до 3815 мг/мл (глина). Проведена амплификация суммарной ДНК, выделенной из осадков двух станций с использованием эубактериальных универсальных (Lane et al., 1985) и архейных (Hallam et al., 2003) праймеров. Полученные ампликоны клонированы с использованием наборов Clone JETtm PCR Cloning Kit "Fermentas" и рGEM[®]-T Easy Vector Systems "Promega", по рекомендации производителя. Трансформация в клетки *E.coli* проведена с использованием химически компетентных клеток (DH5α). Амплификация клонированной ДНК проведена с помощью плазмидных праймеров, рекомендованных фирмой производителем наборов для клонирования.

В результате клонирования создана библиотека из 24 клонов. Филогенетический анализ нуклеотидных последовательностей гена 16S рРНК показал, что микробное сообщество донных осадков двух районов Карского моря представлено филумами альфа, гамма, бета и дельта протеобактерий, *Actinobacteria, Acidobacteria, Bacteroidetes, Chloroflexi, Crenarchaeota, Thaumarchaeota.*

Работа выполнена при поддержке Программы Президиума РАН 20.7

INVESTIGATION OF CONTAMINATION OF SALMONIDS WITH PROTOZOA OF THE GENUS SPIRONUCLEUS

Nebesnykh I.A., Sukhanova Ye.V., Denikina N.N., Bel'kova N.L., Chernogor L.I., Dzyuba Ye.V. Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk 664033, Russia canis-87@mail.ru

Diplomonadida are flagellate protozoa known as the most primitive among eukaryotes as they have no characteristic mitochondrions, peroxisome and Golgi apparatus (Keeling, Doolittle, 1997). Among Diplomonadida representatives (*Hexamita, Octomitus* and *Spironucleus*) there are both commensals fishes of digestive tract and pathogenic organisms (Poynton, Morrison, 1990; Jorgensen, Sterud, 2004, etc.). Numerous biological and ecological aspects of these animals, including specific hosts, geographic areas and pathogenicity of different species are poorly studied. This fact is due first of all to the complexity of identification of genera and species of Diplomonadida.

Despite a relatively high level of at which Lake Baikal animals are investigated, data on species composition of parasitic protozoa are incomplete up to nowadays (Zaika, 1965; Pronin, 2001; Rusinek, 2007). It is known that representatives of two genera occur in the fishes of Baikal region, these are *Hexamita* (*Octomitus*) [Zaika, 1965] and *Spironucleus* (Bel'kova et al., 2007a, 2007b, 2008). In Lake Baikal, *Hexamita* sp. and *H. truttae* are found by classic parasitology methods in *Coregonus migratorius*, in Baikalian graylings (Thymallidae), *Leuciscus leuciscus, Lota lota*, as well as in endemic sculpins (*Batrachocottus multiradiatus, B. nikolskii, Cottocomephorus grewingkii, Limnocottus bergianus*) (Zaika, 1965; Pronin, 1981, 2001; Rusinek, 2007). *Spironucleus barkhanus* is identified in *Thymallus baicalensis* only by molecular genetic methods (Bel'kova et al., 2007a, 2007b, 2008).

The present study was aimed to investigation of contamination of salmonids Salmonoidei with protozoa of the genus *Spironucleus* using a specific polymerase chain reaction (PCR) and testing of microscopic methods for detection of these microorganisms. Specimens sampled from different habitats (Lakes Baikal and Khovsogol, Irkutsk Reservoir, Angara and Lena rivers) served as material. In order to specify the localization of *Spironucleus*, we investigated the fragments of the foregut and cholecysts. Total DNA extraction and specific PCR were carried out as described before (Bel'kova et al., 2008). For microscopic investigations, the preparations of fresh intestinal and cholecysts tissues were stained by Romanovsky-Gimze method. The microorganisms were identified by morphologic characteristics using optic microscopy (Axiovert 200 and Axiostar plus, Zeiss; Center of Shared Use).

Analysis of contamination of salmonids by Diplomonadida representatives is carried out. Using molecular genetic method, we found representatives of the genus *Spironucleus* in intestines and cholecysts of *T. baicalensis*, *C. migratorius* and *Thymallus baicalensis nigrescens*. The contamination of *T. baicalensis* in different areas is approximately equal and is 22-25%. We have to notice that pathogenic genotype of *Spironucleus salmonicida* is not detected in the analyzed fish species. Using light microscopy, we obtained microphotographs of representatives of the genus *Spironucleus* in intestines and cholecysts tissues of *T. baicalensis*.

The work is done within RAS program No 26, sub-program 1, project 26.13.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАРАЖЕННОСТИ ЛОСОСЕВИДНЫХ РЫБ ПРОСТЕЙШИМИ РОДА SPIRONUCLEUS

Небесных И.А., Суханова Е.В., Деникина Н.Н., Белькова Н.Л., Черногор Л.И., Дзюба Е.В. Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Diplomonadida – жгутиковые простейшие, известные как самые примитивные среди эукариот, поскольку лишены характерных митохондрий, пероксисом и аппарата Гольджи (Keeling, Doolittle, 1997). Среди представителей Diplomonadida (*Hexamita, Octomitus* и *Spironucleus*) встречаются как комменсалы пищеварительного тракта рыб, так и патогенные организмы (Poynton, Morrison, 1990; Jorgensen, Sterud, 2004 и др.). Многие аспекты биологии и экологии этих животных, включая специфичных хозяев, географические ареалы и патогенность различных видов плохо изучены. Этот факт обусловлен, прежде всего, сложностью определения родов и видов Diplomonadida.

Несмотря на сравнительно высокий уровень изученности животных озера Байкал, данные о видовом составе паразитических простейших до сих пор являются не полными (Заика, 1965; Пронин, 2001; Русинек, 2007). Известно, что в рыбах Байкальского региона встречаются представители двух родов – *Hexamita* (*Octomitus*) (Заика, 1965) и *Spironucleus* (Белькова и др., 2007а, 2007б, 2008). В озере Байкал *Hexamita* sp. и *H. truttae* классическими паразитологическими методами обнаружены у байкальского омуля *Coregonus migratorius*, байкальских хариусов (Thymallidae), сибирского ельца *Leuciscus leuciscus*, налима *Lota lota*, а также у эндемичных керчаковых рыб (*Batrachocottus multiradiatus*, *B. nikolskii*, *Cottocomephorus grewingkii*, *Limnocottus bergianus*) (Заика, 1965; Пронин, 1981, 2001; Русинек, 2007). Spironucleus barkhanus определен в черном байкальском хариусе только молекулярногенетическими методами (Белькова и др., 2007а, 2007б, 2008).

Целью настоящего исследования стало исследование зараженности лососевидных рыб Salmonoidei простейшими рода *Spironucleus* с помощью специфичной полимеразной цепной реакции (ПЦР) и апробация микроскопических методов для детекции этих микроорганизмов. Материалом для работы послужили особи, собранные из разных мест обитания (озера Байкал и Хубсугул, Иркутское водохранилище, реки Ангара и Лена). Для уточнения локализации *Spironucleus* исследовали фрагменты переднего отдела кишечника и желчных пузырей. Выделение тотальной ДНК и специфичную ПЦР проводили, как было описано ранее (Белькова и др., 2008). Для проведения микроскопических исследований препараты свежих тканей кишечника и желчных пузырей окрашивали по Романовскому–Гимзе. Микроорганизмы определяли по морфологическим характеристикам с помощью оптической микроскопии (Axiovert 200 и Axiostar plus, Zeiss; ЦКП).

Проведен анализ зараженности лососевидных рыб представителями Diplomonadida. С использованием молекулярно-генетических методов нами обнаружены представители рода *Spironucleus* в кишечниках и желчных пузырях черного байкальского хариуса (*T. baicalensis*), байкальского омуля и косогольского хариуса (*T. baicalensis nigrescens*). Зараженность черного байкальского хариуса в различных районах приблизительно одинакова и составляет 22-25%. Следует отметить, что патогенный генотип *Spironucleus salmonicida* в проанализированных видах рыб не детектирован. С помощью световой микроскопии получены микрофотографии представителей рода *Spironucleus* в тканях кишечника и желчных пузырей черного байкальского хариуса.

Работа выполнена в рамках программы РАН № 26, подпрограммы 1, проект 26.13.

SYMBIOTIC INTERACTIONS OF MICRORGANISMS IN NATURAL AQUATIC BIOCOENOSES Nemtseva N., Yatsenko-Stepanova T., Bukharin O.

Institute of Cellular and Intracellular Symbiosis, UrD, RAS, 11, Pionerskaya st., Orenburg 460000, Russia <u>nemtsevanv@rambler.ru</u>

Study of symbiosis is one of the most actual problems of modern biology. Evolutionary antiquity of protozoa, bacteria, algae, and their wide spreading in various environments explains the diversity of symbiotic relations of microorganisms, both with ones like them, and with other live beings. These relationships are well known: mutualism, commensalism and parasitism.

Symbiosis as a form of coexistence of unrelated organisms is a fundamental phenomenon. Study of structural features of symbiotic systems as a result has led to the paradigm change, and the appearance of a term "associative symbiosis".

In modern interpretation associative symbiosis is regarded as a multicomponent integrated system, including a macropartner (host), a dominant (stable) microsymbiont, and minor associative microsymbionts, with their multidirectional influences. The host, while being a centre of organization, interacts with partners on the principle of endocytobiosis or forms distant connections in the population-communicative way. The dominant microflora that surrounds the host performs a helper function. Associants inclusion into this symbiosis may have different consequences for host. On the one hand, it is a strengthing of dominant microflora, and host. On the other hand, it is an antagonism of associants with further exclusion of dominant partner that has negative results both for host and for whole symbiosis.

In hydrobiocoenoses microalgae (organic substances producers), as a rule, play a role of organismedificator that is a centre of association, including other species. Therefore, we have made an attempt to assess structural organization of associative symbiosis by the example of algae association. It has been theoretically proved with method of correlation pleiades that associative connections in phytoplankton community are determined by the host (*Chlorophyta*), stable dominant micropartners (*Euglenophyta*, *Dinophyta*, *Bacillariophyta*, *Chrysophyta*), represented by a group of interchangeable symbionts, and minor associative microsymbionts (*Cyanophyta*, *Xantophyta*). The special algorithm has been developed for determination the structure of phytoplankton community, formed on the basis of associative symbiosis.

The existence of three functional vectors of symbionts interactions in natural algal biocoenoses was experimentally confirmed. They are: host – dominant micropartners; host - associative microsymbionts; dominant micropartners - associative microsymbionts, taking part in a regulation of algacoenosis. By the example of Cyanophita ambiguous significance of associative symbionts for microsymbionts: from strengthing of main and dominant partners to antagonistic excluding of dominant microsymbionts with disturbance of reservoir has been demonstrated.

Bacterial symbionts: *Rhodococcus terrae, Micrococcus roseus*, and *Bacillus* spp., were isolated from the symbiotic algo-bacterial association, in centre of which was alga *Chlamydomonas reinhardtii*.

The positive influence of bacterial associants on the host was determined as far as alga *C. reinhardtii* had higher growth rate (0.76 day⁻¹) and productivity (60 μ g of Chl/ml of culture) in comparison with an axenic culture (0.4 day⁻¹, and 10 μ g of Chl/ml of culture).

Experimental coculivation of alga *C. reinhardtii* the axenic culture with each of bacterial symbiotic isolates demonstrated that the dominant symbiont *Rhodococcus terrae* stimulated growth of alga in two times. The associants *Bacillus* spp. and *Micrococcus roseus* didn't have evident influence on the alga growth and development.

However, in combination with *R. terrae* these microorganisms promoted the productivity of the whole association.

Protozoal-bacterial associations are another example of associative symbiosis. As a result of natural and experimental research bacteria that are protozoal symbionts were divided into three groups: dominants, associants, and occasional symbionts. Enterobacter cloacae, E. agglomerans, Klebsiella pneumoniae, Alcaligenes xylosooxidans were included into a dominant group; Escherichia coli, Klebsiella rhinoscleromatis, Pseudomonas putida, P. aeruginosa, Aeromonas caviae, Vibrio fluvialis - into a group of associants; Citrobacter freundii, Providencia alcalifaciens, P. rettgeri, Paracoccus halodenitrificans, Arthrobacter globiformis - into a group of occasional symbionts.

So, widespreading of associative symbiosis is demonstrated not only in plants, animals, and humans land ecosystems, but also in water biocoenoses. This suggests the universal character of associative symbiosis.

СИМБИОТИЧЕСКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПРИРОДНЫХ ВОДНЫХ БИОЦЕНОЗАХ Немцева Н.В., Яценко-Степанова Т.Н., Бухарин О.В.

Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН, 11, ул. Пионерская, Оренбург 460000, Россия

Изучение симбиозов является одной из актуальных проблем современной биологии. Эволюционная древность простейших, бактерий, водорослей, а также их широкое распространение в различных экологических средах объясняет возникшее многообразие симбиотических связей микроорганизмов, как с себе подобными, так и с другими живыми существами. Эти взаимоотношения хорошо известны: мутуализм взаимовыгодный для обоих партнеров; комменсализм безвредный для симбионтов, и паразитизм, как вариант антагонизма, в результате которого наносится вред одному из партнеров.

Симбиоз как форма сосуществования неродственных организмов представляет собой фундаментальное явление. Изучение структурных особенностей симбиотической системы, в конечном итоге привело к смене парадигмы симбиоза и появлению термина ассоциативный симбиоз.

В современной трактовке ассоциативный симбиоз предложено рассматривать как многокомпонентную интегральную систему, включающую макропартнера (хозяина), стабильного доминантного микросимбионта и минорных ассоциативных микросимбионтов с разнонаправленными воздействиями.

В симбиозе четко проявляется роль хозяина, который являясь центром организации, взаимодействует с партнерами по принципу эндоцитобиоза или формирует дистантные связи по популяционно-коммуникативному сценарию. Доминантная микрофлора, окружающая хозяина, выполняет хелперную функцию. Включение в этот симбиоз ассоциантов может иметь различные для хозяина последствия. В одном случае, это усиление доминантной микрофлоры, а, следовательно, и хозяина. В другом - антагонизм ассоциантов с последующим вытеснением доминантного партнера с вытекающими негативными для хозяина и всего симбиоза последствиями.

В гидробиоценозах микроводорослям –продуцентам органического вещества, как правило, отводят роль организма-эдификатора, являющегося центром организации сообщества с участием организмов других видов. Поэтому на примере функционирования водорослевого сообщества была

предпринята попытка оценить структурную организацию ассоциативного симбиоза среди микроводорослей.

С использованием метода корреляционных плеяд теоретически обосновано, что ассоциативные связи, присутствующие в фитопланктонном сообществе, определяются наличием основного партнера или хозяина (*Chlorophyta*), стабильных доминантных микропартнеров (*Euglenophyta*, *Dinophyta*, *Bacillariophyta*, *Chrysophyta*), представленных группой взаимозаменяемых симбионтов, и сопутствующих ассоциативных микросимбионтов (*Cyanophyta*, *Xantophyta*). Разработан алгоритм, позволяющий определить структурированность фитопланктонного сообщества, сформированного по типу ассоциативного симбиоза водорослей.

Экспериментально подтверждено существование в природных водорослевых биоценозах трех функциональных векторов взаимодействия симбионтов: 1) хозяин - доминантные микропартнеры; 2) хозяин – ассоциативные микросимбионты; 3) доминантные микропартнеры – ассоциативные микросимбионты; 3) доминантные микропартнеры – ассоциативные микросимбионты, принимающих участие в регуляции альгоценоза. На примере Суапорнута продемонстрировано неоднозначное для микросимбиоценоза значение ассоциативных симбионтов: от усиления основного и доминантного партнеров до антагонистического вытеснения доминантных микросимбионтов с нарушением экологического состояния водоема.

Из симбиотической альго-бактериальной ассоциации, центром организации которой являлась водоросль *Chlamydomonas reinhardtii*, изолированы бактериальные симбионты: *Rhodococcus terrae, Micrococcus roseus* и *Bacillus* spp.

Установлен позитивнй характер влияния бактерийных ассоциантов на хозяина, поскольку водоросль *C. reinhardtii* в альгобактериальной ассоциации обладала большей скоростью роста (0.76 сут⁻¹) и давала больший урожай (60 мкг хлорофилла/мл культуры) по сравнению с ростом в аксеничной культуре (0.4 сут⁻¹ и 10 мкг хлорофилла/мл культуры соответственно).

Экспериментальное сокультивирование аксенической культуры водоросли *C. reinhardtii* попеременно со всеми чистыми культурами бактерийных изолятов симбионтов выявило, что доминантный симбионт *Rhodococcus terrae* обладал рост-стимулирующим действием, ускоряя рост водоросли в 2 раза. Ассоцианты *Bacillus* spp. и *Micrococcus roseus* практически не оказывали влияния на рост и развитие водоросли. Однако в комбинации с *R. terrae* эти микроорганизмы способствовали усилению продуктивности всей ассоциации.

Другим примером ассоциативного симбиоза являются протозойно-бактериальные ассоциации. По результатам натурных и экспериментальных исследований бактери-симбионты простейших разделены на три группы: доминанты, ассоцианты и случайные симбионты. В группу доминантов вошли Enterobacter cloacae, E. agglomerans, Klebsiella pneumoniae, Alcaligenes xylosooxidans. К ассоциантам отнесены Escherichia coli, Klebsiella rhinoscleromatis, Pseudomonas putida, P. aeruginosa, Aeromonas caviae, Vibrio fluvialis, к случайным симбионтам – Citrobacter freundii, Providencia alcalifaciens, P. rettgeri, Paracoccus halodenitrificans, Arthrobacter globiformis.

Таким образом, ассоциативный симбиоз, широкое распространение которого продемонстрировано ранее в наземных экосистемах у человека, животных и растений, имеет место и в водных биоценозах. Это свидетельствует об универсальном характере данного явления.

FIRST RESULTS ON SEARCH OF HYDROCARBON OXIDIZING BACTERIA, PRODUCERS OF SURFACTANTS, ISOLATED FROM LAKE BAIKAL Pavlova O.N., Fedorova G.A., Shishlyannikova T.A., Korneva E.S., Bukin S.V.,

Lomakina A.V., Zemskaya T.I.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

<u>pavlova @lin.irk.ru</u>

Biodegradation of hydrocarbons by indigenous populations of microorganisms is one the main processes of self-purification of the environment. Oil oxidation by hydrocarbon oxidizing bacteria can cause formation of surfactants which disperse oil products and increase availability of hydrocarbons for microorganisms (Sung-Chyr Lin, 1996; Volchenko, Karaseva, 2006).

The aim of this work was to search strains producing biosurfactants among hydrocarbon oxidizing microorganisms isolated from water, bottom sediments and bitumen structures at the sites of oil seepages in Lake Baikal. As a result of the analysis of nucleotide sequences of 16S rRNA gene, 33 strains of microorganisms were referred to the genera *Rhodococcus*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Azorhizobium*, and *Micrococcus*. Cultivation was performed in a liquid mineral medium (Raymond, 1961) containing either oil or *n*-hexadecane as the only source of hydrocarbon.

Reduction of surface and interfacial tension and/or formation of stable emulsions with liquid hydrophobic substrates are standard characteristics of microorganism ability to produce biosurfactants (Volchenko, Karaseva, 2006).

At the first stage, we tested the ability of microorganisms to synthesize extracellular surfactants. "Dropcollapsing" test was used to assess screening of biosurfactant activity of microorganisms. Aqueous solutions of sodium dodecyl sulfate and cetyl trimethyl ammonium bromide were used as references. Ability to synthesize surfactants was estimated from the index of surface tension of the culture liquid free of cells using the maximum bubble pressure technique (a Rebinder device). The decrease of surface tension was a quantitative characteristic indicating the presence of surfactants in the culture liquid.

Emulsifying activity was measured in 24 h after adding sunflower seed oil to the culture liquid or to supernatant of the culture liquid at a ratio of 1:1 (v/v).

Lipids were extracted from the culture liquid by a mixture of chloroform-methanol (2:1). The presence of glycolipids in the extract of the culture liquid was determined with thin-layer chromatography (TLC) in the system of solvents chloroform-methanol-water=65:15:2 in combination with a colouring reagent for glycolipids.

As a result of these studies, no strains actively producing extracellular surfactants have been revealed.

Fractions of glycolipids were studied for strains No.4 *Rhodococcus* sp. and No. 22-05 *Pseudomonas* sp. with LC-MS after TLC-separation. The strain extract of the genus *Pseudomonas* exhibited the $[M + H]^+$ ions at m/z = 746.565 and at m/z = 805.618 which may be referred to phosphatidyl ethanolamine and trehalose monocorynomycolates possessing surfactant properties.

It is necessary to carry out further studies on search of strains which form cell-bound biosurfactants among microorganisms and on screening of collection strains.

The work was supported by SB RAS Interdisciplinary Project No. 27, RFBR Grant No. 10-05-00681, and Russian President Grant MK-1901.2010.5.

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОИСКА УГЛЕВОДОРОДОКИСЛЯЮЩИХ БАКТЕРИЙ, ИЗОЛИРОВАННЫХ ИЗ ОЗ. БАЙКАЛ – ПРОДУЦЕНТОВ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ Павлова О.Н., Федорова Г.А., Шишлянникова Т.А., Корнева Е.С., Лихошвай А.В.,

Букин С.В., Ломакина А.В., Земская Т.И.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Биодеградация углеводородов аборигенными популяциями микроорганизмов представляет собой один из основных природных механизмов самоочищения окружающей среды. Окисление нефти углеводородокисляющими бактериями может сопровождаться образованием поверхностно-активных веществ, которые диспергируют нефтепродукты и увеличивают биодоступность углеводородов для микроорганизмов (Sung-Chyr Lin, 1996; Волченко, Карасева, 2006).

Целью настоящей работы являлся поиск штаммов, активно продуцирующих биоПАВ, среди углеводородокисляющих микроорганизмов (УВОМ), изолированных из воды, донных осадков и битумных построек районов естественных нефтепроявлений оз. Байкал. Было исследовано 33 штамма микроорганизмов, отнесенных на основе анализа нуклеотидных последовательностей гена 16S рРНК к родам *Rhodococcus, Pseudomonas, Bacillus, Azorhizobium, Micrococcus.* Культивирование осуществляли в жидкой минеральной среде (Raymond, 1961), содержащей в качестве единственного источника углерода либо нефть, либо *н*-гексадекан.

Стандартным признаком способности микроорганизмов продуцировать биоПАВ является снижение уровня поверхностного и межфазного натяжения и/или образование стабильных эмульсий с жидкими гидрофобными субстратами (Волченко, Карасева, 2006).

На первом этапе была проверена способность микроорганизмов к синтезу внеклеточных ПАВ. Для скрининговой оценки наличия биосурфактантной активности микроорганизмов был использован метод «разрушающейся капли» (drop-collapsing test). В качестве стандартов использованы водные растворы додецилсульфата натрия и цетилтриметиламмоний бромида.

Способность к синтезу ПАВ оценивали также по значению показателя поверхностного натяжения свободной от клеток культуральной жидкости, который измеряли методом наибольшего давления пузырька воздуха (прибор Ребиндера). Снижение величины поверхностного натяжения являлось качественным показателем, свидетельствующим о наличии ПАВ в культуральной жидкости.

Эмульгирующую активность оценивали по величине индекса эмульгирования через 24 часа добавлением к культуральной жидкости или супернатанту культуральной жидкости подсолнечного масла в соотношении 1:1 (о/о).

Липиды экстрагировали из культуральной жидкости смесью хлороформ-метанол (2:1). Наличие гликолипидов в экстракте культуральной жидкости определяли методом тонкослойной хроматографии в системе растворителей хлороформ-метанол-вода=65:15:2 в сочетании с проявляющим реагентом для гликолипидов.

В результате проведенных исследований, штаммы, активно продуцирующие внеклеточные ПАВ, не выявлены.

Для штамма № 4 *Rhodococcus* sp. и № 22-05 *Pseudomonas* sp. фракции гликолипидов после TCXразделения были исследованы методом ЖХ-МС. В экстракте штамма, отнесенного к роду *Pseudomonas* обнаружены ионы m/z = 746,565 [M + H]⁺ и m/z = 805,618 [M + H]⁺ которые могут относиться к фосфатидилэтаноламину и трегалозомонокориномиколату, обладающих ПАВ-свойствами.

Поиск штаммов, образующих клеточно-связанные биосурфактанты среди исследованных микроорганизмов, а также скрининг коллекционных штаммов будут являться целью дальнейших исследований.

Работа выполнена при поддержке междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН № 27; фонда РФФИ, грант № 10-05-00681; гранта Президента РФ МК-1901.2010.5.

STRUCTURE OF EPIPHYTON COMMUNITIES ON LAKE BAIKAL SUBMERGED MACROPHYTES Pomazkina G.V., <u>Kravtsova L.S.</u>, Sorokovikova E.G.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

<u>lk@lin.irk.ru</u>

Submerged macrophytes are spread throughout continental freshwater bodies and seas. They are very important components of diverse ecosystems as many ecological processes are closely interrelated with their development. Submerged macrophytes serving as a substratum contribute to the formation of epiphyton and play a great role in production processes of the littoral zone and in self-purification of water bodies. There are over 86 species of submerged macrophytes in Lake Baikal, a study of their epiphyton would be of considerable ecosystem relevance, and the structure and function of the Lake Baikal potentially important autotrophic link are largely unknown yet. The aim of our work was to characterize species diversity and specific characteristics of vertical microdistribution of abundance and biomass of epiphyton on six species of Lake Baikal submerged macrophytes: *Myriophyllum spicatum* L., *Potamogeton perfoliatus* L., *Potamogeton* sp., *Sparganium gramineum* Georgi, *Ceratophyllum demersum* L., and *Elodea canadensis* Michaux.

The material was collected in Lake Baikal B 2008-2009 in Kurkutskaya Bay, Posolskii Sor and Bolshie Koty Bay at a depth of 3-10 m during the vegetative activity of submerged macrophytes.

The epiphyton of submerged macrophytes was very diverse. There were 3 phyla present: Bacillariophyta, Cyanobacteria and Chlorophyta, including 13 orders, 34 genera, and 70 species and intraspecific taxa. Nine species of Cyanobacteria and two of Bacillariophyta were new records for Lake Baikal. Epiphyton communities differing in species composition and quantitative characteristics grew on diverse species of submerged macrophytes. There were high levels of species richness on *S. gramineum* and on *Potamogeton* spp., while diversity was low on *M. spicatum* and *E. canadensis*. A monodominant community was revealed on the invasive *E. canadensis* represented by *Cocconeis placentula* var. *placentula*. Specific characteristics of morphology of submerged macrophytes influence the structural organization and quantitative development of epiphyton. Epiphyton abundance and biomass were higher on upper sections of most plants than on lower sections, likely because of canopy shading of macrophyte lower portions.

In conclusion, the differences in the species composition, numerical abundances and biomasses of epiphyton are determined by ecological and morphological characteristics of host macrophytes as substrata. Phytoepiphyton community which is formed on *E. canadensis* differs in structural characteristics from that on the indigenous macrophytes of Lake Baikal. Intensive development of *E. canadensis* may cause epiphyton species impoverishment.

This work was supported by RFBR grants № 08-04-98041 r_siberia_a, and "Biodiversity and Dynamics of Microalgae of Lake Baikal" № 23.12.

ECOLOGY OF PHOTOTROPHIC SULFUR BACTERIA RELATED WITH LIMNOLOGICAL CONDITIONS IN MEROMICTIC LAKES OF KHAKASSIA (RUSSIA)

Rogozin D.Y.*'**, Genova S.N.***, Zykov V.V.*'**, Chernetsky M.Y.* *Institute of Biophysics SD RAS, Akademgorodok 50, Krasnoyarsk 660036, Russia **Siberian Federal Universiy, 79, Svobodny av., Krasnoyarsk 660041, Russia ***Institute of Computational Modelling, Akademgorodok 50, Krasnoyarsk 660036, Russia rogozin@ibp.ru

Meromixis is a condition of persistent chemical stratification in lakes with incomplete mixing over the course of a year. It usually results in anoxia and the accumulation of sulphide in the monimolimnion (deeper water layers up to lake bottom) and reduced vertical mixing. Phototrophic anoxic bacteria may contribute substantially to total primary production in meromictic lakes. These bacteria use sulphide as electron-donors for anoxygenic photosynthesis. Dense accumulations of these bacteria can develop, if light reaches the deep sulphide-containing layers. Although blooms of anoxic photosynthetic bacteria are observed in the pelagial of many lakes and reservoirs, their ecological significance in these systems remains unclear. In vast Asian part of Russia there are only three meromictic lakes described in literature as meromictic. Two of them are Lake Shira and Lake Shunet (Khakassia, South Siberia).

The year-to-year variations of vertical distribution and biomass of purple sufur bacteria (PSB) and green sulfur bacteria (GSB) together with profiles of temperature, salinity, oxygen, sulphide and light were studied during 2002-2009 for all seasons including under-ice periods (Rogozin et al., 2005; Rogozin et al., 2009, 2010).

In Lake Shunet the pronounced gradient of salinity, relatively "shallow" chemocline position (5 meters depth) and high concentration of sulphide (up to 14 mM) were registered. The anomalously dense population of PSB was registered in chemocline of this lake. The PSB abundance reached 4×10⁸ cells ml⁻¹ which is a second value of the world (Rogozin et al., 2005). Only in Lake Mahoney (Canada) the PSB density was a higher (Overmann, 1997). Under the "purple layer" the GSB developed in high abundance. In Lake Shira the salinity gradient is weaker than in Lake Shunet and chemocline position is deeper. Therefore, biomass of PSB is

relatively low and GSB are almost absent from this lake. We showed that thickness of mixolimnion in Lake Shira varied from 11 to 16.7 m depending on a year. These variations were simulated by mathematical 1-D model of temperature and salinity conditions taking into account ice formation. The simulated profiles generally coincided with the measured ones. We showed that year-to-year variations of air temperatures and winds determine the mixing processes in Lake Shira and year-to-year variations of mixolimnion thickness (Rogozin et al., 2010).

Winter biomass of purple sulphur bacteria in the studied meromictic lakes may vary depending on amount of light penetrating into the chemocline through the snow cover and ice on a lake surface. The amount of light reaching deeper layers depends on snow-cover characteristics. The nature of snow cover can be remotely sensed by reflectance of the lake surface. Therefore, the under-ice light conditions can be roughly derived by monitoring of snow cover dynamics in studied lakes (Rogozin et al., 2009). In relatively less strongly stratified Shira Lake the vertical position of chemocline in winter can vary resulting in considerable changes in light conditions of chemocline. Hence, the under-ice light conditions of anoxic phototrophic bacteria depend on chemocline position. Due to increase in transparency of mixolimnion in winter, the combination of shallower chemocline with absence of snow results in higher light intensity in the chemocline of Shira Lake. Therefore, the biomass of purple sulphur bacteria in chemocline of Lake Shira may exceed the summer values under these conditions of phototrophic bacteria in chemocline during under-ice period can be simulated and predicted by model.

ЭКОЛОГИЯ ФОТОТРОФНЫХ СЕРНЫХ БАКТЕРИЙ И ЕЕ СВЯЗЬ С ЛИМНОЛОГИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ В МЕРОМИКТИЧЕСКИХ ОЗЕРАХ ХАКАСИИ (РОССИЯ) Рогозин Д.Ю.*,***, Генова С.Н.***, Зыков В.В.****, Чернецкий М.Ю.* *Институт биофизики СО РАН, Академгородок 50, Красноярск 660036, Россия **Сибирский Федеральный Университет, 79, пр. Свободный, Красноярск 660041, Россия ***Институт вычислительного моделирования СО РАН, Академгородок 50, Красноярск 660036, Россия

Меромиктическими называются озера, в которых водная толща не подвергается полной циркуляции в течение года из-за повышенной минерализации придонных слоев воды. В таких водоемах сезонной циркуляции подвергаются лишь верхние слои, так называемый миксолимнион. В нижних слоях образуется анаэробная зона (монимолимнион), в которой присутствует сероводород. Если солнечный свет достигает анаэробной зоны, то на границе раздела аэробной и анаэробной зон, в так называемом хемоклине) развиваются фототрофные серные бактерии, которые окисляют сероводород в процессе аноксигенного фотосинтеза.

Фототрофные серные бактерии являются важным компонентом экосистем меромиктических озер, своего рода «визитной карточкой» этих водоемов. В некоторых стратифицированных водоемах продукция этих организмов составляет существенную долю первичной продукции, однако роль этих бактерий в биотическом круговороте остается не до конца понятной. В Хакасии (Южная Сибирь) расположены два солоноватых меромиктических озера Шира и Шунет. В этих озерах в период с 2002 по 2009 нами изучались вертикальные распределения биомассы пурпурных серных бактерий (ПСБ) (*Chromatiaceae*) и зеленых серных бактерий (ЗСБ) (*Chlorobiaceae*), а также вертикальные профили температуры, солености, кислорода, сероводорода, освещенности во все сезоны, включая зимние подледные периоды (Рогозин и др., 2005; Rogozin et al., 2009, 2010).

В озере Шунет, характеризующемся резким градиентом солености, высокой концентрацией сероводорода в монимолимнионе (свыше 450 мг л⁻¹), и относительно неглубоким расположением хемоклина (5 м), выявлена аномально плотная популяция ПСБ в виде взвешенного «пурпурного слоя», формирующегося в интервале глубин порядка 4,9 – 5,10 м, и достигающего рекордных значений численности свыше 4×10⁸ кл мл⁻¹. Более плотная популяция ПСБ известна только в одном озере мира – оз. Махони (Канада) (Overmann et al., 1997). Под «пурпурным слоем» формируется плотная популяция ЗСБ. В озере Шира, характеризующемся менее устойчивыми градиентами солености и более глубоким расположением хемоклина, популяция ПСБ достигает значительно меньшей плотности, а ЗСБ почти отсутствуют.

Показано, что толщина миксолимниона, формирующегося в осеннее время в озере Шира, варьирует в разные годы от 11 до 16,7 м. Эти вариации были адекватно смоделированы нами с помощью одномерной математической модели, описывающей вертикальные профили солености и температуры воды озера в зависимости от температуры воздуха и ветрового перемешивания. Модельные расчеты показали, что глубина миксолимниона определяется в основном метеоусловиями, в частности, динамикой температур воздуха и силой ветров в период открытой воды (Rogozin et al., 2010). В зимнее время хемоклин в оз. Шира, как правило, совпадает с нижней границей миксолимниона. Следовательно, фототрофные серные бактерии, живущие в хемоклине, располагаются либо ближе к поверхности, либо дальше вглубь, в зависимости от глубины миксолимниона. В зависимости от глубины меняется освещенность, а значит и продукция фотосинтеза. В подледный период освещенность в водной толще сильно зависит от характера снегового покрова на поверхности льда, и при отсутствии снега она существенно выше, чем при сплошном снеговом покрове. В данном районе Хакасии зимы относительно малоснежны, в некоторые зимы снег на поверхности льда полностью отсутствует. Показано, что характер снегового покрова на поверхности льда оз. Шира может быть оценен дистанционно по коэффициенту отражения солнечной радиации, измеренному со спутника. Следовательно – возможен непрерывный мониторинг подледной освещенности в исследуемых водоемах (Rogozin et al., 2009).

В оз. Шира в зимнее время существенно повышается прозрачность водной толщи миксолимниона из-за снижения биомассы фитопланктона. Поэтому при отсутствии снега на льду до глубины 11-12 м доходит больше света, чем летом, когда свет поглощается фитопланктоном в верхних слоях. Таким образом, при сочетании «высокого» расположения хемоклина (11 м) и малоснежной зимы, в хемоклине создаются наиболее благоприятные условия для ПСБ, тем более что температура на этой глубине зимой и летом практически одинакова. Например, зимой 2007 г. биомасса ПСБ, превышала все известные летние значения для оз. Шира.

Нами показано, что зима не является «мертвым сезоном» в обоих озерах, и биомасса фототрофных серных бактерий в подледный период зависит от освещенности. В целом метеоусловия, определяя степень перемешивания оз. Шира, определяют световые условия существования ПСБ в зимнее время, и это может быть адекватно предсказано с помощью математической модели.

MICROBIAL COMMUNITIES FROM THE SEDIMENTS IN THE AREA OF SURFACE BEDDING OF GAS HYDRATES NEAT BOL'SHOYE GOLOUSTNOYE SETTLEMENT

Shubenkova O.V., Pavlova O.N, Lomakina A.V., Pogodaeva T.V., Zemskaya T.I.

Limnological Institute of RAS SB, 3, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk 664033, Russia

<u>Olya@lin.irk.ru</u>

This work was aimed to biogeochemical research of a new area of gas hydrates (GH) surface bedding ($\Gamma\Gamma$) (Khlystov et. al., 2007) situated not far from Bol'shoye Goloustnoye settl. (Southern Baikal). By geophysical and geochemical data, a cold seep characterized by discharge of waters with low mineralization is identified there.

In the zone of discharge of gas-bearing and low-mineralized fluids near B. Goloustnoye settl., fluctuations in the development of culturable aerobic and anaerobic microorganisms in the sediments are noticed during March-August period. Microbial communities structure practically did not vary during a short period (1 week) and considerably changed during open water period. The most important differences were noticed for the abundance of anaerobic hydrocarbon-oxidizing microorganisms (HCOM) which dominated in March and did not develop in June. Variations in microorganisms distribution and abundance in the sediments of GH area are due the most probably to a different intensity of the income of gas-bearing fluids resulting in changes of pore waters chemical composition. Compilation of HCOM abundance in the bottom sediments of a cold seep near Bol'shoye Goloustnoye settl. With one of the same microorganisms in the areas of natural oil ingresses of Lake Baikal has shown that the abundance of aerobic culturable HCOM in the bottom sediments of the first site is slightly lower than in the bottom sediments in the sites of B. Zelenovskaya R. inlet and Gorevoy Utyos Cape (Pavlova et al., 2008).

Research of microbial communities in the sediments associated with gas hydrates by method of analysis of nucleotide sequences of 16S rRNA gene has shown the presence of the following phyla: Proteobacteria (classes alpha -, beta -, delta -, gamma), Acidobacteria, Nitrospirae, Chlorobi, Bacteroidetes, Verrucomicrobia. The sequences of sulfate reducing bacteria manifested by 97% their similarity with culturable representatives of the genus *Desulfobacca*. Representatives of the following culturable species are identified with different similarity degree: *Chlorobi* (97%), *Xanthomonadales* (97%), *Bacteroidetes* (98%), *Sphingobacteriales* (96%), *Nitrospira* sp. (90%), *Gallionella* sp. (97%), *Cytophagales* (96%), *Holophaga foetida* (84%).

Using nutrition media with methane and method of limit dilutions, we determined the abundance of methanotrophic bacteria in the near-bottom water layer which was 10⁶ x cells/ml, it is comparable with the abundance of methanotrophs in the area of mud volcanoes Malen'ky and K-2 (Shubenkova, 2006).

Ultra-thin slices of methanotrophic bacteria of enrichment culture have shown the presence of intraplasmatic membranes characteristic for methanotrophs of II type, however, using method of analysis of nucleotide sequences of functional gene of methanotrophic bacteria *pmoA* in the microbial community of this area, we identified sequences which manifested a high similarity degree (97-98%) with culturable representatives of methanotrophic bacteria of the I and II types: *Methylobacter psychrophilus, Methylobacter tundripaludum, Methylobacter luteus, Methylotenera mobilis, Methylosinus* sp.

The Archaean component in hydrate-bearing sediments is represented by phylotypes belonging to the kingdoms Euryarchaeota and Crenarchaeota. All closest homologues of these sequences are non-culturable Archaea which are isolated from the sediments of deep-water hydrothermal vent in Pacific Ocean and from ones of a deep-water mud volcano in the Mediterranean Sea. It is interesting to notice that in the reduced sediments adjoining gas hydrates layer, representatives of hyper thermophillic Archaea of the order *Thermococcales* are found, they develop at the temperatures above +70 °C.

Hence, it is shown that the difference of concentrations of major ions in the discharge zones can provide income or efflux of nutrients at least in the first meters of the sedimentary bed and thus to influence the

development of microorganisms in that area. The microbial community there is very diverse, a high abundance of microorganisms participating in hydrocarbons destruction is noticed.

This work was supported by Integrative Project No 27, RAS Presidium Program No 20.9, RFBR grant No 08-05-00709.

МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА ОСАДКОВ В РАЙОНЕ ПРИПОВЕРХНОСТНОГО ЗАЛЕГАНИЯ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ У П. БОЛЬШОЕ ГОЛОУСТНОЕ

Шубенкова О.В., Павлова О.Н, Ломакина А.В., Погодаева Т.В., Земская Т.И.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Целью данной работы являлось проведение биогеохимического исследования нового района приповерхностного залегания газовых гидратов (ГГ) (Khlystov et. al., 2007), расположенного недалеко от п. Большое Голоустное (Южный Байкал). По геофизическим и геохимическим данным в данном районе идентифицирован холодный сип, характеризующийся разгрузкой вод с низкой минерализацией.

В зоне разгрузки газосодержащих и маломинерализованных флюидов в районе Б. Голоустное отмечены флуктуации в развитии культивируемых аэробных и анаэробных микроорганизмов в осадках за период март-август. Структура микробных сообществ практически не менялась за короткий период (1 неделя) и претерпевала существенные изменения в течение периода открытой воды. Наиболее различия отмечались для численности анаэробных углеводородокисляющих значимые микроорганизмов (УВОМ), которые преобладали в марте и не развивались в июне. Изменения в распределении и численности микроорганизмов в осадках ГГ района, скорее всего, вызваны различной интенсивностью поступления газосодержащих флюидов, приводящих к изменениям химического состава поровых вод. Сопоставление численности УВОМ в донных осадках холодного сипа у п. Большое Голоустное с численностью тех же самых микроорганизмов в районах естественных нефтепроявлений озера Байкал, показало, что численность аэробных культивируемых УВОМ в донных осадках первого района несколько ниже, чем в донных осадках районов устья реки Б. Зеленовская и м. Горевой Утес (Павлова и др., 2008).

Исследование микробного сообщества осадков, ассоциированных с газовыми гидратами, методом анализа нуклеотидных последовательностей гена 16S pPHK показало наличие следующих филумов: Proteobacteria (классы альфа -, бета -, дельта -, гамма), Acidobacteria, Nitrospirae, Chlorobi, Bacteroidetes, Verrucomicrobia. Последовательности сульфатредуцирующих бактерий на 97 % проявили сходство с культивируемыми представителями рода *Desulfobacca*. С разной степенью сходства выявлены представители культивируемых видов: *Chlorobi* (97%), *Xanthomonadales* (97%), *Bacteroidetes* (98%), *Sphingobacteriales* (96%), *Nitrospira* sp. (90%), *Gallionella* sp. (97%), *Cytophagales* (96%), *Holophaga foetida* (84%).

На питательных средах с метаном методом предельных разведений определена численность метанотрофных бактерий в придонном слое воды, которая составила 10⁶ х кл/мл, что сопоставимо с численностью метанотрофов в районе грязевых вулканов «Маленький» и «К-2» (Шубенкова, 2006).

Ультратонкие срезы метанотрофных бактерий накопительной культуры показали наличие внутрицитоплазматических мембран, характерных для метанотрофов II типа, однако методом анализа нуклеотидных последовательностей функционального гена метанотрофных бактерий *рто*А в микробном сообществе данного района идентифицированы последовательности, проявившие высокую степень сходства (97-98%) с культивируемыми представителями метанотрофных бактерий I и II типов: *Methylobacter psychrophilus, Methylobacter tundripaludum, Methylobacter luteus, Methylotenera mobilis, Methylosinus* sp.

Архейная компонента в гидратсодержащих осадках представлена филотипами, принадлежащими к царствам Euryarchaeota и Crenarchaeota. Все ближайшие гомологи данных последовательностей являются некультивируемыми археями, которые изолированы из осадков глубоководного гидротермального вента в Тихом океане и глубоководного грязевого вулкана в Средиземном море. Интересно отметить, что в восстановленных осадках, прилегающих к слою газовых гидратов обнаружены представители гипертермофильных архей порядка *Thermococcales*, развивающихся при температуре выше +70 °C.

Таким образом, показано, что разница концентраций основных ионов в зонах разгрузки может обеспечивать приток или отток питательных веществ, по крайней мере, в первых метрах осадочной толщи и таким образом влиять на развитие микроорганизмов в этой области. Микробное сообщество данного района весьма разнообразное, отмечена высокая численность микроорганизмов, участвующих в деструкции углеводородов.

Работа проведена при поддержке Интеграционного проекта № 27, Программы Президиума РАН № 20.9, РФФИ 08-05-00709.

BACTERIA OF THE FAMILY SPIROCHETACEAE IN THE CRYSTALLINE STALK OF PROSOBRANCHIAL MOLLUSK BENEDICTIA BAICALENSIS (GASTROPODA: HYDROBIOYDEA) LAKE BAIKAL ENDEMIC Sitnikova T. Ya., <u>Tulupova Yu.R.</u>, Khanaev I.V., Parfenova V.V. Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

<u>tulupova @lin.irk.ru</u>

The family Spirochaetaceae includes 8 genera, the representatives of 5 from them are symbionts of gastrointestinal tract of wood consuming cockroaches and termites (genera *Clevelandina, Diplocalyx, Hollandina, Pillotina*), numerous bivalves and some gasteropods (genus *Cristispira*). The presence of spirochaetae in the mollusks is due to the availability of a crystalline stalk as well as to nutrition of mollusks with fine vegetation, including nano- and net phytoplankton.

We stated the presence of bacteria of the family Spirochaetaceae in the crystalline stalk and in stomach content of endemic prosobranchial gasteropod mollusk of Lake Baikal *Benedictia baicalensis*. This mollusk consumes detritus and plants. The material studied was sampled during 2 years in different sites of Southern Baikal in different seasons. To find and count the spirochaetae in the isolated crystalline stalks, light microscopy was used. For more detailed studies of cells morphology – scanning and transmission electronic microscopy.

The results of studies with light microscopy and scanning electron microscopy showed that the bacteria found in the crystalline stalk and stomach content of *B. baicalensis* have a a spiral shape, negative staining by Gram and flagella situated in bipolar way. The cells length us from 13 to 25 mcm, the diameter is from 0.8 to 1.1 mcm. The bacterial spiral consists of 2-4 turns. The length of a spiral wave varies from 4.8 to 5.2 mcm, cells edges are rounded. Transmission electronic microscopy of ultrathin slices showed the presence of >100 flagella; an angle of a protoplasmatic cylinder formed by flagella is from 100° to 140° . The abundance of spirochaetae in the crystalline stalk varied from 6 to 50 cells per 100 mcm².

We have found no dependence in spirochaetae on seasons and mollusks habitats, as these bacteria were found during 2 years in different areas of the Southern Baikal and in different seasons. The occurrence of spirochaetae varied from 100 to 50%. It allows to suppose that the spirochaetae are not obligate inhabitants of the species *B. baicalensis*. The obtained data on morphology of these bacteria allow to relate them to the genus *Cristispira* but their length is less than one of unique known species of the genus *Cristispira* – *C. Pectinis* (from 13 to 25 mcm vs. 25–72 mcm).

Further it is planned to carry out a molecular biological study to reveal the phylogenetic position of Baikalian spirochaetae and their role in mollusks life.

This work is supported by SB RAS Integrative Project No 96 and RFBR grant No 10-05-011078.

БАКТЕРИИ СЕМЕЙСТВА SPIROCHETACEAE В КРИСТАЛЛИЧЕСКОМ СТЕБЕЛЬКЕ ПЕРЕДНЕЖАБЕРНОГО МОЛЛЮСКА *BENEDICTIA BAICALENSIS* (GASTROPODA: HYDROBIOYDEA) ЭНДЕМИКА ОЗЕРА БАЙКАЛ

Ситникова Т. Я., <u>Тулупова Ю. Р.</u>, Ханаев И. В., Парфенова В. В.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Семейство Spirochaetaceae включает в себя 8 родов, представители 5 из которых являются симбионтами желудочно-кишечного тракта поедающих древесину тараканов и термитов (рода *Clevelandina, Diplocalyx, Hollandina, Pillotina*), многих двустворчатых и некоторых брюхоногих моллюсков (род *Cristispira*). Присутствие спирохет у моллюсков связано с наличием у них кристаллического стебелька, а также питанием моллюсков мелкой растительной пищей, в том числе нано- и сетным фитопланктоном.

Констатировано нахождение бактерий семейства Spirochaetaceae в кристаллическом стебельке и желудочном содержимом эндемичного переднежаберного брюхоногого моллюска Байкала *Benedictia baicalensis*. Данный моллюск потребляет детрит и растительную пищу. Исследуемый материал был собран в течение двух лет в разных районах Южного Байкала в различные сезоны года. Для обнаружения и подсчета спирохет в извлеченных кристаллических стебельках использовали световую микроскопию. Для более детального изучения морфологии клеток – сканирующую и трансмиссионную электронную микроскопию.

Результаты исследования с помощью световой микроскопии и сканирующей электронной микроскопии показали, что бактерии, обнаруженные в кристаллическом стебельке и желудочном содержимом *B. baicalensis* имеют спиралевидную форму, отрицательную окраску по Граму и жгутики, расположенные биполярно. Длина клеток составляет от 13 до 25 мкм, диаметр – от 0,8 до 1,1 мкм. Спираль бактерии состоит из 2-4 витков. Длина спиральной волны колеблется от 4,8 до 5,2 мкм, края клеток закругленные. Трансмиссионная электронная микроскопия ультратонких срезов показала наличие более 100 жгутиков; угол протоплазматического цилиндра, образованный жгутиками, составляет от 100⁰ до 140⁰. Численность спирохет в кристаллическом стебельке варьировала от 6 до 50 клеток на 100 мкм².

Не обнаружено какой-либо зависимости в присутствии спирохет от сезонности и от места обитания моллюсков, так как данные бактерии обнаруживались в течение двух лет в разных районах Южного Байкала в разные сезоны года. Встречаемость спирохет варьировала от 100 до 50%. Это позволяет предполагать, что спирохеты не являются облигатными обитателями вида *B. baicalensis*. Полученные данные о морфологии данных бактерий позволяют отнести их к роду *Cristispira*, но их

длина меньше, чем у единственного известного вида рода *Cristispira – C. Pectinis* (от 13 до 25 мкм против 25–72 мкм).

В дальнейшем планируется провести молекулярно-биологическое исследование для выяснения филогенетического положения байкальских спирохет и выяснить их роль в жизнедеятельности моллюсков.

Работа выполнена при поддержке интеграционного проекта СО РАН № 96 и гранта РФФИ № 10-05-011078.

FORMATION OF ASSOCIATED MICROFLORA DURING ONTOGENY OF BAIKAL OMUL Sukhanova Ye.V., Dzyuba Ye.V., Denikina N.N., Bel'kova N.L.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

<u>sukhanova@lin.irk.ru</u>

Fishes intestinal microflora is an integral and necessary compound of their digestive tract playing an exceptionally important role in depolymerization and transformation of the food (Austin, 2002). Analysis of bacterial communities associated with mucosa of fish intestine showed that the microflora becomes formed already at larval stage of their development (Sakata, 1990; Strom, Olafsen, 1990; Ringo, Birkbeck, 1999). However, before leaving eggs the intestines of fish larvae is sterile, its primary colonization is influenced first of all by the microflora of egg surface (Verschuere et al., 2000). The microorganisms colonize the surface of fishes eggs during first hours after it incomes into water environment (Ringo et al., 1995; Hansen, Olafsen, 1999; Verner-Jeffreys et al., 2003). Due to this fact, study of microbial community associated with fishes eggs surface becomes of great importance as it play a significant role not only in formation of sustainable microflora of larvae digestive tract, but also in its consequent functional differentiation (Campbell, Buswell, 1983; Muroga et al., 1987; Hansen et al., 1992; Munro et al., 1994; Ringo et al., 1996; Austin, 2002; Bates et al., 2006). The work was aimed to study of genetic diversity of associated microflora at different stages of Baikal omul development.

We used as research material samples of fish eggs and water from incubators, larvae and different intestinal segments of underyearlings and of eugamic specimens of Baikal omul (*Coregonus migratorius*) of Posol'sk population from Bol'shaya Rechka fishery. Molecular genetic analysis was performed as described before (Bel'kova et al., 2009). Using group-specific polymerase chain reaction (PCR), we analyzed the presence of 11 different bacterial phylogenetic groups of different taxonomic level.

The results of molecular genetic studies allowed to follow the regularity of formation of intestinal microflora in Baikal omul. The spectrum of the tested prokaryote groups in fish eggs and in incubator water coincide. In fish eggs samples the representatives of the following genera are determined: Sphingomonas (alpha-proteobacteria), Aquabacterium, Deefgea, Rhodoferax, Paucibacter, Undibacterium (betaproteobacteria), Flavobacterium (phyla Cytophages/Flavobacteria) and sequences of non-culturable symbionts of phyla Bacteroidetes. The digestive tract of larvae at the stage of endogenous nutrition is colonized exceptionally of microorganisms belonging to the class of alpha-proteobacteria, among the representatives of which mainly typical symbiotic organisms are described. In underyearlings, the representatives of the following genera are determined: Comamonas (beta-proteobacteria), Enterobacter, Pseudomonas (gammaproteobacteria), as well as unculturable representatives of phyla Bacteroidetes. In the intestines of eugamic specimens, additional beta-proteobacteria and cytophags/flavobacteria are revealed, and the representatives of the following genera are determined: Comamonas, Dechloromonas (beta-proteobacteria), Enterobacter, Pseudoalteromonas, Pseudomonas, Salmonella and Stenotrophomonas (gamma-proteobacteria). Hence, the formation of microflora in fishes digestive tract is not influenced by semination of fishes eggs. The formation of mature microflora in the intestines starts when larvae begin external nutrition.

This work is done within RAS program No 26, sub-program 1, project 26.13.

СТАНОВЛЕНИЕ АССОЦИИРОВАННОЙ МИКРОФЛОРЫ В ОНТОГЕНЕЗЕ БАЙКАЛЬСКОГО ОМУЛЯ Суханова Е.В., Дзюба Е.В., Деникина Н.Н., Белькова Н.Л.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Кишечная микрофлора рыб является неотъемлемым и жизненно необходимым компонентом их пищеварительного тракта, которая играет исключительно важную роль в деполимеризации и трансформации пищи (Austin, 2002). Анализ сообществ бактерий, ассоциированных со слизистой оболочкой кишечника рыб, показал, что микрофлора становится сформированной уже на личиночной стадии их развития (Sakata, 1990; Strom, Olafsen, 1990; Ringo, Birkbeck, 1999). Однако кишечник личинок рыб до выхода из икринок стерилен, на его первичную колонизацию воздействует, прежде всего, микрофлора поверхности яйца (Verschuere et al., 2000). Микроорганизмы колонизируют поверхность икринок рыб в первые часы после того, как она попадает в водную среду (Ringo et al., 1995; Hansen, Olafsen, 1999; Verner-Jeffreys et al., 2003). В связи с этим, большое значение приобретает изучение микробного сообщества, ассоциированного с поверхностью яиц рыб, важная роль которого заключается не только в формировании устойчивой микрофлоры пищеварительного тракта личинок, но и в его последующей функциональной дифференциации (Campbell, Buswell, 1983; Muroga et al., 1987; Hansen et

al., 1992; Munro et al., 1994; Ringo et al., 1996; Austin, 2002; Bates et al., 2006). Целью работы стало исследование генетического разнообразия ассоциированной микрофлоры на разных стадиях развития байкальского омуля.

Материалом для исследований послужили пробы икры и воды из инкубатора, личинки и разные отделы кишечника сеголеток и половозрелых особей байкальского омуля (*Coregonus migratorius*) посольской популяции с Большереченского рыбоводного завода. Молекулярно-генетический анализ проводили, как было описано ранее (Белькова и др., 2009). С помощью групп-специфичной полимеразной цепной реакции (ПЦР) анализировали присутствие 11 различных филогенетических групп бактерий разного таксономического уровня.

Результаты молекулярно-генетических исследований позволили проследить закономерность формирования кишечной микрофлоры байкальского омуля. Спектр тестируемых групп прокариот на икре и в воде инкубатора совпадает. В пробах икры определены представители следующих родов: Sphingomonas (класс альфапротеобактерий), Aquabacterium, Deefgea, Rhodoferax, Paucibacter, Undibacterium (класс бетапротеобактерии), *Flavobacterium* (фила Цитофаги/Флавобактерии) последовательности некультивируемых симбионтов филогенетической линии Bacteroidetes. Желудочнокишечный тракт личинок на стадии эндогенного питания колонизован исключительно микроорганизмами класса альфапротеобактерий, среди представителей которых преимущественно описаны типичные симбиотические организмы. В сеголетках определены представители следующих родов: Comamonas (бетапротеобактерии), Enterobacter, Pseudomonas (гаммапротеобактерии), а также некультивируемые представители филогенетической линии Bacteroidetes. В кишечнике половозрелых особей дополнительно выявлены классы бетапротеобактерий и цитофагов/флавобактерий, а определены представители следующих родов Comamonas, Dechloromonas (бетапротеобактерии), Enterobacter, Pseudoalteromonas, Pseudomonas, Salmonella и Stenotrophomonas (гаммапротеобактерии). Таким образом, на становление микрофлоры кишечного тракта рыб обсеменение икры не влияет. Формирование зрелой микрофлоры кишечника начинается с переходом личинок на внешнее питание.

Работа выполнена в рамках программы РАН № 26, подпрограммы 1, проект 26.13.

EXPERIENCE IN CULTIVATION OF *MYCOPLASMA* FROM THE INTESTINE OF BLACK BAIKALIAN GRAYLING

Sukhanova Ye.V., Dzyuba Ye.V., Denikina N.N., Nikiforova T.I.*, Bel'kova N.L.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia *Irkutsk State Medical University, Center for Laboratory (ISMU CLD), Irkutsk, Russia sukhanova@lin.irk.ru

While studying intestinal microflora of fishes of the family Thymallidae from different habitats, a new genotype of *Mycoplasma* is determined, it forms in the group «hominis» a cluster with sequences obtained from the intestine of Antarctic fishes of the family Notothenidae and called "Baikalian" (Sukhanova et al., in press). The phylogenetic analysis showed that it differs surely from the sequences of type species of the group «hominis» and can be a new species of *Mycoplasma*.

The work is aimed to definition of the possibility of mycoplasma cultivation from the intestine of black Baikalian grayling at selective media for *Mycoplasma hominis*. The fragments of hindgut with its content were used for the analyses. For a quantitative estimation of Baikalian mycoplasma genotype we used a species-specific Real-Time polymerase chain reaction (PCR) on the base of the laboratory «DNA-Practice» (Irkutsk). Cultivation was performed in the Center for Laboratory Diagnosis of Irkutsk State Medical University using a test-system for finding out, identification and semi-quantitative estimation of cells content («Mycoplasma-50»), sensitivity to antibiotics (doxycycline, tetracycline, josamycin, midecamycin, ofloxacin, ciprofloxacin, pefloxacin, sparfloxacin, levofloxacin, moxifloxacin, lincomycin, clindamycin) was determined using a test system «Mycoplasma-ACh-12» (Pasteur Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Saint-Petersburg). The nutrient solution included in test systems «Mycoplasma-50» and «Mycoplasma–ACh-12» provides optimal conditions for the growth of *M. hominis* and suppresses the growth of protozoa, fungi, of majority of representatives of bacterial flora and of other mycoplasmas. The specificity of the medium used is due to the ability of *M. hominis* to hydrolyze the arginine up to ammonia, it allows to estimate the results of seeding visually by change of the color of pH-indicator.

By cultivation results, we obtained a specific change in color of selective medium only in one of three samples analyzed during first 24 hours of cultivation. A high rate of growth of the mycoplasmas from the rear part of the intestine of black Baikalian grayling and the ability to hydrolyze arginine suggest its active state. Semi-quantitative analysis showed that cells content in this sample is 10⁴ CFU/ml. Determination of sensitivity to antibiotics revealed the resistance of cultivated mycoplasma to all the antibiotics presented except doxycycline (tetracyclines group). The mechanism of antibacterial action of tetracyclines is based on suppression of microbial cell protein biosynthesis mechanism.

In species-specific PCR, we estimated total amount of mycoplasma cells in the hindgut of black Baikalian grayling. In the test with positive result by cultural diagnosis, we determined 4.8×10^{11} cells in 1 mkg of total DNA. In one of two negative tests 1.1×10^{11} cells/mkg are detected, it suggests on higher sensitivity and wide perspectives of PCR-diagnostics.

ОПЫТ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ *МҮСОРLASMA* ИЗ КИШЕЧНИКА ЧЕРНОГО БАЙКАЛЬСКОГО ХАРИУСА Суханова Е.В., Дзюба Е.В., Деникина Н.Н., Никифорова Т.И.*, Белькова Н.Л.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия *Иркутский Государственный Медицинский Университет, Центр лабораторной диагностики (ИГМУ ЦЛД), 1, ул. Красного Восстания, Иркутск 664003, Россия

При изучении кишечной микрофлоры рыб сем. Thymallidae из разных мест обитания определен новый генотип *Mycoplasma*, образующий в группе «hominis» кластер с последовательностями, полученными из кишечника антарктических рыб сем. Notothenidae и названный «байкальским» (Суханова и др., в печати). Филогенетический анализ показал, что он достоверно отличается от последовательностей типовых штаммов группы «hominis» и может являться новым видом *Mycoplasma*.

Цель работы – определение возможности культивирования микоплазм из кишечника черного байкальского хариуса на селективных питательных средах для Mycoplasma hominis. Материалом послужили свежесобранные фрагменты заднего отдела кишечника с содержимым. Для количественной оценки байкальского генотипа микоплазм использовали видоспецифичную полимеразную цепную реакцию (ПЦР) в режиме реального времени на базе лаборатории «ДНК-Практика» (г. Иркутск). Культивирование проводили в центре лабораторной диагностики Иркутского государственного медицинского университета, используя тест-системы для обнаружения, идентификации и полуколичественной оценки титра клеток («Микоплазма-50»), чувствительность к антибиотикам (доксициклин, тетрациклин, джозамицин, мидекамицин, офлоксацин, ципрофлоксацин, пефлоксацин, спарфлоксацин, левофлоксацин, моксифлоксацин, линкомицин, клиндамицин) определяли с помощью тест-системы «Микоплазма–АЧ-12» (ФГУН НИИЭМ им. Пастера, Санкт-Петербург). Питательная среда, которая входит в тест-системы «Микоплазма-50» и «Микоплазма-АЧ-12», обеспечивает оптимальные условия для роста *М. hominis* и подавляет рост простейших, грибов, большинства представителей бактериальной флоры и других микоплазм. Специфичность использованной среды обусловлена способностью *М. hominis* гидролизовать аргинин до аммиака, что позволяет проводить оценку результатов посева визуально по изменению цвета рН-индикатора.

По результатам культивирования получили специфическое изменение окраски селективной среды только в одном из трех проанализированных образцов в первые сутки культивирования. Высокая скорость роста микоплазм из заднего отдела кишечника черного байкальского хариуса и способность гидролизовать аргинин, свидетельствуют о ее активном состоянии. Полуколичественный анализ 10⁴ показал, что титр клеток этой пробе составляет КОЕ/мл. Определение в антибиотикочувствительности выявило резистентность культивированной микоплазмы ко всем представленным антибиотикам, кроме доксициклина (группа тетрациклинов). Механизм антибактериального действия тетрациклинов основан на подавлении ими биосинтеза белка микробной клетки.

В видоспецифичной ПЦР проведена оценка общего количества клеток микоплазм в заднем отделе кишечника черного байкальского хариуса. В пробе с положительным результатом по культуральной диагностике определено 4,8×10¹¹ клеток в 1 мкг тотальной ДНК. В одной из двух отрицательных проб детектируется 1,1×10¹¹ кл./мкг, что свидетельствует о большей чувствительности и широких перспективах внедрения ПЦР-диагностики.

Работа выполнена в рамках программы РАН № 26, подпрограммы 1, проект 26.13.

STUDY OF THE ULTRASTRUCTURE OF SILICATED Fe-OXIDIZING BACTERIA Suslova M.Yu., Zakharova Yu.R., Sorokovikova Ye.G., Parfenova V.V. Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk 664033, Russia suslova @lin.irk.ru

The question on biological destruction of such minerals as silicates and silicon oxides is very complicated. Some microorganisms play an important role in the mobilization of these compounds in the environment. Detailed mechanisms of these processes are not known to the full degree. However, it is evident that these biodegradation processes have a basic importance in the biological cycle of silicon oxide.

To study cells morphology and character of depositions of silicon compound on the cell wall we performed an experiment with pure cultures of Fe-oxidizing bacteria. We selected 2 strains of Fe-oxidizing bacteria related to the genus *Bacillus*, strain BD12 (gram-positive bacilli of 2-3×0.5-1 mcm forming chains up to 30 cells covered with sheathes and forming spores during first 24 h) and a strain BD70 (single, seldom double bacilli 2×1 mcm forming spores at 3rd-4th day after cultivation) In this work we used sterile Baikal water with two silicon concentrations of 1mM and 5 mM, where sodium silicate served as a silicon source. The dynamics of bacterial growth was accounted by quantitative method of Vinogradsky-Brid (Yegorov, 1983) under an

epifluorescent microscope with DAPI staining (4',6-diamidine-2-phenylindol). This method showed that in the beginning of the experiment, the majority of cells in the sheaths covering the chains are alive, while after 96 h of the experiment the amount of cells died out in the sheaths increases.

Thanks to the analysis of ultrathin slices with transmission electronic microscopy (TEM) it is shown (Fig. 1) that cells from the strains BD12 and BD70 are able to precipitate the silica mainly onto the sheath surface. In the cases when the cells are covered with sheathes, it is completely silicificated and covered with loose silica deposits. After 6 h of the experiment, we noticed in both cultures mainly alive cells with loose silica deposits on the sheathes surface (Fig. 1a), there were single completely mineralized cells (Fig. 1B). After 24 h of the experiment, in BD12 culture, we observed mass of alive spore-forming cells, silica conglomerates which substituted died cells occurred more often than in the beginning of the experiment (Fig. 1B). A peculiarity of BD70 strain silicification can be bulk death of cells (alive cells were single) with complete substitution of their content with silica at 24th hour of the experiment (Fig. 1B). We did not reveal any species specific peculuarities in the silica deposits structure.

Thus, it is shown that during cultivation of Fe-oxidizing bacteria of the genus *Bacillus* sp. With sodium silicate, there occurs a rapid deposition of the silica onto the surface of cells and on the sheathes covering them with subsequent formation of conglomerates of cells and silicon of high density. According to growth dynamics, active process of their development occurs in a logarithmic phase, after that, due to silicification, the growth ability becomes slower, cells die. Dead cells are silicificated completely, their content is substituted by loose silica deposits which then form a layered mass without conserving the shape and ultrastructure of separate cells.

One can conclude that the used Fe-oxidizing bacteria are able to precipitate the silica on the surface structures of a cell with subsequent complete silicification being one of the stages of silicon cycle in Pre-Baikalian thermal springs ecosystem.

The work is done within the program «Biosphere origin and evolution » No 18.4 and supported by RFBR grant 10-05-01078 and «Domestic Science Promotion Foundation».

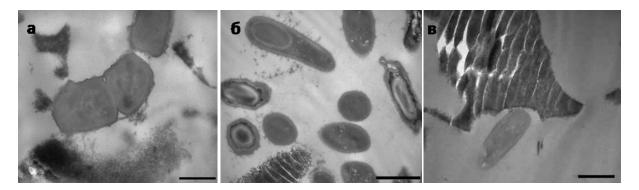


Fig. 1 Experiment for silicification of the strains of *Bacillus* sp. BD12 and БД70 with 1 mM sodium silicate. **a**, **б** – strain BD12 (6 h), **a** – formation of joining sheaths from amorphous siliceous structures, 1 mcm scale.; **b** – strain BD70 (24 h of cultivation), 0.5 mcm scale (Эксперимент по окремнению штаммов *Bacillus* sp. БД12 и БД70 с 1 mM силикатом натрия: **a**, **б** – штамм БД 12 (6 часов), **a** - образование соединительных чехлов из аморфных кремнистых структур, масштаб 1 мкм.; **b** - штамм БД70 (24 ч культивирования), масштаб 0,5 мкм).

ИССЛЕДОВАНИЕ УЛЬТРАСТРУКТУРЫ ОКРЕМНЕННЫХ Fe-ОКИСЛЯЮЩИХ БАКТЕРИЙ Суслова М.Ю., Захарова Ю.Р., Сороковикова Е.Г., Парфенова В.В.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Вопрос биологического разрушения таких минералов как силикаты и оксиды кремния очень сложный. И некоторые микроорганизмы играют важную роль в мобилизации данных соединений в природе. Детальные механизмы данных процессов до конца не известны. Однако очевидно, что эти процессы биодеградации имеют фундаментальную важность в биологическом цикле оксида кремния.

С целью изучения морфологии клеток и характера отложений на клеточной стенке соединения кремния поставили эксперимент с чистыми культурами Fe-окисляющих бактерий. В качестве объекта отобраны 2 штамма железоокисляющих бактерий, относящихся к роду Bacillus штамм БД12 (грамположительные палочки 2-3×0,5-1 мкм, образующие цепочки до 30 клеток, покрытые чехлами и образующие споры в течение первых суток) и штамм БД70 (одиночные, редко парные грамположительные палочки 2×1 мкм, образующие споры на третьи-четвёртые сутки культивирования). В данной работе была использована стерильная байкальская вода с двумя концентрациями кремния 1mM и 5 mM, где в качестве источника кремния был использован силикат натрия. Динамику роста методом Виноградского-Брида бактерий учитывали количественным (Егоров, 1983) под эпифлуоресцентным микроскопом с окраской ДАФИ (4',6-диамидино-2-фенилиндол). Данный метод показал, что в начале эксперимента большинство клеток в чехлах, покрывающих цепочки, живые, тогда как спустя 96 часов эксперимента количество отмерших клеток в чехлах увеличивается.

В результате анализа ультратонких срезов с помощью трансмиссионной электронной микроскопии (ТЭМ) показано (fig. 1), что клетки штаммов БД12 и БД70 способны к осаждению кремнезема преимущественно на поверхность чехла. В случаях, когда клетки покрыты чехлом, он полностью окремнен и покрыт рыхлыми отложениями кремнезема. Через 6 часов эксперимента в обеих культурах отмечали в основном живые клетки с рыхлыми отложениями кремнезема на поверхности чехлов (fig. 1a), единично встречались полностью минерализованные клетки (fig. 1б). Через 24 часа эксперимента в культуре БД12 в массе наблюдали живые спорообразующие клетки, конгломераты кремнезема, заместившего отмершие клетки, встречались чаще, чем в начале опыта (fig. 1в). Особенностью окремнения штамма БД70 можно считать массовое отмирание клеток (живые клетки встречались единично) с полным замещением их содержимого кремнеземом на 24 час эксперимента (fig. 1в). Видоспецифичных особенностей в структуре отложений кремнезема не выявлено.

Таким образом, показано, что в процессе культивирования Fe-окисляющих бактерий рода *Bacillus* sp. с силикатом натрия происходит быстрое осаждение кремнезема на поверхности клеток и чехлах, покрывающих клетки, с последующим формированием конгломератов из клеток и кремнезема высокой плотности. Судя по динамике роста активный процесс их развития происходит в логарифмической фазе, после чего вследствие окремнения способность к росту замедляется, клетки отмирают. Отмершие клетки бактерий окремняются полностью, их содержимое замещается рыхлыми отложениями кремнезема, которые затем сливаются в плотную слоистую массу без сохранения формы и ультраструктуры отдельных клеток.

Можно сделать вывод, что используемые Fe-окисляющие бактерии способны к осаждению кремнезёма на поверхностных структурах клетки с последующим окремнением их полностью, тем самым являясь одним из этапов круговорота кремния в экосистеме термальных источников Прибайкалья.

Работа выполнена в рамках Программы «Происхождения и эволюции биосферы» № 18.4, и при поддержке гранта РФФИ 10-05-01078 и «Фонда содействия отечественной науки».

DIVERSITY OF ALKALIPHILIC CYANOBACTERIA OF SOUTHERN TRANSBAIKALIA Tsyrenova D.D., Namsaraev B.B.

Institute of general and experimental biology SB RAS, 6, Sakhyanovoy str., Ula-Ude 670047, Russia baldanovaD@rambler.ru

The purpose of the present work is the study of species' diversity and ecophysiology of cyanobacteria of saline and soda-saline lakes of Southern Transbaikalia. Twelve lakes were studied from 2004 to 2009. 28 species of cyanobacteria were found in these lakes. Greatest quantity (11 species) was registered in lakes with salinity from 5 to 7 g/l (lakes Sulphatnoe, Verkhnee Beloe, Solenoe). The least quantity (2 species) was registered in brines of Babie, and Tsagan Nur. Genera *Leptolyngbya* (7 species) have been mostly widespread. Other genera were not numerous. 10 species were shown for the first time. These are *Leptolyngbya, Phormidium, Anabaena, Arthrospira, Chroococcus, Jaaginema, Pseudanabaena* and *Trichodesmium*.

Six monocultures of cyanobacteria were isolated from bottom sediments and microbial mats of lakes.

Cultures Cya 1 and Cya 2 were isolated from cyanobacterial mats of Sulphatnoe and Ekhe Torom. On the basis of the morphological characteristics cultures were identified as *Oscillatoria brevis* (Elenkin, 1949) or *Phormidium breve* (Komárek and Anagnostidis, 2007). On the basis of the analysis of sequences of a gene 16S rRNA cultures Cya 1 and Cya 2 were concerned to *Phormidium* sp. NIVA-CYA 202 (99.2 %). Optimal conditions of growth of these cultures were pH 9.5 and salinity 1-5 g/l. Range of growth of cultures to 100 g/l NaCl.

Culture Cya 4 was isolated from cyanobacterial mat of Sulphatnoe. On morphology culture was identified as *Phormidium frigidum* (Elenkin, 1949) or as *Pseudanabaena frigida* (Komárek and Anagnostidis, 1998).

Cultures Cya 5 and Cya 6 were isolated from a dry crust of Khilganta and lake Gorbunka silt. These were defined as *Anabaena sibirica* (Gollerbah, etc., 1953) or *Nodularia* sp. (Namsaraev Z.B., the unpublished data). Cultures were alkaliphilic (range of growth at pH 8.5-9.5, optimum at pH 9.5) and halotolerant (range of growth 0-100 g/l NaCl, optimum at 1-20 g/l) organisms. For the first time for *Nodularia* is shown development at concentration NaCl to 100 g/l. Known cultures in literature *Nodularia* are capable to develop at salinity not above the sea.

Culture Cya 10 was isolated from dry crust of Khilganta and was identified as *Phormidium* sp. (Komárek and Anagnostidis, 2007). On the basis of the phylogenetic analysis culture were carried to *Oscillatoria* cf. *laetevirens* Baja-Osc-1 (99.0 %) and *Phormidium* sp. UTCC 487 (98.9 %). Culture was considered in genera *Phormidium*, instead of *Oscillatoria* because the nomenclature of cyanobacteria is in a reconstruction stage. Culture Cya 10 was growing at salinity from 0 to 50 g/l, optimum at 5 g/l. Optimum pH was 8.5.

Thus, at studying of taxonomic structure of cyanobacteria lakes 28 species were founded. 10 from which are found out for the first time. Six monocultures of cyanobacteria were isolated from sample of the investigated lakes. The studied organisms were moderated alkaliphilias and have a wide range of development from 0 to 100 g/l NaCl.

Work is executed with support of grants of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation № PHII 2.1.1/2165, scientifically educational centre "Baikal", Presidium of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science № 38 and 95.

РАЗНООБРАЗИЕ АЛКАЛОФИЛЬНЫХ ЦИАНОБАКТЕРИЙ ЮЖНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ Цыренова Д.Д., Намсараев Б.Б.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, 6, ул. Сахьяновой,

Улан-Удэ 670047, Россия

Целью настоящей работы являлось изучение видового состава и экофизиологии цианобактерий солоноватых и содово-соленых озер Южного Забайкалья. Исследования были проведены в 12 озерах с 2004 по 2009 гг. Обнаружено 28 видов цианобактерий, наибольшее их количество (11 видов) зарегистрировано в озерах с минерализацией от 5 до 7 г/л (озера Сульфатное, Верхнее Белое, Соленое), наименьшее (по 2 вида) - в рассолах (озера Бабье и Цаган Нуур). Наиболее распространен род *Leptolyngbya* (7 видов). Другие роды были немногочисленны. Дополнительно, к ранее обнаруженным видам цианобактерий солоноватых и соленых озер Южного Забайкалья, нами было выявлено еще 10 видов, относящиеся к родам *Leptolyngbya*, *Phormidium, Anabaena, Arthrospira, Chroococcus, Jaaginema, Pseudanabaena* и *Trichodesmium*.

Из донных осадков и микробных матов исследованных озер было выделено шесть монокультур цианобактерий.

Культуры Суа 1 и Суа 2 были выделены из цианобактериальных матов озер Сульфатное и Ехэ Тором. По морфологическим характеристикам являлись идентичными *Oscillatoria brevis* (Еленкин, 1949) или *Phormidium breve* (Komárek & Anagnostidis, 2007). На основе анализа последовательностей гена 16S pPHK культуры Суа 1 и Суа 2 были отнесены к *Phormidium* sp. NIVA-CYA 202 (99,2%), что соответствует данным полученным с помощью микроскопии. Культуры имели оптимумы роста при pH 9.5 и минерализации 1-5 г/л, с диапазоном роста до 100 г/л, что соответствовало природным условиям мест обнаружения.

Культура Суа 4, выделенная из цианобактериального мата озера Сульфатное, по морфологии была идентифицирована как *Phormidium frigidum* (Еленкин, 1949) или как *Pseudanabaena frigida* (Komárek & Anagnostidis, 1998).

Культуры Суа 5 и Суа 6 были выделены из сухой корки озера Хилганта и ила озера Горбунка, соответственно и определены как *Anabaena sibirica* (Голлербах и др., 1953) или *Nodularia* sp. (Намсараев 3.Б., неопубликованные данные). Культуры проявили себя сходным образом как алкалофильные (диапазон развития при рН 8,5-9,5, оптимум при рН 9,5) и галотолерантные (диапазон роста 0-100 г/л NaCl, оптимум роста при 1-20 г/л) организмы. Показано развитие *Nodularia* при содержании NaCl в среде до 100 г/л, что является интересным, поскольку известные в литературе культуры *Nodularia* способны развиваться при соленостях не выше морской (Lehtimäki et al, 2000; Moffitt et al, 2001; Lura et al, 2005).

Культура Суа 10 была выделена из сухого мата озера Хилганта и была идентифицирована как *Phormidium* sp. (Komárek & Anagnostidis, 2007). В результате анализа последовательностей гена 16S pPHK выявлено, что наиболее близкими организмами к культуре Суа 10 оказались *Oscillatoria cf. laetevirens* Baja-Osc-1 (99,0%) и *Phormidium* sp. UTCC 487 (98,9%). Необходимо отметить, что номенклатура цианобактерий находится в стадии реконструкции в связи с проводимыми филогенетическими исследованиями. Поэтому культура Суа 10 предварительно рассматривается в составе рода *Phormidium*, а не *Oscillatoria*. Представляет также интерес, что *Phormidium* sp. UTCC 487 выделена из минерализованного водоема. Культура имела способность к росту при минерализации от 0 до 50 г/л с оптимумом при 5 г/л. Наибольший выход биомассы зафиксирован при pH 8,5, при pH 7,5 и 9,5 рост был замедленным.

Таким образом, при изучении таксономического состава цианобактерий исследуемых озер было обнаружено 28 видов цианобактерий, 10 из которых обнаружены впервые. Из проб исследованных озер выделено шесть монокультур цианобактерий. Все изученные культуры являлись умеренными алкалофилами, имеющими оптимум развития при рН 8.5-9.5 и способными развиваться при содержании NaCI до 100 г/л.

Работа выполнена при поддержке грантов Министерства образования и науки РФ № РНП 2.1.1/2165, Научно образовательного центра «Байкал», Президиума СО РАН № 38 и 95.

ТНЕ 16-th JOINT SEMINAR ON REGIONAL DEPOSITION PROCESSES IN THE ATMOSPHERE. 16-ый ОБЪЕДИНЕННЫЙ СЕМИНАР ПО ПРОБЛЕМАМ ИЗУЧЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОСАЖДЕНИЙ ИЗ АТМОСФЕРЫ

5. TRANSPORT OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC SUBSTANCES IN ATMOSPHERE AND ON THE INTERFACE WATER-AIR.ПЕРЕНОС ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРЕ И НА ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА ВОДА-ВОЗДУХ.

DISTRIBUTION OF NANOAEROSOL CONCENTRATION WITHIN THE ATMOSPHERIC BOUNDARY LAYER OVER LAKE BAIKAL

Arshinov M.Yu.*,**, Belan B.D.*, Paris J.-D.***, Ciais Ph.***, Nedelec Ph.****

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, 1, Academician Zuev square, Tomsk 634021, Russia

^{**}Tomsk State University; 36, Lenin avenue, Tomsk 634050, Russia

Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement,

CEA Saclay 91191 GIF SUR YVETTE Cedex, France

""Laboratoire d'Aérologie, UPS-CNRS; 14 avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France

michael@iao.ru

In-situ measurements within the atmospheric boundary layer over Lake Baikal were carried out in the framework of Russian State Contract "Study and development of the technique of operative air quality monitoring in the maritime cities and resorts" and International Project YAK-AEROSIB "Investigation of atmospheric pollution transport from Europe to Siberia".

In previous studies (Årshinov and Belan, 2004; Paris et al., 2009), we used airborne automated diffusion battery (ADB) to measure nanoparticle concentration in the free troposphere (FT) in two size ranges (3-70 nm and 70-200 nm), which was designed at I CK&C SB RAS (Ankilov et al., 2002). This ADB was modified in 2008 to measure particles in three size ranges of 3-6 nm, 6-21 nm, and 21-200 nm. This enabled to estimate new particle formation in the free troposphere more correctly due to particles of the first size range has minimal lifetime in the atmosphere. Another specific feature of airborne campaigns carried out in 2008 was that one of them was performed under the POLARCAT Programme in the framework of the International Polar Year by the following route: Novosibirsk-Salekhard-Khatanga-Chokurdakh-Pevek-Chokurdakh-Yakutsk-Mirny-Novosibirsk. Thus, we had a possibility to compare measurement results obtained in the high- and mid-latitude free troposphere with those over Lake Baikal. The flight pattern of campaigns is presented in Figure 1.

New particle formation (NPF) events occurred in the free troposphere were identified by similar criteria as Paris et al. (2009) used, but in present study we used ratios of particle concentration in the new size ranges: R1=N3-6/N6-21 μ R2=N3-21/N21-200. So, when the data satisfy the following criteria N3-6>10 cm-3, N3-6/N6-21>1 and N3-21/N21-200>0.5 simultaneously, the NPF is quite intensive. The data obtained during two intensive measurement campaigns showed that about 44% of them can be related to the new particle formation. At the same time, more favourable conditions are observed between 5 and 7 km (48%).

In spite of fair weather conditions observed during measurements carried out over Lake Baikal, no any significant event of NPF were revealed (Fig. 2). Concentrations of ultra-fine particles (d<20 nm) were even lower than ones observed in the mid-latitude FT or comparable with those typical for polar FT (see Table 1), and concentration of bigger particles (21-200 nm) was significantly higher than one of ultra-fine range. At the same time, when flying up to the lake from Bratsk city, new particle formation had been recorded at the heights of 4-5 km.

Analysis of the satellite images showed that stratus cloudiness was observed over Baikal region, but over the lake itself it was cloudless. This means that downward air motions occurred over a cold lake surface leading to the adiabatic heating and evaporation of cloud drops. Taking into account that processes of nucleation and following growth of critical embryos up the nanoparticle sizes is a continuous competition between the condensation and evaporation of aerosol precursors, downward motions can suppress gas-to-particle conversion.

The present work is funded by ANR grant BLAN06-1_137670, CNRS, CEA, the French Ministry of Research, the French Ministry of Foreign Affairs (YAK-AEROSIB project), the Norwegian Research Council as part of POLARCAT-Norway, RFBR grants 08-05-92499 and 09-05-10020, and Russian Government (State Contracts No 02.518.11.7153 and 02.515.11.5087).

Table 1. Mean and median number concentrations (cm-3) observed in the FT over high- (HL), mid-latitudes (ML), and within the boundary layer over Lake Baikal during campaigns 2008 (Средние и медианные значения концентраций наноаэрозолей (см⁻³)).

Region		Mean		Median			STD			
		N ₃₋₂₀₀	N ₃₋₆	N ₆₋₂₁	N ₃₋₂₀₀	N ₃₋₆	N ₆₋₂₁	N ₃₋₂₀₀	N ₃₋₆	N ₆₋₂₁
HL	3-5 км	237	77	42	212	35	42	161	148	23
	5-7 км	347	157	79	248	61	63	294	277	58
N 41	3-5 км	682	226	147	410	81	87	830	539	203
ML	5-7 км	855	307	225	598	152	148	838	490	227
Baikal 25.07.2008	0.6-1.0 км	765	77	95	529	55	60	462	73	95
Baikal 28.07.2008	0.6-0.8 км	1027	89	126	975	94	120	183	49	48

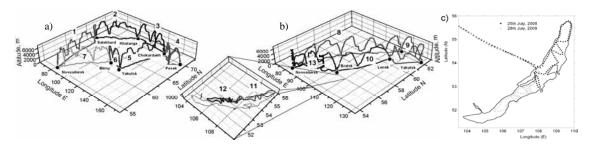


Fig.1. Flight pattern of airborne campaigns: a) YAK-AEROSIB/POLARCAT (7-12 July, 2008); b) YAK-AEROSIB (21-28 July, 2008); c) over Lake Baikal. Numbers denote the order of flights (Схема полетов: a) YAK-AEROSIB/POLARCAT (7-12 июля 2008); b) YAK-AEROSIB (21-28 июля 2008); c) над оз. Байкал. Номера обозначают последовательность полетов).

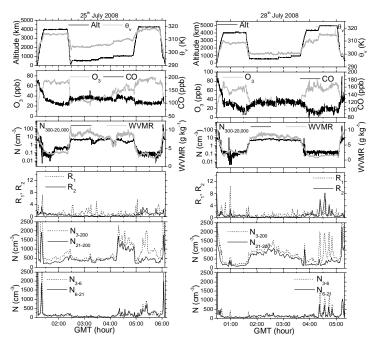


Fig. 2. Time series of measured altitude, virtual potential temperature (θv), particle number concentrations (N), CO and O3 mixing ratios, and water vapour mixing ratio (WVMR): 25 July 2008 (left) and 28 July 2008 (right) (Временной разрез высоты полета, виртуальной потенциальной температуры (θ_v), счетной концентрации частиц (N), концентрации CO и O₃, и отношения смеси водяного пара (WVMR): 25.07.2008(слева); 28.07.2008(справа)).

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НАНОАЭРОЗОЛЕЙ В ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ НАД ОЗ. БАЙКАЛ

Аршинов М.Ю.^{;,,}, Белан Б.Д.^{*}, Paris J.-D.^{***}, Ciais Ph.^{***}, Nedelec Ph.^{***}

Институт оптики атмосферы им. ак. В.Е.Зуева СО РАН, 1, пл. ак. Зуева, Томск 634021, Россия

[™]Томский государственный университет, 36, пр. Ленина, Томск 634050, Россия [™]Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, CEA Saclay 91191 GIF SUR YVETTE Cedex, France [™]Laboratoire d'Aérologie, UPS-CNRS; 14 avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France

Измерения концентрации наночастиц в пограничном слое атмосферы над оз. Байкал проводились в июле 2008 г. в рамках выполнения «Государственного контракта по исследованию и разработке технологии оперативного контроля качества воздуха в приморских городах и курортных зонах», а также международного проекта YAK-AEROSIB по исследованию переноса атмосферных примесей из Европы на территорию Сибири.

В предыдущих исследованиях (Аршинов и Белан, 2004; Paris et al., 2009) для проведения измерений концентрации наночастиц в свободной атмосфере мы использовали самолетный вариант автоматической диффузионной батареи (АДБ), разработанной в ИХКиГ СО РАН (Ankilov et al., 2002), который позволял определять концентрацию аэрозольных частиц в двух диапазонах размеров 3-70 нм и 70-200 нм. В 2008 г. АДБ была модернизирована для проведения измерений в трех диапазонах размеров: 3-6 нм, 6-21 нм и 21-200 нм. Это позволило провести более корректные оценки интенсивности образования наночастиц в верхней тропосфере, так как первый диапазон размеров наночастиц имеет наименьшее время жизни в атмосфере. Другой особенностью самолетных кампаний, проводившихся в 2008 году, было то, что один из полетов был осуществлен в рамках Программы POLARCAT по маршруту Новосибирск-Салехард-Хатанга-Чокурдах-Певек-Чокурдах-Якутск-Мирный-Новосибирск. Таким образом, образом представилась возможность сравненить результаты измерений, полученных в свободной атмосфере высоких и средних широт, с данными измерений над чистой акваторией Байкала. Схема полетов представлена на рисунке (Fig.1).

Оценка интенсивности процессов образования наночастиц в свободной атмосфере проводилась по методике схожей с изложенной в (Paris et al., 2009). Отличие лишь в том, что в данном исследовании использовали отношения концентраций частиц в новых диапазонах размеров: $R_1=N_{3-6}/N_{6-21}$ и $R_2=N_{3-21}/N_{21-200}$. Если данные одновременно удовлетворяют следующим критериям $N_{3-6}>10~{\rm cm}^{-3}$, $N_{3-6}/N_{6-21}>1$ и $N_{3-21}/N_{21-200}>0.5$, то процесс образования наночастиц можно считать интенсивным. В свободной атмосфере (3-7 км) этим критериям соответствует 44% данных, полученных в ходе двух кампаний 2008 года. В то же время, более благоприятные условия наблюдались на высотах между 5 и 7 км (48%).

Несмотря на благоприятные погодные условия, наблюдавшиеся во время проведения измерений над Байкалом, каких-либо значимых событий образования наночастиц in situ выявлено не было (Fig. 2). Так, концентрации частиц с диаметром менее 20 нм в пограничном слое атмосферы над озером были даже ниже наблюдавшихся в свободной атмосфере средних широт или сопоставимы со значениями, характерными для высоких широт (см. Table 1). Концентрация более крупных частиц (21-200 нм) была значительно выше концентрации частиц нуклеационного диапазона. При этом при подлете к озеру со стороны г. Братска, на высотах 4-5 км процессы новообразования наночастиц все же были зарегистрированы.

Анализ космических снимков показал, что во время полетов над байкальским регионом наблюдалась слоистая облачность, но при этом над самим озером ее не было. Это говорит в пользу того, что над холодной поверхностью возникали нисходящие воздушные потоки, приводя к адиабатическому нагреву и испарению облачных капель. Если учесть, что процесс нуклеации и последующий рост критических зародышей до размеров наночастиц есть непрерывная конкуренция между конденсацией и испарением паров аэрозолеобразующих соединений, то нисходящие потоки могут приводить к подавлению образования частиц по типу газ-частица.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы Президиума РАН № 16, грантов РФФИ 08-05-92499, 09-05-10020, проекта МНТЦ № 3032, Федерального агентства по науке и инновациям (Государственный контракт № 02.518.11.7153), Государственного контракта № 02.515.11.5087, Министерства науки Франции, Министерства иностранных дел Франции.

SPATIAL DISTRIBUTION OF ATMOSPHERIC COMPOUNDS OVER LAKE BAIKAL ACCORDING TO AIRBORNE SOUNDING IN JULY 2008

Arshinova V.G., Belan B.D, Simonenkov D.V., Rasskazchikova T.M., Fofonov A.V.

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, 1, Academician Zuev square, Tomsk 634021, Russia <u>bbd@iao.ru</u>

In summer 2008, in the framework of the program for investigation of air basin in Lake Baikal we performed two flights onboard aircraft-laboratory "Optic-E" of the Institute of Atmospheric Optics of SB RAS. The airborne measurement system included meteorological sensors, aerosol particles counter, and analyzers for O_3 , CO, CO_2 , SO₂, and NO_x (NO-NO₂).

Flights passed in different parts of the region under various weather conditions. On July, 25 we investigated the north part of Lake Baikal; the weather was sunny and weak-windy. On July, 28 we

investigated middle part of the lake (Central Baikal); but the weather was much more windy with storm waves on the water surface and cloudy in southward.

The boundary between the study regions was on longitude of the north-east edge of the Olkhon Island that really divides Lake Baikal on the north and the south parts. Thus, the measurement results should be considered as separate researches for two air basins under different weather conditions. Besides, all data were obtained for the layer between 500 – 1000 meters over the lake surface.

Both flights had the same scheme. Firstly, the plane was flying along the coast line and then multicrossed the lake on different altitudes and courses. We obtained the patterns of vertical and spatial distribution of the data under study.

In the first flight, when plane was approaching the Olkhon Island from north-eastward, overfalls for temperature, humidity, and a number of gas constituents (examplified by ozone, Fig. 1) were registered that are related to local air circulation. The second flight measurements displayed even distributions of each parameter under study above Central Baikal. This situation was caused by good vertical and horizontal air mixing within the after-storm air masses.

Thus, our airborne sounding revealed the peculiarities of distribution of air masses in the lake basin. In particular, it was confirmed that the mountain ranges of the Olkhon Island and St. Nose Peninsula substantially affect the air exchange between the south and the north parts of Lake Baikal.

This work is supported by the Program No. 16 of Presidium of RAS, Program No. 5 of the Branch of Geology, Geophysics, Geochemistry and Mining Sciences of RAS, Russian Foundation for Basic Researches (grant No. 08-05-92499), Ministry of Education and Science of Russian Federation (grants №№ 02.515.11.5087 and 02.518.11.7153).

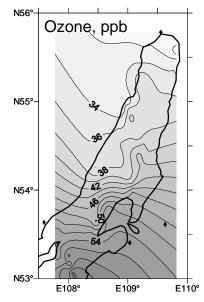


Fig.1 Spatial distribution of ozone over the north part Lake Baikal, data of airborne sounding July, 25, 2008 (Распределение озона над северной частью озера Байкал (25.07.2008г.))

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАЛЫХ ГАЗОВЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ АТМОСФЕРЫ НАД ОЗЕРОМ БАЙКАЛ ПО ДАННЫМ САМОЛЕТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В ИЮЛЕ 2008 ГОДА Аршинова В.Г., Белан Б.Д., Симоненков Д.В., Рассказчикова Т.М., <u>Фофонов А.В.</u>

Институт оптики атмосферы им. ак. В.Е.Зуева СО РАН, 1, пл. ак. Зуева,

Томск 634021, Россия

<u>bbd@iao.ru</u>

По программе исследования воздушного пространства над озером Байкал 25 и 28 июля 2008 г. было совершено два вылета самолета-лаборатории «Оптик–Э» Института оптики атмосферы СО РАН из аэропорта г.Братска. В составе бортового измерительного комплекса работали приборы измерителей аэрозоля и газов: О₃, CO, CO₂, SO₂, NO_X (NO-NO₂).

Полеты проходили над различными частями озера при разных погодных условиях.

25 июля при обследовании северной зоны Байкала была ясная маловетреная погода, обусловленная малоградиентным барическим полем у поверхности земли. Температурно–влажностный режим исследуемого региона в это время определяла умеренная воздушная масса.

28 июля в атмосфере над средней частью озера и южнее сохранялись штормовые последствия с высоким волнением на водной поверхности. Погодные условия определялись контрастной зоной, образованной антициклоном, расположенным юго-западнее Байкала, и циклоном, находящимся восточнее озера. В промежуток между полетами прошел холодный фронт, и режим температуры и влажности определялся арктической воздушной массой.

Граница между исследуемыми в полетах районами пролегла на меридиане северо-восточной оконечности острова Ольхон, который фактически разделяет Байкал на северную и южную части. Таким образом, результаты измерений следует рассматривать как отдельные исследования двух различных зон, проведенные в конкретных метеорологических условиях. Все полученные распределения величин характеризуют воздушный слой, располагающийся на высоте от 500 до 1000 метров над поверхностью озера.

Для полетов над Байкалом был разработан следующий план. Сначала в каждом из исследуемых районов проводили облет вдоль береговой линии озера и на некотором удалении от неё из-за превышения окружающего горного рельефа над высотой полета. Далее исследования продолжали пересечением акватории озера галсами под различными углами на разных высотах.

были результатам полетных измерений построены вертикальные профили и пространственные (плоскостные проекции) распределения исследуемых величин. Перепады значений температуры, влажности и концентраций некоторых газовых составляющих (например озона, Fig. 1), зарегистрированные в первом полете, вероятнее всего, связаны с местной циркуляцией воздуха, поскольку при наблюдавшихся синоптических условиях крупномасштабная циркуляция не оказывала существенного влияния на перенос воздуха над акваторией озера. Измерения во втором полете дали равномерные распределения исследуемых величин над средней частью Байкала, что было обусловлено хорошим вертикальным и горизонтальным перемешиванием в послештормовой воздушной массе.

Таким образом, результаты проведенных исследований выявили особенности распределения воздушных масс в котловине озера. В частности подтверждено, что гористые высоты о.Ольхон и п-ова Святой Нос вносят значительное влияние на воздушный обмен между северной и южной частями Байкала.

Работа выполнена при поддержке Президиума РАН (программа №16), Отделения Наук о Земле РАН (№5), гранта РФФИ № 08-05-92499, госконтрактов Роснауки № 02.518.11.7153 и № 02.515.11.5087.

SYNCHRONOUS MEASUREMENTS OF SURFACE OZONE NEAR THE "WATER-ATMOSPHERE" INTERFACE IN LAKE BAIKAL

Ayurzhanaev A.A., Zhamsueva G.S., Zayakhanov A.S., Tsydypov V.V.

Department of physical problems BSC SB RAS, 6, Sah'janova St., Ulan-Ude 670047, Russia Irf@pres.bscnet.ru, Imza@mail.ru

The report presents the results of measurements of the surface ozone concentrations and meteorological turbulent characteristics of the atmosphere near the "water-atmosphere" interface in Lake Baikal. Investigations were carried out simultaneously on the lake shore and 500 meters distance from the litoral zone at the scientific station "Boyarsky".

A considerable difference in the surface ozone concentrations at different sites of observations was established caused by the dynamic characteristics of the atmosphere. The analysis of O_3 concentrations and temperatures measured at two sites of observations has revealed that in the case of ground temperature inversion, the higher temperature difference the higher ozone concentration is observed. Stable stratification prevents the vertical exchange of substance, so in the evening and night-time the ozone concentrations on the shore, where the turbulent exchange is not developed, was lower compared to that at "Boyarsky" station.

The influence of the underlying surface and orographic features on the daily distribution of meteorological and turbulent parameters of the atmosphere was examined. It was found that in general, thermal stratification of the atmosphere in the site of observation is changing due to differences in the types of underlying surface and complex relief. So, the surface layer may be distinguished, which is characterized during inversions by the average wind speed and the coefficient of turbulence 2 m / s and 0.18 m² / s, respectively. At the same time, at the "Boyarsky" station, these values were 0.4 m / s and 0.28 m² / s. Thus, air flows in the surface layer are of a more laminar character than at the "Boyarsky" station despite the higher wind speed.

This work was supported by RFBR grant № 08-05-98007 and the Integration Project of SB RAS № 3.23.

СИНХРОННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА ВБЛИЗИ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА «ВОДА-АТМОСФЕРА» ОЗ. БАЙКАЛ

Аюржанаев А.А., Жамсуева Г.С., Заяханов А.С., Цыдыпов В.В.

Отдел физических проблем БНЦ СО РАН, 6, ул. Сахьяновой, г. Улан-Удэ 670047, Россия

В докладе представлены результаты измерения содержания приземного озона и метеорологических турбулентных характеристик атмосферы вблизи границы «вода-атмосфера» оз. Байкал. Исследования проводили синхронно на берегу оз. Байкал и на расстоянии 500 метров от литорали на научном стационаре «Боярский».

Обнаружено существенное различие концентрации приземного озона в разных местах наблюдений, обусловленное динамическими характеристиками атмосферы. Анализ разности концентраций О₃ и температур в двух точках выявил, что в период приземной инверсии при большей разности температур наблюдается большая разность концентраций озона. Устойчивая стратификация

препятствует вертикальному обмену субстанции, поэтому в вечернее и ночное время концентрация озона на берегу, где турбулентный обмен не развит, была ниже, чем на стационаре.

Представлен анализ влияния подстилающей поверхности и орографических особенностей на суточное распределение метеорологических и турбулентных параметров атмосферы. Установлено, что в целом термическая стратификация атмосферы в месте наблюдения носит изменчивый характер, обусловленный различием типов подстилающей поверхности и сложным рельефом. Так, можно выделить приводный слой, где скорость ветра и коэффициент турбулентности во время инверсий в среднем равны 2 м/с и 0,18 м²/с. При этом на стационаре эти значения составляли 0,4 м/с и 0,28 м²/с соответственно, т.е. воздушные потоки в приводном слое носят более ламинарный характер, чем на стационаре, несмотря на более высокую скорость ветра.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 08-05-98007 и интеграционного проекта СО РАН № 3.23.

ORGANIC MATTER IN SNOW COVER OF THE BAIKAL REGION Bashenkhaeva N.V.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

<u>nvb@lin.irk.ru</u>

The purpose of this study was to determine the concentration of organic matter (OM) in the snow water in the Baikal region and to evaluate its total accumulation (G) in snow cover during the winter (since November till March). Investigation was performed via determination of the chemical oxygen demand with the permanganate as the oxidizing agent (COD_{perm}), the method, which is widely used to examine the content of organic matter in fluvial waters (Skopintsev, 1950; Votintsev, 1961).

The results obtained (Table) show that the concentrations of C_{org} are high in snow cover of all the cities studied. Despite the significant scatter of values, the average C_{org} contents measured in the snow waters are close to each other in all the cities of the Baikal region. The exception is the city of Usolie-Sibirskoe, characterized by lower C_{org} concentrations in snow water and C_{org} accumulation in the snow cover compared to the other cities. The most polluted snow cover was found in the cities of Shelekhov and Angarsk. Comparison of the data obtained in the filtered and unfiltered samples shows that the percentage of particulate OM in the snow water of the cities reaches 48-70% of the total OM content.

In the vicinity of Irkutsk, the snow cover is the most polluted towards the Irkutsk-Novogrudinino direction: OM in the snow water and the level of OM accumulation in the snow cover are higher compared to those recorded on the profiles Listvyanka-Irkutsk and Irkutsk-Bol'shoe Goloustnoe. However, the concentration of particulate OM is significantly lower in this place, since the main pollutants in this area come from the motor transport, supplying mainly dissolved forms of OM.

The OM concentration in snow water, as well as OM accumulation in snow cover depend on the water reserve and widely vary in different directions from Irkutsk. However, in all cases they are lower compared to those recorded in snow cover of the cities.

The lowest OM concentrations and minimum level of OM accumulation were observed in the south coast of Lake Baikal. In this area, the OM concentrations were 3-13 times lower compared to the industrial cities of the region. According to the C_{org} concentration in snow water, this area is close to the clean areas of the Altai, and it can be considered as the background territory of the Baikal region.

This work was partially supported by RFBR (projects 08-05-98058a and 08-08-00100).

Table. The content of C_{org} in snow water and the level of its accumulation in snow cover in the Baikal region in 2010. The range of values is shown in numerator, the average – in denominator (Содержание органического вещества в снеговой воде и уровень его накопления в снежном покрове Прибайкалья в 2010 г. В числителе разброс значений, в знаменателе – среднее).

Sampling site	Corg, mg/dm ³	G1, mg/m ²	Corg, mg/dm ³	G1, mg/m ²	G1/G2
	unfilte	red	filter		
Irkutsk city	2,50-10,89	<u>121-829</u>	1,46-4,89	64-227	<u>1-3</u> 2
	6,45	348	2,91	151	2
Shelekhov city	2,50-17,58	122-1053	0,6-6,86	57-358	<u>1-7</u> 3
	8,01	484	2,60	156	3
Usolie-Sibirskoe city	1,98-9,57	77-481	0,94-4,78	72-236	<u>1-4</u>
	4,37	285	2,18	148	2
Angarsk city	<u>1,46-30,37</u>	<u>105-1215</u>	<u>0,83-7,49</u>	<u>38-258</u>	<u>1-11</u>
	7,90	377	2,39	113	4
Direction Irkutsk-Listvyanka	<u>1,25-3,64</u>	<u>96-297</u>	<u>0,83-4,16</u>	<u>60-284</u>	<u>1-4</u> 2
	2,60	200	1,77	138	2
Southern coast of Lake Baikal	0,73-2,29	22-68	<u>0,62-1,3</u>	<u>12-56</u>	1-2
	1,35	38	1,0	29	1
Direction Irkutsk-Bol'shoe Goloustno	0,62-5,30	<u>45-399</u>	<u>0,52-2,70</u>	<u>38-205</u>	<u>1-4</u>
	2,70	180	1,25	83	2

Direction IrkutskNovogrudinino	n IrkutskNovogrudinino <u>2,60-4,99</u>		1,66-4,16	95-356	<u>1-2</u>
	3,54	280	2,60	204	1

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО В СНЕЖНОМ ПОКРОВЕ ПРИБАЙКАЛЬЯ Башенхаева Н.В.

Лимнологический институт СО РАН ,3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Целью данной работы было определение концентрации органического вещества (OB) в снеговой воде на территории Прибайкалья и оценка суммарного его накопления (G) в снежном покрове за зимний период (с ноября по март). Определение проводилось методом перманганатной окисляемости, широко используемого для оценки содержания OB в речных водах (Скопинцев, 1950, Вотинцев, 1961).

Полученные результаты (таблица) свидетельствуют, что в снежном покрове всех исследованных городов концентрации С_{орг} высокие. Несмотря на существенный разброс значений, средние значения в снеговой воде городов Прибайкалья близки между собой. Исключение представляют данные для г.Усолье-Сибирское, где концентрация С_{орг} и величина его накопления в снеге ниже по сравнению с остальными городами. Самый загрязненный снежный покров отмечен в гг. Шелехов и Ангарск.

Результаты определения в фильтрованных и нефильтрованных пробах показали, что доля взвешенных веществ в снеговой воде городов достигает 48-70% от содержания общего OB.

В окрестностях Иркутска в направлении Иркутск-Новогрудинино снежный покров наиболее загрязнен: уровень накопления ОВ в снежном покрове здесь выше, чем на профилях Иркутск-Листвянка и Иркутск-Большое Голоустное. Однако концентрация взвешенных форм ОВ существенно ниже, поскольку основным загрязнителем в этом районе является автотранспорт, поставляющий преимущественно растворенные формы OB.

Концентрация ОВ в снеговой воде, а также величина его накопления, зависящая от влагозапаса, колеблются в широких пределах в разных направлениях от г. Иркутска, но во всех случаях они ниже, чем в снежном покрове городов.

Наименьшие концентрации ОВ и минимальный уровень его накопления отмечены на участке южного побережья Байкала. Концентрация ОВ здесь в 3-13 раз ниже, чем в промышленных городах области. По величине С_{орг} в снеговой воде этот район близок к чистым районам Алтая, и его можно считать фоновым для территории Прибайкалья.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проекты 08-05-98058а и 08-08-00100).

ATMOSPHERIC AEROSOLS OVER RIVERS OF CENTRAL RUSSIA Biryukov Yu.*, Zagaynov V.*, Agranovski I.*, Uvarova L.***, Kostin V.**, Kiselev D.M.**, Kazarova T.***, Krivenko I.***

^{*}Karpov Institute of Physical Chemistry, 10, Vorontsovo Pole, Moscow 105064, Russia ^{**}State Academy of Water Transport, 2, Novodanilovskaya, Moscow 117105, Russia ^{***}Moscow State Technjlogical University "STANKIN", 1, Vadkovskiy per., Moskow 127994, Россия zagaynov@cc.nifhi.ac.ru

The results of measurements of atmospheric aerosols along three rivers (Moscow river, Oka river and Volga river) of Central Russia are presented. Atmospheric particle size distribution and concentration were measured along the entire route by a Diffusion Aerosol Spectrometer (Zagaynov et al., 2006). Each measurement provided the information about total particle concentration, mean particle size, particle size distribution in nanosize spectrum and histogram of submicron aerosols. These measurements allowed acquiring comprehensive information on the aerosol generation and transport along the rivers of Central part of Russia. A very important interaction of aerosol sources of aquatic and terrestrial origins along with their transport and interaction with pollutants from industrial sources situated along the rivers were studied. To separate sources and obtain source specific information, a method of flicker noise spectroscopy (Timashev, 2006) was employed. This method enabled to extract specific information related to each particular source from large size data base obtained by monitoring exercise. The results are presented in Fig.1.

The graphs show that averaged particle concentration fluctuates at relatively low magnitudes with some distinctive bursts exceeding the background by orders of magnitude. It could be explained by the fact of capturing of exhaust gases from neighboring boats by our measuring system.

The main goal of this study was to evaluate effects of anthropogenic sources on the aerosol state in the atmosphere. To achieve these outcomes, we found a correlation between total and submicron size particle concentrations and distributions. The results will be presented at the Conference.

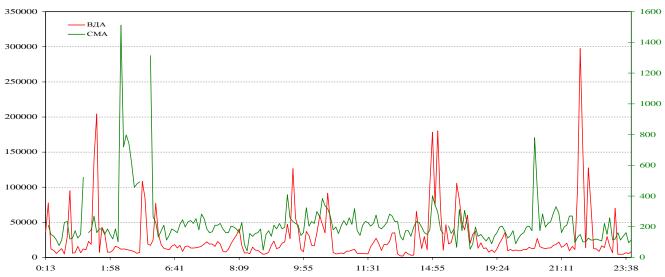


Fig.1. Evolution of total concentration (red line) and submicron size particles (green line) during one day: bottom scale – time, left scale - total concentration (per cm⁻³), right scale – submicron size concentration (per cm⁻³) (Эволюция общей концентрации частиц (красная линия) и концентрации частиц субмикронного размера (зеленая линия) в течение одного дня: по горизонтали - время, по вертикали слева - суммарная концентрация частиц (в см⁻³), справа - концентрация частиц субмикронного размера (в см⁻³)).

АТМОСФЕРНЫЕ АЭРОЗОЛИ НАД РЕКАМИ ЦЕТРАЛЬНОЙ РОССИИ Бирюков Ю.*, Загайнов В.*, Аграновский И.*, Уварова Л.***, Костин В.**, Киселев Д.М.**, Казарова Т.***, Кривенко И.***

Институт физической химии им. Карпова, 10, Воронцово поле, Москва 105064, Россия Государственная академия водного транспорта, 2, Новоданиловская, Москва 117105, Россия Косковский государственный технологический университет "Станкин", 1, Вадковский пер., Москва 127994, Россия

Представлены результаты измерений атмосферного аэрозоля вдоль трех рек (Мосвы реки, Оки, Волги) Центральной России. Были измерены концентрация атмосферного аэрозоля и его распределение по размерам частиц по всему маршруту с использованием Диффузионного Аэрозольного Спектрометра (Загайнов, 2006). Каждое измерение предоставило информацию о суммарной концентрации частиц, среднем размере частиц, распределении частиц по размерам в наноразмерных спектрах, гистограмму субмикронных аэрозолей. Эти измерения позволили получить полную информацию об образовании аэрозолей и их переносе над реками Центральной части России. Были исследовны очень важные взаимодействия между источниками аэрозолей водного и наземного происхождения, а также их переноса и взаимодействия с загрязняющими веществами, поступающими от промышленных источников, расположенных вдоль рек. Для того, чтобы выделить отдельные источники и получить конкретную информацию об источнике, использован метод спектроскопии мерцающих шумов (Timashev, 2006). Этот метод предназначен для извлечения информации, касающейся каждого конкретного источника, из большой базы данных, полученной в ходе мониторинга. Результаты представлены на рисунке (Fig. 1).

Из рисунка следует, что усредненная концентрация частиц меняется относительно мало с некоторыми отличительными импульсами, превышающими фон на несколько порядков величин. Это можно объяснить фактом захвата выхлопных газов от соседней лодки нашей измерительной системой.

Основная цель данного исследования заключалась в оценке воздействия антропогенных источников на состояние аэрозолей в атмосфере. Для достижения этих результатов мы выявили корреляцию между содержанием и распределением общего числа частиц и частиц субмикронной размерности. Результаты будут доложены на конференции.

EXTREMOPHILOUS COMMUNITIES AND CHEMISTRY OF THE ULTRAPURE ICE IN LAKE BAIKAL, SIBERIA

Bondarenko N.A, Belykh O.I., Golobokova L.P., Artemyeva O.V., Logacheva N.F., Tikhonova I.V., Terkina I.A., Kostornova T.Ya., Parfenova V.V., Khodzher T.V. Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia khodzher@lin.irk.ru

Freshwater ice organisms seem to be an overlooked research object so far, although marine communities from the Polar ices are well known (McRoy et al., 1972; Horner, 1976; Dunbar, 1979; Mel'nikov, 1989; Falk-Petersen et al., 2000; et al.). A community including bacteria, algae, flagellates, and ciliates was discovered in the

freshwater ice containing a larger amount of liquid phase in Alpine and Pyrenean lakes (Felip et al., 1995). Besides living biological assemblages trapped in the interstitial water between ice crystals, the ice-cover underside was overgrown by algae during the period of intensive consolidation and freshwater-ice melting, originally registered on Amur River (Yur'ev, Lebedev, 1988). Records of the freshwater-ice algae were made in the river Belaya and the lake Kandry-Kul (Shkundina, 1988) and also in St. Lawrence River (Frenette et al., 2008). A distribution of chlorophyll concentrations and photosynthetic activity coefficients of ice algae was studied in Kantatsky Water Reservoir and Lake Baikal (Zavoruev, 2000). A finding of cryophilic communities in the Baikalian ultrapure ice (Obolkina et al., 2000; Bondarenko et al., 2000, 2006; Timoshkin, 2001; Bordonsky et al., 2003) was a surprise to limnologists. Ice communities have been proven to be one of keystone elements in the Lake Baikal ecosystem.

The present work purposes to distinguish elucidating specific photo- and heterotrophic constituents of the Baikal icy assemblages and to assess their life-activity impact on the chemical composition of the ice. The studies were carried out during the 2007-2008 ice-cover period in the southern basin of Lake Baikal. Sampling sites were located in the vicinity of Beriozovy Cape 4 km far from its eastern coast. Ice core samples were obtained by drilling a large block of the ice appoximately 0.25 M^2 in square of the lake ice-cover. Under sterile laborotary conditions, the core was separated into segments 10-15 cm long cut off preliminaryly the external edges up to 10 cm in order to avoid external contamination. 8 cores in total were collected and analyzed.

Recent chemical and biological studies have offered new insights into the secrets of the Baikalian ice. Examination of the heterotrophic and phototrophic constituents of the ice communities showed that most conspicuous organisms inhabiting its freshwater ice-cover, as well as marine and river ice, were algae, at first, diatoms, and dinoflagellates. Planktonic and benthic algae have been found to be abounded in these ices and their species composition was consistent with several different mechanisms for incorporation of extremophiles into the ice. The spatial distribution of ice organisms was non-homogeneous. Their maximal amounts were observed in the cores collected near the lake coast. The quantitative composition of the ice inhabitants showed that the concentrations of bacteria, cyanobacteria, actinomycetes, and algae registered at the lake deep-waters were lower. The Baikalian icy inhabitants exhibited decreasing by more than an order of magnitude in silica, phosphorus, and nitrate concentrations during their life cycles. Destruction of ice organisms contributed to enhanced ammonium concentration and appearance of nitrites. Densely populated core-layers were characterized by changes in the water type referred to as hydrocarbonate, for sulfate or nitrate. Significant changes in the chemical composition of the ice along its layers where living organisms were abundant testified to high vital activity of extremophiles in Lake Baikal.

ЭКСТРЕМОФИЛЬНОЕ СООБЩЕСТВО И ХИМИЯ УЛЬТРАПРЕСНОГО ЛЬДА ОЗЕРА БАЙКАЛ Бондаренко Н.А., Белых О.И., Голобокова Л.П., Артемьева О.В., Логачева Н.Ф., Тихонова И.В., Теркина И.А., Косторнова Т.Я., Парфенова В.В., <u>Ходжер Т.В.</u>

Лимнологический институт СО РАН ,3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

До настоящего времени активных исследований пресноводных ледовых организмов не проводилось, но морские сообщества полярных льдов исследованы хорошо (McRoy et al., 1972; Horner, 1976; Dunbar, 1979; Mel'nikov, 1989; Falk-Petersen et al., 2000; et al.). В пресных льдах, где жидкая фаза занимает большой объем, как в снежном и ледовом покрове Альпийских и Пиренейских озёр, было обнаружено сообщество, включающее бактерии, водоросли, жгутиковые и инфузории (Felip et al., 1995). Кроме сообществ, развивающихся в межкристаллической ледовой воде, в период между интенсивным намерзанием и таянием пресного льда, его нижняя поверхность может обрастать водорослями, что впервые описано на р. Амур (Юрьев, Лебедев, 1988). Для пресных вод известны также работы по ледовым водорослям реки Белой и озера Кандры-Куль (Шкундина, 1988), реки Святой Лаврентий (Frenette et al., 2008), по исследованию распределения концентрации хлорофилла и коэффициента фотосинтетической активности ледовых водорослей Кантатского водохранилища и озера Байкал (Заворуев, 2004). Определенной неожиданностью для специалистов - лимнологов стало обнаружение в ледяном покрове ультрапресного озера Байкал криофильных сообществ (Оболкина и др., 2000; Тимошкин и др., 2000; Бордонский и др, 2003; Bondarenko et al., 2000, 2006). Эти исследования показали, что ледовые сообщества Байкала являются одним из ключевых моментов в жизни озера.

Целью настоящей работы являлось выяснение особенностей структуры фото- и гетеротрофной составляющей сообществ байкальского льда и оценка влияния их жизнедеятельности на его химический состав. Исследования проводили в 2007-2008 гг. в Южном Байкале. Станции отбора проб располагались в районе мыса Березового (в 50-ти и 290 м от берега) и в 4-х км от мыса по направлению к восточному берегу озера. Для предотвращения внешнего загрянения колонки льда вырезали большим пластом площадью около 0.25 м². В лаборатории в стерильных условиях керны разрезали послойно на образцы толщиной 10-15 см, предварительно сколов с внешних краев слои до 10 см льда. Проанализировано 8 кернов льда. Полученные в результате междисциплинарных исследований результаты показали, что в ультрапресном озерном покрове, также как в морских и речных льдах, доминируют водоросли, в первую очередь, диатомовые и динофитовые. Встречены как планктонные, так и бентосные организмы, что свидетельствует о разных механизмах включения экстремофилов в лед. Пространственное распределение организмов было неоднородным: максимальные количества

бактерий, цианобактерий, актиномицетов и водорослей зарегистрированы в кернах прибрежья. Их концентрации были ниже в глубоководной части озера. Ледовые обитатели оказывали значительное влияние на химический состав льда: в процессе жизнедеятельности они уменьшали, более чем на порядок, концентрации кремния, фосфора и нитратов. Разрушение ледовых организмов способствовало увеличению в толще льда концентраций аммония и появлению нитритов. В слоях кернов, где отмечались повышенные концентрации организмов, происходило изменение гидрокарбонатного класса ледовой воды на сульфатный или нитратный. Все эти изменения свидетельствовали о том, что, несмотря на низкие температуры, биологическая активность экстремофилов озера была высока.

QUANTIFICATION OF DRY AND WET DEPOSITIONS IN THE BAIKAL REGION Golobokova L.P., Netsvetaeva O.G., Khodzher T.V.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

<u>r431 @lin.irk.ru</u>

The intensity of deposition of chemicals on the earth's surface depends on meteorological conditions as well as physical and chemical properties of the underlying surface. It is extremely difficult to perform direct measurements of dry depositions, therefore they are very few in number. More often, there are data on the depositions coming with the atmospheric pprecipitations. In the Baikal region, dry depositions used to be measured on the water surface at some stations located in the coastal areas of Lake Baikal (Obolkin et al., 1990). More detailed studies were conducted at the monitoring stations of atmospheric depositions Mondy, Listvyanka, and Irkutsk (Russia) (Golobokova et al., 2007). However until now, there are not data on joint deposition of the substances with dry and wet atmospheric depositions to the underlying surface in the Baikal region. This work aims to assess the total deposition of substances from the atmosphere, including the deposition of acidic components in the Baikal region. The estimates are based on the long-term data on the ion composition of precipitations and soluble fraction of the atmospheric aerosols.

Data obtained at the monitoring stations of the Baikal region show the unevenness of deposition of substances on the underlying surface, even within the same region. The quality and quantity of deposited substances is affected, in addition, by the level of anthropogenic load experienced by the study area. The calculations show that during the years 2000-2009, on average 3.9 kg / ha of the total mass of ions has annualy precipitated with the soluble fraction of atmospheric aerosols in the Irkutsk region, varying from 2.4 kg / ha in 2006 to 6.7 kg / ha in 2001. At Listvyanka, this value was about 2.5 kg / ha, varying from 1.2 kg / ha in 2005 to 4.5 kg / ha in 2000. The lowest fluxes of soluble substances, on average 0.7 kg / ha per year, were registered in the background station Mondy.

The highest annual wet deposition of ions caused by their higher concentrations in the atmospheric precipitations, was recorded in Irkutsk: on average 41.7 kg / ha of ions. The highest flux of ions was registered in 2008 (50.1 kg / ha) and the lowest - in 2006 (29.4 kg / ha). At Listvyanka, the annual flux of ions is much lower, on average 19.1 kg / ha, with variation from 16.4 kg / ha (2006) to 26.2 kg / ha (2004). At Mondy, the deposition of ions is 5 times lower than in Irkutsk due to low concentrations of ions and small amounts of precipitations. The maximum was recorded in 2007 (12.9 kg / ha), the minimum - in 2008 (5.5 kg / ha).

In Irkutsk, the average annual deposition of sulphates with precipitations is 14.6 kg / ha; the maximum of 19.5 kg / ha was registered in 2008. At stations Listvyanka and Mondy, these values were 2 and 6 times lower, respectively. At stations Irkutsk and Listvyanka, the wet depositions of nitrates are close to each other (5.4 and 5 kg / ha), at Mondy station it is 3 times lower. In Irkutsk, the annual fluxes of ammonium ions with precipitations (2.8 kg / ha) are 2 and 3 times higher compared to those at stations Listvyanka and Mondy. Wet deposition of hydrogen ions is the highest in Listvyanka: on average of 0.07 kg / ha. In Irkutsk, this value is 1.5 times lower. The maximum deposition at these stations (0.09 kg / ha) was recorded in 2006 and 2008. At Mondy station, the deposition of hydrogen ions was only 0.01 kg / ha.

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА СУХИХ И ВЛАЖНЫХ ВЫПАДЕНИЙ В БАЙКАЛЬСКОМ РЕГИОНЕ Голобокова Л.П., Нецветаева О.Г., Ходжер Т.В.

Лимнологический институт СО РАН ,3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Интенсивность осаждений химических веществ на земную поверхность зависит от метеорологических условий, а также физических и химических свойств подстилающей поверхности. Прямые измерения сухих осаждений чрезвычайно сложны и поэтому крайне немногочисленны. Гораздо чаще приводятся данные по осаждениям, поступающим с атмосферными осадками. Ранее в Байкальском регионе измерения сухих выпадений были проведены для водной поверхности на ряде станций в прибрежных районах Байкала (Оболкин и др., 1990). Более детально такие исследования проведены на станциях мониторинга атмосферных выпадений (ст. Монды, п. Листвянка, г. Иркутск) (Голобокова и др., 2007). Однако до сих пор отсутствовали данные по совместному поступлению веществ на подстилающую поверхность с сухими и влажными атмосферными выпадениями в Байкальском регионе. Целью работы было оценить суммарное осаждение вещества из атмосферы, в том числе и осаждения кислотных компонентов, в Байкальском регионе. Основой таких оценок послужили многолетние данные по ионному составу атмосферных аэрозолей.

На примере станций мониторинга Байкальского региона можно судить о неравномерности выпадения веществ на поверхность даже в пределах одного региона. Существенное влияние на качество и количество осаждающихся веществ, кроме всего прочего, оказывает и степень антропогенной нагрузки, которую испытывает изучаемая территория. Как показали расчеты, в течение 2000-2009 гг. с растворимой фракцией атмосферных аэрозолей в районе г. Иркутска осаждалось в среднем 3,9 кг/га суммарной массы ионов в год, при размахе колебаний от 2,4 кг/га в 2006 г. до 6,7 кг/га в 2001 г. На ст. Листвянка эта величина была в пределах 2,5 кг/га, варьируя от 1,2 кг/га в 2005 г. до 4,5 кг/га в 2000 г. Наименьшие величины потоков растворимых веществ, в среднем 0,7 кг/га в год, зарегистрированы в районе фоновой ст. Монды.

Влажное выпадение ионов, благодаря их более высоким концентрациям в атмосферных осадках, максимально в Иркутске. Здесь в среднем за год осаждается 41,7 кг/га ионов. Наибольшее количество ионов выпало в 2008 г. (50,1 кг/га), наименьшее – в 2006 г. (29,4 кг/га). На ст. Листвянка потоки ионов существенно ниже, в среднем 19,1 кг/га, при разбросе от 16,4 кг/га (2006 г.) до 26,2 кг/га (2004 г.). На ст. Монды осаждение ионов в 5 раз меньше, чем на ст. Иркутск за счет низких концентрации ионов и небольшого количества осадков. Максимум отмечен в 2007 г. (12,9 кг/га), минимум – в 2008 г. (5,5 кг/га).

Среднее выпадение сульфатов с осадками в Иркутске составляет 14,6 кг/га при максимуме 19,5 кг/га (2008 г.). На станциях Листвянка и Монды это значение соответственно в 2 и 6 раз ниже. Величины влажного осаждения нитратов на станциях Иркутск и Листвянка близки между собой (5,4 и 5 кг/га), на ст. Монды оно в 3 раза меньше. Годовые потоки ионов аммония с осадками на ст. Иркутск (2,8 кг/га) в 2 и 3 раза превышают таковые на станциях Листвянка и Монды. Влажное выпадение ионов водорода наиболее высоко на ст. Листвянка: в среднем 0,07 кг/га. В Иркутске эта величина в 1,5 раза ниже. Максимум выпадения на этих станциях (0,09 кг/га) зафиксирован в 2006 и 2008 гг. На ст. Монды осаждение ионов водорода всего 0,01 кг/га.

ESTIMATION OF DRY DEPOSITION CONTRIBUTION TO ATMOSPHERIC ACIDIFIED COMPOUNDS FLUXES OVER SIBERIA, FAR EAST AND EUROPEAN PART OF RUSSIA

Gromov S.A.

Institute of Global Climate and Ecology, 20-b, Glebovskaya st., Moscow 107258, Russia Sergey.Gromov@igce.ru

Dealing with environmental problems related to a complex of phenomena under the common name "acid rain", requires a sufficiently reliable determination of acidifying compound deposition from the atmosphere to the underlying surface. One of the main issues is the availability of reliable long-term measurement data on sulfur and nitrogen compounds in air and precipitation at the regional level. The characteristic of observational networks in Russia associated with the monitoring of acid deposition are provided on: EANET (Acid Deposition Monitoring Network in East Asia, international), EMEP (European Monitoring and Evaluation Program of Transboundary Air Pollution, international), a PCC&A network (chemical composition and acidity of precipitation network, national), snow cover pollution monitoring network and IBMoN (Integrated Background Monitoring Network, national). Approaches used in these networks how to calculate wet and dry deposition of substances are reviewed as well as the ways to provide the necessary meteorological information. A progress on methodological support developed to calculate dry deposition and to conduct regular assessment of flows is evaluated among the mentioned monitoring networks. The calculating the flow of substances from the atmosphere is considered by the application of technique with the use of dry deposition velocities (inferential method) averaged for different weather conditions and seasons. The results of calculations for both types of flows from the atmosphere are presented for sulfur and nitrogen compounds as well as major cations at the EANET stations. The contribution of dry deposition fluxes was estimated to be about 44-50% of the total atmospheric loads of sulfur and nitrogen oxides over the southern regions of Siberia and Far East of Russia. A comparison was done of the values obtained from these calculations with the results published by other monitoring networks in Russia as well as presented in scientific publications. The inter-annual and seasonal variations of dry deposition fluxes were analyzed for sulfur and nitrogen compounds at the EANET stations for the period of 2000-2009. It is noted that over the Asian territory of Russia (ATR) there was no indicated reduction of the sulfur oxides concentrations in air and, consequently, of dry deposition fluxes intensity, in contrast to the results of EMEP measurements. However, the level of concentrations and deposition are conspicuously lower than over European territory of Russia (ETR). The pathways in the atmosphere for certain periods with the measured higher concentration data of sulfur and nitrogen oxides were analyzed through application of the NOAA trajectory model. The level of substances in air of study regions is demonstrated to be mainly determined by atmospheric transport from sources in Russia. Nevertheless, the existing monitoring network has no capability to assess the transboundary pollution transport to ATR with sufficient reliability as well as to evaluate spatial variations of regional air pollution. The proposals were presented on the development of EANET and IBMoN over ATR for 2011-2015.

ОЦЕНКА ВКЛАДА СУХОГО ОСАЖДЕНИЯ В ПОТОКИ КИСЛОТООБРАЗУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ИЗ АТМОСФЕРЫ В РАЙОНАХ СИБИРИ, ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА И ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Громов С.А.

Институт глобального климата и экологии, 20Б, ул. Глебовская, Москва 107258, Россия

Решение проблем окружающей среды, связанных с комплексом явлений под общим названием «кислотные дожди», требует достаточно надежного определения поступления количества кислотообразующих соединений из атмосферы на подстилающую поверхность. Одним из главных вопросов является обеспеченность данными надежных и долговременных измерений содержания соединений серы и азота в воздухе и осадках на региональном уровне. Дается характеристика сетей наблюдений на территории России, связанных с мониторингом кислотных выпадений: ЕАНЕТ (Сеть мониторинга кислотных выпадений в Восточной Азии, международная), ЕМЕП (Программа мониторинга и оценки трансграничного загрязнения воздуха в Европе, международная), сеть ХСОиК (химического состава осадков и кислотности, национальная), сеть мониторинга загрязнения снежного покрова и СКФМ (сеть комплексного фонового мониторинга, национальная). Рассматриваются подходы к расчетам влажного и сухого выпадения веществ, используемые на этих сетях, а также к обеспечению необходимой метеорологической информацией. Оценивается прогресс методического обеспечения расчетов сухого осаждения для сетей мониторинга и проведения регулярной оценки потоков. Рассматривается методика расчета потоков веществ из атмосферы с использованием скоростей сухого осаждения (inferential method), осредненных для разных метеорологических условий и сезонов. Приводятся результаты расчетов обоих видов потоков из атмосферы по данным станций ЕАНЕТ для соединений серы, азота и основных катионов. Оценено, что вклад потоков сухого осаждения может составлять для районов южной Сибири и Дальнего Востока России около 44-50% от общего количества выпадающих окислов серы и азота. Проведено сравнение полученных величин с расчетами, публикуемыми по результатам деятельности других сетей мониторинга России, а также представленными в научных публикациях. Проанализированы межгодовые и сезонные вариации потоков сухого осаждения соединений серы и азота на станциях ЕАНЕТ за период 2000-2009 гг. Отмечено, что на Азиатской территории России (АТР) не происходит уменьшение концентраций оксидов серы в воздухе и, соответственно, интенсивности сухих выпадений, в отличие от результатов измерений сети ЕМЕП. Однако уровень концентраций и выпадений здесь заметно ниже, чем на Европейской территории России (ЕТР). Для отдельных периодов, характеризующихся повышенными концентрациями оксидов серы и азота, проанализированы пути переноса в атмосфере с помощью траекторной модели NOAA. Показано, что уровень содержания веществ в воздухе исследуемых районов определяется в основном переносом от источников на территории России. Тем не менее, существующая сеть мониторинга не позволяет с достаточной надежностью оценить трансграничный перенос на АТР, а также пространственные изменения уровня регионального загрязнения атмосферы. Приведены предложения к развитию сети ЕАНЕТ и СКФМ на Азиатской территории России в 2011-2015 гг.

SPRING DYNAMICS OF THE CO₂ EXCHANGE IN LITTORAL ZONE OF LAKE BAIKAL Domysheva V.M., Sakirko M.V., Pestunov D.A. *, Panchenko M.V. *

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

* V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, 1, Academician Zuev square, Tomsk 634021, Russia <u>hydrochem @lin.irk.ru</u>, <u>pmv@iao.ru</u>

The spring period begins since the lake surface is clearing from the ice in May and proceeds until the middle of July. It coincides with the annual maximum of solar radiation, which results in fast warming of surface waters and intensive mixing of the water column. During this time, the species diversity of water plants and their quantitative characteristics increase (Pomazkina et al., 2010). Hence, in this period there are the greatest transformations in the gas excange of the carbon dioxide between the water surface and the atmosphere. The amplitude of the diurnal fluctuations in the CO_2 concentration in the water increases from May till July (Fig. 1).

The biota development and intensive process of photosynthesis leads to decrease of the mean concentration of carbon dioxide in the water. As a result, not only the value of CO_2 flux in the water, but also its direction in the "water – atmosphere" system are changing.

On the whole, it follows from the data obtained in May that the total average daily CO_2 flux is close to zero. It should be noted, that, under May conditions, at poorly pronounced amplitude of the diurnal CO_2 fluctuations, we could not correctly perform measurements using the ventilated chamber. Sporadic arrivals of the ice residues from the open part of the lake cause the decrease of pH values when the ice is melting and that results in increase of the carbon dioxide concentration in the water. The results of measurements performed using the closed chamber show that there is weak flux of carbon dioxide from the water surface into the atmosphere in middle May.

In June, considerable increase of the amplitude of diurnal fluctuations of CO_2 concentrations is observed. However, as the intensity of CO_2 emission from the water are comparable with the CO_2 sink from the atmosphere, the total daily flux is small. The mean sink measured in June 2007-2009 is 22 mg CO_2 m⁻²day⁻¹. The tendency of the amplitude of diurnal CO₂ fluctuations in the water and CO₂ sink from the atmosphere to increase, continues until August. In particular, the mean flux reaches 70 mg CO₂ m⁻² day⁻¹ by the middle of July. *The work was supported in part by Russian Foundation for Basic Researches (grant No. 08-05-00258) and Program of basic researches of Department of Earth Sciences RAS No. 10.1.*

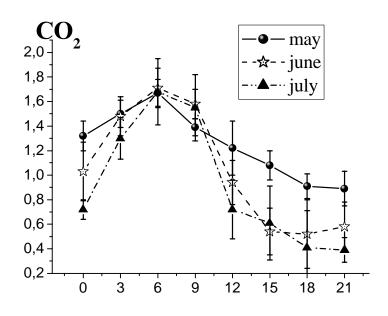


Fig. 1. Mean diurnal fluctuations of the concentration of carbon dioxide in the surface water in littoral zone of Lake Baikal (Среднесуточный ход концентрации углекислого газа в поверхностной воде в литорали озера Байкал).

ВЕСЕННЯЯ ДИНАМИКА ГАЗООБМЕНА СО₂ В ЛИТОРАЛИ ОЗЕРА БАЙКАЛ Домышева В.М., Сакирко М.В., Пестунов Д.А.*, Панченко М.В.*

Лимнологический институт СО РАН ,3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия * Институт оптики атмосферы им. ак. В.Е.Зуева СО РАН, 1, пл. ак. Зуева, Томск 634021, Россия

Весенний период начинается с момента освобождения поверхности озера ото льда в мае и продолжается вплоть до середины июля. Он совпадает со временем годового максимума солнечной радиации, благодаря чему осуществляются быстрый прогрев поверхностных вод и активное перемешивание по всей толще вод. В это время происходит увеличение видового разнообразия водорослей и их количественных показателей (Помазкина и др., 2010). Соответственно в этот период наблюдаются и наибольшие изменения в процессе газообмена углекислого газа водной поверхности с атмосферой. С мая по июль увеличивается амплитуда суточного хода концентрации CO₂ в воде (Fig. 1).

Развитие биоты и активный процесс фотосинтеза приводят к снижению средней концентрации углекислого газа в воде, что обуславливает изменение не только величины, но и направления потока CO₂ в системе «вода-атмосфера».

В целом из данных измерений, выполненных в мае, следует, что суммарный среднесуточный поток CO₂ близок к нулю. Следует отметить, что в это время, при слабо выраженной амплитуде суточного хода CO₂, не удается корректно провести измерения с помощью проветриваемой камеры. Спорадические приходы остатков льда из открытой части озера, приводят к снижению величины pH в моменты его таяния и, соответственно, к повышению концентрации углекислого газа в воде. Анализ результатов измерений с закрытой камерой показывает, что в середине мая наблюдается слабый поток углекислого газа с водной поверхности в атмосферу.

В июне наблюдается существенный рост амплитуды суточного хода CO₂. Однако, поскольку интенсивность выхода CO₂ из воды соизмерима со стоком CO₂, суммарный поток за сутки невелик. В 2007 – 2009 гг. средний сток в июне составил 22 мг CO₂ м⁻² сут⁻¹. Тенденция увеличения амплитуды суточного хода CO₂ в воде и усиления стока углекислого газа из атмосферы на водную поверхность продолжается вплоть до августа. В частности, к середине июля средний сток уже достигает величины 70 мг CO₂ м⁻² сут⁻¹.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 08-05-00258 и Программы фундаментальных исследований ОНЗ РАН № 10.1.

STUDY OF SIZE FRACTIONS OF THE ATMOSPHERIC AEROSOL NEAR THE MAJOR SOURCES OF ATMOSPHERIC POLLUTION IN THE IRKUTSK REGION

Filippova U.G., Golobokova L.P., Khodzher T.V., Chipanina E.V.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

<u>ulyana @lin.irk.ru</u>

Atmospheric aerosols significantly affect the quality of the environment, climate, chemistry and physics of the atmosphere. Therefore, in recent years, attention to the study of the atmospheric aerosols is growing steadily. Physico-chemical properties of the aerosols depend strongly on how chemical compounds are the distributed in the particles of different sizes. Aerosols in the atmosphere are presented in a wide range of sizes - from 10-3 - 10-4 to 102 microns.

In practice, so-called coarse and fine fractions of aerosols are considered. There are two recognized borders of separation of these fractions: 10 microns (PM10) – are used in ecology (particles <10 microns most of all deposite in the man respiratory tract); 2.5 microns (PM 2.5) - are important in studies of long-range transport of atmospheric pollutants (it is considered that particles smaller than 2.3 microns are transported hundreds and thousands of kilometers from the sources). Multi-stage impactors of different designs are using for a more detailed separation of aerosol into size fractions.

In this work, the fractional chemical composition of aerosols sampled in February and December 2009 in the atmosphere of the cities of Irkutsk and Shelekhov, which are major industrial centers in south-western part of the Irkutsk region are considered. In the city of Shelekhov, the sampler was placed at a distance of 500-1500 m from the main sources of air pollution – Irkutsk Aluminum Plant (IAP) and heat power plant (IHPP), in Irkutsk sampling was carried out in the city center.

Six-stages high volume aperture cascade impactor produced by «Tisch Environmental inc.» company, Model TE-236 was used to sample the atmospheric aerosols of different size fractions. Impactor TE-236 samples the following size fractions: > 10.2; 10.2-4.2; 4.2-2.1; 2.1-1.3; 1.3-0.69; 0.69 -0.39 microns. Deposition of particles on each stage was carried out on filters «Whatman 41". The slit size of the last 6th stage limits the amount of pumping by 566 liters per minute. The seventh group of particles characterized by diameter < 0.39 micrones is collected on a standard (8x10 inches) filter of high volume pump. Back trajectories of air masses were built using a HYSPLIT model (Hybrid Single - Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model).

The analysis of trajectories was performed for each occasion of aerosols sampling at the altitudes of 10, 50, and 100 m. Simulatneously, to monitor the meteorological conditions, the ring maps of weather were constructed (Digital Atmosphere) (Fig. 1).

In the samples collected, the chemistry of soluble fractions of aerosols of different sizes was studied. The concentrations of major ions Ca2+, Mg2+, K+, Na+, NH4+, HCO3-, Cl-, SO42-, and NO3- were measured by the method of ion chromatography using the ion chromatograph ICS-3000 (Dionex, USA). During sampling time, cold calm weather with little wind increasing to 2 m / s dominated with wind of north direction in Irkutsk and of south-east direction in Shelekhov (Fig. 1). The Siberian anticyclone with low air temperatures during a day (from -27 to -34 0C) and relative air humidity close to 100% was established above the region. Such conditions favoured to accumulation of inpurities in the atmosphere. Investigation of the aerosols chemistry showed that a significant share of ions (35-40%) is in the coarse fraction of aerosols (> 4.2 μ), indicating the local input of pollutants into the atmosphere (Fig. 2). Substantial share of ions (> 50%) is adsorbed on the fine (> 1.3 mm) particles. The direction of air masses movement indicate that their transfer in this period took place mainly above the study area (Fig. 1).

During sampling in February 2009, there was an increase of wind and humidity as well as atmospheric precipitations in the form of a snow storm. Since the earth's surface was covered with snow, strong winds did not favour raising of dust particles into the air. Snow storm was removing pollutants from the atmosphere. Investigation of the aerosol chemistry showed that the highest share of ions (> 50%) was sorbed in the fine aerosol particles of the size smaller than 0.39 microns (Fig. 2). In this period, the arctic air masses formed and transformed over the northern part of the Irkutsk region, entered the study area.

Thus, in winter mainly local sources contribute to accumulation of pollutants in the atmosphere of the cities of Irkutsk and Shelekhov.

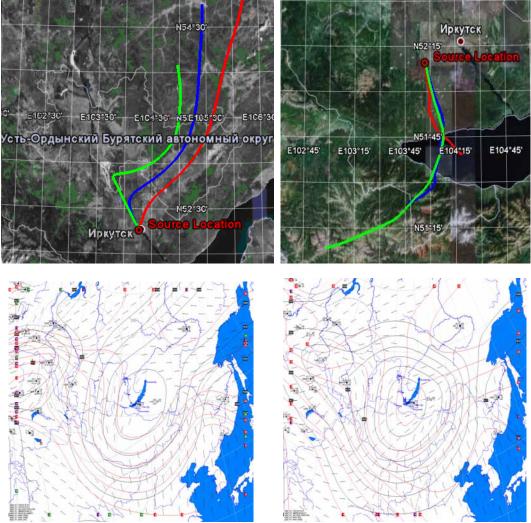


Fig. 1. Trajectories of air masses movement (top) and the ring weather maps (bottom): Irkutsk on the left, Shelekhov on the right (Траектории движения воздушных масс (вверху) и кольцевые карты погоды (внизу): слева Иркутск, справа Шелехов).

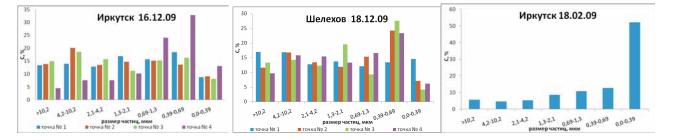


Fig. 2. Total amount of ions (%) in different size fractions of aerosols in the atmosphere of the cities Irkutsk and Shelekhov (Суммарное содержание ионов (%) в различных размерных фракциях аэрозолей в атмосфере гг. Иркутск и Шелехов).

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗМЕРНЫХ ФРАКЦИЙ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ ВБЛИЗИ ОСНОВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ Филиппова У.Г., Голобокова Л.П., Ходжер Т.В., Чипанина Е.В.

Лимнологический институт СО РАН ,3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Атмосферные аэрозоли существенно влияют на качество окружающей среды, климат, химию и физику атмосферы. Поэтому в последние годы внимание к изучению атмосферных аэрозолей неуклонно растет. Физико-химические свойства аэрозолей существенно зависят от того, как распределены химические соединения в частицах разных размеров. Аэрозоли представлены в атмосфере в широком диапазоне размеров от 10⁻³ - 10⁻⁴ до 10² мкм. На практике чаще всего рассматривают так называемые грубодисперсную и тонкодисперсную фракции аэрозолей. Общеприняты две границы разделения этих фракций: 10 мкм (РМ10) – используется в экологии (частицы <10 мкм более всего оседают в

дыхательном тракте человека); 2,5 мкм (PM 2,5) – важны в исследованиях дальнего переноса атмосферных примесей (считается, что на сотни и тысячи километров от источников переносятся частицы размером менее 2-3 мкм). Для более детального разделения аэрозолей на фракции используют многоступенчатые импакторы разных конструкций.

В данной работе рассмотрен фракционный химический состав аэрозолей, отобранных в феврале и декабре 2009 г. в атмосфере гг. Иркутск и Шелехов, являющихся крупными промышленными центрами в юго-западной части Иркутской области. В г. Шелехов пробоотборник устанавливали на расстоянии 500-1500 м от основных источников загрязнения атмосферы (Иркутский алюминиевый завод и ТЭЦ), в Иркутске отбор проб производили в центре города. Для отбора проб атмосферных аэрозолей разных размерных фракций использовали 6-ти ступенчатый высокообъемный шелевой каскадный импактор фирмы «Tisch Environmental inc.», модель TE-236. Импактор TE-236 отбирает следующие размерные фракции: >10,2; 10,2-4,2; 4,2-2,1; 2,1-1,3; 1,3-0,69; 0,69-0,39 мкм. Осаждение частиц на каждой ступени производилось на фильтры «Whatman 41». Размеры щелей последней 6-й ступени таковы, что они ограничивают объем прокачки 566 литрами в минуту. Последняя, седьмая группа частиц, диаметром <0,39 мкм, собирается на стандартном (8х10 дюймов) фильтре высокообъемного насоса. С использованием модели HYSPLIT (Hybrid Single - Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model) были построены обратные траектории движения воздушных масс. Анализ траекторий проводили для каждого случая отбора проб аэрозолей на высотах 10, 50 и 100 м. Параллельно для отслеживания метеорологической ситуации были построены кольцевые карты погоды (Digital Atmosphere) (рис. 1).

В отобранных пробах исследован химический состав растворимых фракций аэрозолей разных размеров, в которых методом ионной хроматографии на ионном хроматографе ICS-3000 (Dionex, CША) определены концентрации основных ионов Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ Na⁺ NH₄⁺ HCO₃, Cl⁻, SO₄²⁻ и NO₃.

В период отбора проб в регионе преобладала холодная штилевая погода с незначительным усилением ветра до 2 м/с, в г. Иркутске - с преобладанием ветра северного направления, в г. Шелехов юго-восточного направления (рис. 1). В декабре 2009 г. над регионом установился Сибирский антициклон с низкими температурами воздуха в течение суток (от -27 до -34 ⁰C), относительной влажностью воздуха, близкой к 100%. Это способствовало накоплению примесей в атмосфере. Исследование химического состава показало, что значительная доля ионов (35-40 %) находится в грубодисперсной фракции аэрозолей (> 4,2 мкм), что свидетельствует о локальном поступлении загрязняющих примесей в атмосферу (рис. 2). Еще большая доля ионов (> 50 %) сорбирована на частицах мелкодисперсной фракции (>1,3 мкм). Направление движения воздушных масс показывает, что их перенос происходил в этот период в основном над исследуемой территорией (рис.1).

В феврале 2009 г. в период отбора проб наблюдалось усиление ветра, повышение влажности и выпадение осадков в виде ливневого снега. Поскольку поверхность земли была покрыта снегом, усиление ветра не способствовало поднятию в воздух пылевидных частиц. Ливневый снег удалял из атмосферы загрязняющие ее примеси. Исследование химического состава показало, что наибольшая доля ионов (>50 %) была сорбирована в мелкодисперсной фракции аэрозолей размером менее 0,39 мкм (рис. 2). На исследуемую территорию в этот период поступали арктические воздушные массы, сформировавшиеся и трансформированные над северной частью области.

Таким образом, в зимний период в атмосфере гг. Иркутск и Шелехов накоплению загрязняющих примесей способствуют в основном локальные источники.

A STUDY ON THE METHOD OF DEVELOPING COUNTRY-SPECIFIC EMISSION FACTOR Jungwoo Lee, Seehyung Lee, & Eui-Chan Jeon*

Department of Earth and Environmental Sciences, Sejong University, Seoul 143-747, Korea ecjeon@sejong.ac.kr

Global warming is considered a worldwide problem, and countries around the world are establishing and executing national strategies to reduce greenhouse gases. We should precisely assess greenhouse gas emissions in order to lay out reduction policies. Accordingly, the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) published guidelines on the assessment of the national emissions, which includes the basic emission factor, default emission factors for emission assessment.

However, the IPCC recommends that each nation use country-specific emission factors for precise assessment of the national emissions since those factors reflect individual nation's specific conditions.

It is vital to devise country-specific emission factors since fuel characteristics, combustion and operation conditions, and technical elements have a wide-ranging influence Non-CO₂. However, Korea currently is borrowing the IPCC's default emission factors since there is not enough domestic research data in the country to assess greenhouse gas emissions.

Therefore, this research presented a development method of Non-CO₂ emission factors, and developed a country-specific emission factor for bituminous coal-fired power plants.

Figure 1 shows the development process of the Non-CO₂ emission factor used in this research. Dosing of Non-CO₂ concentration inside the flue gas was performed by gas chromatography (Model CP-3800, Varian, USA).

The FID and ECD were interlocked and used as detectors, and the FID was used to analyze CH_4 , and the ECD for N₂O. The caloric value analyzer (IKA-C2000, Germany), and element alanalyzer (Thermo Finnigan-Flash EA 1112, USA) were used in order to discover the characteristics of fuel used in this research.

The research result showed that the CH₄ emission factor of domestic bituminous coal-fired power plant was at 0.42 kg/TJ, which is 58% lower than the basic emission factor recommended by the IPCC. Moreover, the emission factor of N₂O stood at 0.76 kg/TJ, which is 45% lower than the basic emission factor recommended by the IPCC.

Volume Concentration	Gross Heating Value
Mass Concentration	Net Heating Value
Flow Rate	Fuel Consumption
Emissions	Heating Output
Non-CO2 Emission Factor	

Fig.1. Development process of the Non-CO₂ emission factors.

EFFECT OF CONTINENTAL EMISSIONS ON THE AEROSOL CHARACTERISTICS OVER SEA SURFACE Kozlov V.S.,* Kabanov D.M.*, Panchenko M.V.*, Pol'kin V.V.*, Sakerin S.M.*, Khodzher T.V.**, Golobokova L.P.**, Turchinovich Yu. S.*

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, 1, Academician Zuev square, Tomsk 634021, Russia Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

vkozlov@iao.ru, dkab@iao.ru, pmv@iao.ru, victor@iao.ru, sms@iao.ru, lg@lin.irk.ru, tus@iao.ru

Comprehensive investigations of the aerosol dynamics in transitional continent-sea zones affected by the sources of particles of different origin (marine salt aerosol, industrial and dust emissions, forest fire smokes, etc.) are of especial interest.

Expedition in the northern part of Caspian Sea (29-th cruise of research vessel RV "Rift") was carried out in November 2008, and expedition in Japan Sea (sailing training vessel STV "Nadezhda") on the route Vladivostok – Nagasaki – Yosu – Vladivostok was in April-May 2009. In parallel, in 2009 measurements were carried out in the coastal zone at the Ussurijsk astrophysical observatory, (village Gornotaezhnoe (GT), 80 km far from the sea). Aerosol optical depth (AOD) of the atmosphere, mass concentrations of the dry matter of submicron aerosol Ma (µg/m³) and Black Carbon (BC, soot) M_{BC} (µg/m³), number density Na (cm⁻³) and particle size distribution in the diameter range 0.3 – 10 µm were recorded in round-the-clock measurements. Also, air samples were collected on the aerosol filters for analysis of ion chemical composition of the particles.

Spring measurements in Japan Sea (STV) and Primorje (GT) have shown closeness of the mean total concentrations of aerosol and BC that is evidence of existence of the average aerosol regional background. Strong effect of forest fire smokes was observed at the beginning of near-ground measurements. Then near-ground and near-water aerosols underwent significant effect of continental emissions. Mean values of the concentrations were about $Ma = 17.5 \,\mu g \, \text{m}^{-3}$, $M_{BC} = 1.0 \,\mu g \, \text{m}^{-3}$, and $N_a = 22.0 \, \text{cm}^{-3}$. The volume distributions of submicron particles are in good agreement with the data for dust emissions to the water area of Caspian Sea from arid regions of Kazakhstan and Turkmenia. Mean values over Caspian Sea were $Ma = 17.6 \,\mu g \, \text{m}^{-3}$, $M_{BC} = 0.41 \,\mu g \, \text{m}^{-3}$, and $N_a = 15.7 \, \text{cm}^{-3}$. The aerosol mass concentration over Primorie, Japan and Caspian Seas was almost twice and the content of black carbon 1.5 times greater than over water area of White Sea. Aerosol concentrations in Primorie are comparable with the corresponding data obtained from the results of long-term measurements on the continent (Tomsk). However, the concentration of BC over Caspian Sea is twice less than in the region of Tomsk.

Results of photometric measurements of AOD have shown that in spring all transition continent-ocean zone covering the water area of Japan Sea is characterized by enhanced turbidity of the atmosphere caused by large amount of aerosol emitting from continental sources. The AOD values are characterized by approximately twice exceeding of aerosol turbidity in comparison with other (marine and continental) midlatitude regions. Enhanced atmospheric turbidity is observed in the whole wavelength range $0.3 - 2.14 \,\mu\text{m}$ because of higher content of finely and coarsely dispersed aerosol. Mean and maximum values of AOD of the atmosphere in the 0.5 μm range are as follows: 0.46 and more than 0.75 in Primorje, 0.35 and more than 0.5 over Japan Sea,

respectively. High AOD values are caused by continental aerosol emissions, the prevalent types of which (smoke, anthropogenic, dust) are different under specific conditions.

Analysis of near-ground aerosol in Primorje and near-water aerosol over Japan Sea has shown that up to 80% of the ion composition of aerosol in these regions is determined by continental sources. The data on ion composition of dust emissions are in good agreement with the results obtained at Caspian Sea as well as with the data of other researchers who study near-water aerosol at dust emissions from Asia.

Maximum ion concentrations of "continental origin" $SO_4^{2^-}$, NO_3^- , and NH_4^+ are observed over Japan Sea, ions of "marine origin" Cl⁻, Na⁺, and Mg²⁺ – over White Sea, and minimum concentrations are recorded near Antarctica.

The work was partly supported by Integration project of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences No. 75 and Project No. 20.1 of the Program of Basic Researches of Presidium of the Russian Academy of Sciences.

ВЛИЯНИЕ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ВЫНОСОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ АЭРОЗОЛЯ НАД МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Козлов В.С.*, Кабанов Д.М.*, Панченко М.В.*, Полькин В.В.*, Сакерин С.М.*, Ходжер Т.В.**, Голобокова Л.П.**, Турчинович Ю.С.*

^{*} Институт оптики атмосферы им. ак. В.Е.Зуева СО РАН, 1, пл. ак. Зуева, Томск 634021, Россия ^{**} Лимнологический институт СО РАН ,3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Особый интерес представляют комплексные исследования динамики аэрозоля в переходных зонах континент – море, подверженных влиянию источников частиц различной природы (морской солевой аэрозоль, промышленные или пылевые выносы, дымы лесных пожаров и др.).

В ноябре 2008 г. нами была проведена экспедиция в северной части Каспийского моря (29 рейс научно – исследовательского судна "Рифт"), а в апреле – мае 2009 г. - экспедиция на Японском море (парусное учебное судно "Надежда") по маршруту п. Владивосток – п.Нагасаки – п. Йосу – п. Владивосток, а также в прибрежной зоне в 80 км от моря на Уссурийской астрофизической обсерватории в п. Горнотаежное (ГТ), В ходе круглосуточных измерений регистрировали аэрозольную оптическую толщу атмосферы (АОТ), массовые коцентрации сухой основы субмикронного аэрозоля M_a (мкг/м³) и сажи M_{BC} (мкг/м³), счетную концентрацию N_a (см⁻³) и распределение частиц по размерам в диапазоне диаметров 0.3 - 10 мкм. Параллельно отбирали пробы воздуха на аэрозольные фильтры для анализа ионного химического состава вещества частиц.

Весенние измерения в Японском море («Рифт») и в Приморье (ГТ) показали близость средних значений концентраций аэрозоля и сажи, что свидетельствует о существовании среднего регионального фона для этих районов. В начальный период приземных измерений проявилось сильное влияние дымов лесных пожаров. На следующих стадиях приземный и приводный аэрозоль подвергались значительному воздействию выносов континентального аэрозоля. Средние значения концентраций составили около M_a = 17.5 мкг·м⁻³; M_c = 1.0 мкг·м⁻³; N_a = 22.0 см⁻³. Объемные распределения субмикронных частиц хорошо согласуются с данными для пылевых выносов на акваторию Каспийского моря из аридных районов Казахстана и Туркмении. На Каспийском море средние значения составили M_a = 17.6 мкг·м⁻³; M_c = 0.41 мкг·м⁻³; N_a = 15.7 см⁻³. В Приморье, на Японском и Каспийском морях массовая концентрация аэрозоля почти в 2 раза, а содержание сажи в 1.5 раза, выше, чем над акваторией Белого моря. Аэрозольные концентрации в Приморье сопоставимы с соответствующими данными многолетних измерений на континенте (г. Томск). Однако на Каспийском море концентрация сажи была в 2 раза ниже, чем в районе Томска.

Результаты фотометрических измерений АОТ показали, что вся переходная зона материк-океан, охватывающая акваторию Японского моря, в весенний период характеризуется высоким замутнением атмосферы, которое обусловлено большим содержанием аэрозоля, выносимого от континентальных источников. Значения АОТ отличаются примерно двукратным превышением аэрозольного замутнения в сравнении с другими (морскими и континентальными) районами умеренных широт. Повышенная мутность атмосферы проявляется во всем диапазоне спектра (0.3 – 2.14 мкм) за счет большего содержания мелко- и крупнодисперсного аэрозоля. Средние и максимальные значения АОТ атмосферы в области 0.5 мкм составили: в Приморье – 0.46 и более 0.75, в Японском море – 0.35 и более 0.5, соответственно. Высокие значения АОТ обусловлены выносами континентального аэрозоля, преобладающие типы которого (дымовой, антропогенный, пылевой) в конкретных ситуациях различаются.

Анализ приземного аэрозоля Приморья и приводного аэрозоля Японского моря показал, что ионный состав аэрозоля этих районов до 80 процентов определяется континентальными источниками. Полученные при этом данные по ионному составу пылевых выносов хорошо согласуются с результатами, полученными для Каспия, а также с данными исследователей, изучающих приводный аэрозоль при выносах пыли из Азии.

Максимальные концентрации ионов «континентального происхождения» SO₄²⁻, NO₃⁻, NH₄⁺ наблюдаются в Японском море, ионов «морского происхождения» Cl⁻, Na⁺, Mg²⁺ – в Белом море, а минимальные – вблизи Антарктиды.

Работа выполнена при поддержке Интеграционного проекта Сибирского Отделения Российской

Академии Наук № 75, и проекта № 20.1 Программы фундаментальных исследований Президиума Российской Академии Наук.

ON ULTRA-POLAR ARCTIC INTRUSIONS OF AIR MASSES DURING COLD AND WARM WINTERS AND GLACIAL REGIME OF LAKE BAIKAL

Kuimova L.N.*, Sherstyankin P.P.*, Yakimova N.I.**

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

Irkutsk Interregional Territorial Department for Hydrometeorology and Environmental Monitoring,

76, Partizanskaya st., Irkutsk 664047, Russia

kuimova@lin.irk.ru

Climatic peculiarities of Baikalian territory are mainly determined by processes of general atmospheric circulation on the background of which influence of both local physical and geographical situation and big water mass of Lake Baikal is manifested. Along with domination of Western (zonal) air masses transport, climatic peculiarities of some cold winters are due to Northern and ultra-polar intrusions forming long low-temperature periods resulting in rapid formation of ice cover and in its maximal thicknesses reaching during cold winters 110-150.

As an example, let us consider a synoptic situation during the anomalously cold winter of 2000- 2001, when dominating air masses flows were incoming from Arctic area. Main "cold providers" during winter months were ultra-polar intrusions with air temperature -32÷ -43°C at night and -26÷-35°C by day. There were also several North-Western intrusions and shifts of cold air masses of North-Eastern direction from Yakutiya area with small weakening of frosts from -41 to -33°C. Ice cover increased intensively and reached thickness from 110 cm in the southern part of the lake, 120 cm and more in the Central basin and up to 130 cm in Northern one.

During next, anomalously warm winter of 2001-2002, ice thickness was $50\div66$ cm along the whole lake from South to North, and mean monthly air temperatures for two winters, cold and warm ones, have absolute differences by all indicated areas and months. So, January temperatures of a cold winter are lower than ones in warm winter by -11.7-15.7°C, during of intensive ice formation in February, respectively, by -7-8°C, and in March - by – 4.0-4.8°C. The winter 2009-2010, by its temperature regime, is similar to considered cold one of 2000-2001, when ice cover stabilized early, by January 1-4, ice thickness reached 65 cm already by late January, maximal thickness was $100\div120$, in Barguzin Bay - 150-160 cm.

This work is supported by RFBR, grant No. 08-05-00395.

ОБ УЛЬТРАПОЛЯРНЫХ АРКТИЧЕСКИХ ВТОРЖЕНИЯХ ВОЗДУШНЫХ МАСС В ХОЛОДНЫЕ И ТЕПЛЫЕ ЗИМЫ И ЛЕДОВЫЙ РЕЖИМ ОЗЕРА БАЙКАЛ Куимова Л.Н., Шерстянкин П.П., Якимова Н.И.

^{*} Лимнологический институт СО РАН ,3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия ^{*} Иркутское межрегиональное территориальное Управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 76, ул. Партизанская, Иркутск 664047, Россия

Климатические особенности байкальской территории в основном определяются процессами общей циркуляции атмосферы, на фоне которой проявляется и влияния местных физико-географических условий и большой водной массы Байкала. Наряду с преобладанием западного (зонального) переноса воздушных масс, значимый вклад на климатические особенности отдельных холодных зим оказывают северные и ультраполярные вторжения, которые формируют длительные низкотемпературные периоды, способствующие быстрому формированию ледового покрова и его максимальных толщин, достигающих в холодные зимы 110-150 см.

Для примера рассмотрим синоптическую ситуацию в аномально холодную зиму 2000- 2001 гг., когда преобладающие потоки воздушных масс шли с районов Арктики. Основными "поставщиками холода" в зимние месяцы являлись ультраполярные вторжения с температурой воздуха -32-43°С ночью и -26-35°С днем. Также имел место ряд северо-западных вторжений и смещений холодных воздушных масс северо-восточного направления с районов Якутии с небольшим ослаблением морозов с -41 до - 33°С. Ледовый покров интенсивно нарастал и достиг толщин от 110 см на юге озера, 120 см и более в Средней и до 130 см в Северной котловине.

В следующую аномально теплую зиму 2001-2002 гг. толщины льда составили 50-66 см на протяжении всего озера с юга на север, а среднемесячные температуры воздуха двух зим, холодной и теплой, имеют абсолютные разности по всем приведенным пунктам и месяцам. Так, температуры января холодной зимы ниже таковых теплой зимы на -11.7-15.7°С, в период интенсивного роста льда в феврале соответственно на -7-8°С, а в марте на – 4.0-4.8°С.

Зима 2009-2010 гг. по температурному режиму аналогична рассматриваемой холодной 2000-2001 гг., когда ледовый покров установился в ранние сроки, 1-4.0I, толщина льда уже к концу января достигала 65 см, а максимальные толщины составили 100-120 см, а в Баргузинском заливе 150-160 см. *Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 08-05-00395.*

BIOGEOCHEMICAL BARRIERS (PLANKTON, PEAT, SAPROPEL) ON THE PATH OF FLOWS OF CHEMICAL ELEMENTS FROM ATMOSPHERE

Leonova G.A., Bobrov V.A., Preiss Yu. I.*

Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, 3, Ac. Koptyug Ave, Novosibirsk 630090, Russia * Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, 10/2 Academichaeler av. Tamel: 624055, Duesia

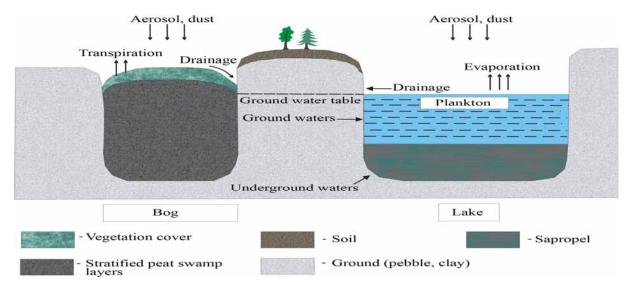
10/3, Academichesky av., Tomsk 634055, Russia

leonova@uiggm.nsc.ru

For upland bogs and internal-drainage lakes in the vast Siberia territory, atmospheric falls (dust, aerosol) represent one of the main sources for supplying mineral matter. Microelements in atmogenic dust and both gas and liquid phases of aerosol are settled upon biogeochemical barriers, that is, these are absorbed by living material in an «active layer» of peat swamps and plankton of small internal-drainage lakes, and farther are fixed in lower compacted horizons of peats and sapropels. Our work is intended to investigation of conjugated bog and lake systems (Fig.1) complementary to each other, which are of special interest of geologists.

The study of a microelement composition of organogenic formations (peat, sapropel) allowed us to give quantitative information on flows of chemical elements present in atmospheric falls on the earth's surface. (27 atmospheric flows of chemical elements (mkg/dmm²/year) in different years of the XX century have been estimated for monoliths of Bakcharsky (West Siberia) and Vydrinsky (East Siberia) bogs. Examination of mineral substance flows on the Bakcharsky bog reveals that the atmosphere of the XX century differs from that of the previous millennium by an order of magnitude in the ash content and increased (as compared to previous 19 centuries) flows of ecologically significant heavy metals, supply of which proceeded extremely irregularly during periods of a general air pollution in the XX century.

It has been established that in small internal-drainage lakes of Siberia, plankton at the «wateratmosphere» interface is enriched in the group of mobile (dissolved) chalcophile elements (Hg, Cd, Pb, Zn, As, Sb Se, and others). It is also noted that the upper horizons of sapropels enriched in the same elements were formed during last decades. We refer these elements to as high «sapropelphile» P, Br, Mn, As, Hg-rich (ash concentration factor, KK=28-15), and Zn, Cd, Cu, Pb, Ag, Sb «sapropelphile» (KK=7-3).Quantitative calculations of planctonogenic contribution of chemical elements into lacustrine sapropels have been performed, this contribution being most significant for P (95%), Br (83%), Zn (54%), and it is much lower for Pb, Sr, Ca, Cr и Cd (38-22%).



The work was financially supported by Russian Foundation for Basic research (grants No 04-05-65168 and 08-05-00392).

Fig. 1. Scheme of mineral delivery of upland bog and internal-drainage lake (Схема минерального питания верхового болота и бессточного озера).

БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ БАРЬЕРЫ (ПЛАНКТОН, ТОРФ, САПРОПЕЛЬ) НА ПУТИ ПОТОКОВ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ АТМОСФЕРЫ Леонова Г.А., Бобров В.А., Прейс Ю.И.*

Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, 3, пр-т ак. Коптюга, Новосибирск 630060, Россия Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 10 / 3, пр. Академический, Томск 634055, Россия

Для верховых болот и бессточных озер обширной территории Сибири атмосферные выпадения (пыль, аэрозоль) являются одним из основных источников поставки минерального вещества. Выпадающие в составе эоловой пыли, газовой и жидкой фазы аэрозоля микроэлементы задерживаются на

биогеохимических барьерах – поглощаются живым веществом «деятельного слоя» торфяников и планктоном малых бессточных озер и далее фиксируются в уплотненных нижних горизонтах торфов и сапропелей. Особый интерес представляют сопряженные между собой болотные и озерные системы (Fig. 1), взаимодополняющие друг друга, которые и стали предметом наших исследований.

Изучение микроэлементного состава стратифицированных органогенных образований (торфсапропель) позволило нам дать количественную информацию о потоках химических элементов на земную поверхность в составе атмосферных выпадений. Выполнен подсчет потоков из атмосферы 27 химических элементов (мкг/дм²/год) в различные года XX века по монолитам Бакчарского (Западная Сибирь и Выдринского (Восточная Сибирь) болот. При рассмотрении потоков минерального вещества на Бакчарское болото, выявлено, что атмосфера XX века отличается от предшествующего тысячелетия повысившейся на порядок зольностью и повысившимися (по сравнению с предыдущими 19 веками) потоками экологически значимых тяжелых металлов, поступление которых происходило крайне неравномерно в периоды общего техногенного загрязнения атмосферы в ХХ веке. Установлено, что в малых бессточных озерах Сибири на границе раздела «вода-атмосфера» происходит обогащение планктона группой подвижных (растворенных) халькофильных элементов (Hg, Cd, Pb, Zn, As, Sb Se и др.). Отмечается также обогащенность верхних горизонтов сапропелей, сформировавшихся за последние десятилетия, этими же элементами, названными нами высоко «сапропелефильными» - Р, Br, Mn, As, Hg (зольные коэффициенты концентрации КК=28-15) и «сапропелефильными» – Zn, Cd, Cu, Pb. Aq. Sb (КК=7-3). Проведены количественные расчеты планктоногенного вклада химических элементов в озерные сапропели, который наиболее высок для P (95%), Br (83%), Zn (54%), значительно ниже для Pb, Sr, Ca, Cr и Cd (38-22%).

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты № 04-05-65168 и 08-05-00392).

EXPERIMENTAL STUDY AND NUMERICAL SIMULATION OF WINTER PROPAGATION, TRANSFORMATION AND DEPOSITION OF SULFUR AND FLUORINE COMPOUNDS IN THE AREAS OF SHELEKHOV AND BRATSK CITIES Makukhin V.L., Yanchenko N.I.*

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia * Irkutsk State Technical University, 83, Lermontov st., Irkutsk 664074, Russia aerosol@lin.irk.ru, fduecn@istu.edu

Processes of propagation, transformation, and deposition of fluorine and sulfur compounds emitted in winter by the Bratsk (BrAP) and Irkutsk (IrkAP) aluminum plants were investigated using a numerical model.

At the first series of numerical experiments, the area of $60 \times 40 \text{ km}^2$ and a height of 2500 m above the surface of the Bratsk water reservoir has been chosen. Temporal and spatial (horizontal) steps were 5 min and 2 km, respectively. A step along the vertical axis was specified as follows: it was 50 m from the reservoir surface to 500 m height; 100 m to 700 m height, then 300, 500, and 1000 m. The intensity of hydrogen fluoride emission was specified to be 1.54 Ktons / year, of solid fluorides – 2.2 Ktons / year, SO₂ – 6.35 Ktons / year. The deposition rate of fluoride was assumed to be 0.3 cm/s, sulfates – 0.5 cm/s. The initial concentration of molecular nitrogen N2 was assumed to be 0.93 kg/m³, molecular oxygen O₂ – 0.297 kg/m³, water vapor H₂O – 2.23×10⁻⁴ kg/m³, molecular hydrogen H₂ - 10⁻⁷ kg/m³, ozone O₃ - 6×10⁻⁸ kg/m³, hydrogen peroxide H₂O₂ - 10⁻⁹ kg/m³.

The results of calculations showed that in the Bratsk region, under the often repeated in cold season the west air flow of 2 m / s velocity, the HF concentrations in vicinity of Chekanovsky settlement reach 15 mkg/m³, the concentrations of sulfur dioxide exceed 40 mkg/m³, sulfates - 3 mkg/m³. Concentrations of sulfates higher than 4 mkg/m³ are recorded near the source of sulfur dioxide and at a distance of about 23 km to the west of BrAP, on the slopes of hills at an altitude of 608 m.

Using the calculated concentration fields of fluorine and sulfur compounds, we estimated the intensity of their deposition on the underlying surface in the study region. Figure 1 shows the isolines of calculated average values of the intensity of fluoride deposition in the city of Bratsk in cold season. BrAP serves as the source of emissions. Due to predominant in this season westerly winds, the isolines of intensity of fluorides and sulfates deposition are stretched from the west to the east. The data obtained have the same order of magnitude as experimental estimates of the intensity of fluoride deposition of in the vicinity of BrAP.

The results obtained show that in the region affected by BrAP, in winter about 12% of the emitted fluorine settles on $60 \times 40 \text{ km}^2$ surface area. Approximately 1.2% of the totally emitted by BrAP fluorine settles on the snow surface of the Bratsk reservoir of 350 km² area.

Using a numerical model investigated the propagation, transformation, and deposition of fluorine and sulfur emitted by IrkAP located in the city of Shelekhov. The area of $55 \times 45 \text{ km}^2$ and a height of 2500 meters above the surface of the Irkutsk Reservoir and Lake Baikal was chosen. The calculations were performed with 1 km horizontal step. The intensity of hydrogen fluoride emission was 355 tons / year, of solid fluorides - 924 tons / year, sulfur dioxide - 1735 tons / year. Other parameters are the same as we used in previous calculations in the area of Bratsk.

When there is the south-west air flow of 2 m / s velocity, the admixtures carry along the Irkut River valley towards the city of Irkutsk. In Irkutsk in the vicinity of Akademgorodok, the HF concentration reaches 1.5

mkg/m³, sulfur dioxide concentration exceeds 5 mkg/m³, concentration of sulfates - 1 mkg/m³. The cumulative effect of sulphates on the windward slopes of hills, as it was in the Bratsk, was not observed.

Figure 2 shows the isolines of calculated average values of the intensity of fluoride and sulfate deposition in the region of Shelekhov during cold season. At this time, there predominate winds of the west and north-west directions, respectively, contours are elongated in this direction. The order of magnitude of calculated values is in good agreement with experimental estimates of the intensity of fluoride deposition in the vicinity of IrkAP.

The results obtained indicate that in cold season approximately 12 % of the fluorine emitted settles on the 55×45 км2 area in the region affected by IrkAP.

This work was supported by the Project 2.1.1/6468 of the Analytical departmental target program "Development of Scientific Potential of Higher Education 2009-2010" of Ministry of Education and Science.



Fig. 1. Isolines of the calculated density of the fluorine deposition in the region of BrAP, kg / (km² month) (Изолинии рассчитанной плотности осаждения F в районе БрАЗа, кг/(км²·месяц)).

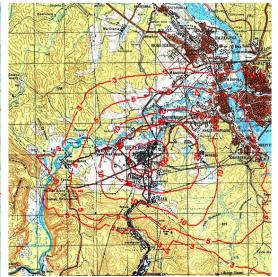


Fig. 2. Isolines of the calculated density of the fluorine deposition in the region of IrkAP, kg / (km² month) (Изолинии рассчитанной плотности осаждения F в районе ИркАЗа, кг/(км² месяц)).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ, ТРАНСФОРМАЦИИ И ОСАЖДЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ СЕРЫ И ФТОРА В РАЙОНАХ ГОРОДОВ ШЕЛЕХОВ И БРАТСК В ЗИМНИЙ ПЕРИОД Макухин В.Л., Янченко Н.И.^{*}

Лимнологический институт СО РАН ,3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия *Иркутский Государственный Технический Университет, 83, ул. Лермонтова, Иркутск 664074, Россия

В данной работе было выполнено исследование процессов распространения, трансформации и осаждения соединений фтора и серы, выбрасываемых зимой Братским (БрАЗ) и Иркутским (ИркАЗ) алюминиевыми заводами, с использованием численной модели.

При проведении первой серии численных экспериментов была выбрана область площадью 60×40 ${\rm Km}^2$ и высотой 2500 м над поверхностью Братского водохранилища. Шаги по времени и горизонтали составляли 5 мин и 2 км, соответственно. Шаг по вертикали задавался следующим образом: до высоты 500 м от поверхности водохранилища он равнялся 50 м, до высоты 700 м – 100 м, далее 300, 500 и 1000 м. Интенсивность выбросов фтористого водорода задавалась величиной 1,54 тыс. т/год, твёрдых фторидов – 2,2 тыс. т/год, SO₂ – 6,35 тыс. т/год. Скорость осаждения фторидов принималась равной 0,3 см/с, сульфатов – 0,5 см/с. Начальная концентрация молекулярного азота N₂ принималась равной 0,93 кг/м³, молекулярного кислорода O₂ - 0,297 кг/м³, водяного пара H₂O - 2,23×10⁻⁴ кг/м³, молекулярного водорода H₂ - 10⁻⁷ кг/м³, озона O₃ - 6×10⁻⁸ кг/м³, перекиси водорода H₂O₂ - 10⁻⁹ кг/м³.

Результаты расчётов показали, что при часто повторяющемся в холодный период года в районе Братска западном воздушном потоке скоростью 2 м/с в районе п. Чекановский концентрации НF достигают 15 мкг/м³, концентрации диоксида серы превышают 40 мкг/м³, сульфатов – 3 мкг/м³. Концентрации сульфатов, превышающие 4 мкг/м³, отмечены у источника выбросов диоксида серы и на расстоянии примерно 23 км к западу от БрАЗа, на склонах возвышенности на высоте 608 м.

С использованием рассчитанных полей концентраций соединений фтора и серы выполнены оценки интенсивности их выпадения на подстилающую поверхность рассматриваемого региона. На рисунке 1 приведены изолинии рассчитанных усреднённых значений интенсивности осаждения фторидов в районе г. Братск в холодный период года. Источником выбросов являлся БрАЗ. Преобладающие в этот сезон ветры западного направления способствуют тому, что изолинии интенсивности осаждения фторидов и сульфатов вытянуты с запада на восток. Полученные значения по порядку величины хорошо согласуются с экспериментальными оценками интенсивности осаждения фторидов в районе БрАЗа.

Полученные результаты показывают, что в районе влияния БрАЗа. на поверхность площадью 60×40 км² в зимний период оседает примерно 12 % выбрасываемого фтора. На снеговую поверхность Братского водохранилища площадью 350 км² оседает примерно 1,2 % всего выбрасываемого БрАЗом фтора.

С использованием численной модели исследовали процессы распространения, трансформации и осаждения соединений фтора и серы, выбрасываемых ИркАЗом, расположенным в г. Шелехов,. Была выбрана область площадью 55×45 км² и высотой 2500 м над поверхностью Иркутского водохранилища и озера Байкал. Расчёты проводили с шагом по горизонтали 1 км. Интенсивность выбросов фтористого водорода составила 355 т/год, твёрдых фторидов – 924 т/год, диоксида серы - 1735 т/год. Остальные параметры те же, что и при расчётах в районе Братска.

При юго-западном потоке скоростью 2 м/с примеси выносятся по долине р. Иркут к Иркутску. В районе Академгородка концентрации НF достигают 1,5 мкг/м³, концентрации диоксида серы превышают 5 мкг/м³, сульфатов – 1 мкг/м³. Эффекта накопления сульфатов на наветренных склонах возвышенностей, как это отмечено в районе Братска, не наблюдалось.

На рисунке 2 приведены изолинии рассчитанных усреднённых значений интенсивности осаждения фторидов и сульфатов в районе г. Шелехов в холодный период года. В это время здесь преобладают ветры западного и северо-западного направлений, соответственно, изолинии вытянуты в этом направлении. Полученные значения по порядку величины хорошо согласуются с экспериментальными оценками интенсивности осаждения фторидов в районе ИркАЗа.

Выполненные оценки свидетельствуют, что в районе влияния ИркАЗа на поверхность площадью 55×45 км² в холодный период оседает примерно 12 % выбрасываемого фтора.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта 2.1.1/6468 Аналитической ведомственной целевой портераммы «Развитие научного потенциала высшей школы 2009-2010» Министерства образования и науки РФ.

REGIONAL CLIMATIC EFFECTS OF GLOBAL ATMOSPHERIC CIRCULATION IN ALTAI Malygina N.S., Papina T.S., Zinchenko G.S., Bezuglova N.N., Schwikowski M. *

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, 1, Molodezhnaya St., Barnaul 656038, Russia *Paul Scherrer Institut, 5232 Villigen, Switzerland

natmgn@gmail.com, papina@iwep.asu.ru

The paper deals with studying the relationship of the temperature regime reconstructed from the natural paleoarchive data on high-altitude ice core from Belukha Mountain in Altai and the effects of large-scale processes in the "ocean-atmosphere" system. The indices of atmospheric circulation, i.e. North Atlantic Oscillation (NAO) and Pacific Decadal Oscillation (PDO) serve as indicators of atmospheric processes.

The glaciological analysis of the ice core sampled from M.Belukha was a basis for the reconstruction of temperature change curves in Altai for the period of 1250 - 2001 (Eichler, 2009). However, while doing research (Henderson, 2006), the outcomes for the last two decades turned out to be unrepresentative: the presence of interannual infiltration layers greatly distorts the reconstruction results for the last twenty years. Moreover, since major atmospheric deposition (80 %) in M.Belukha falls on March-November (Oliver, 2006), the temperature was reconstructed for the mentioned period, up to the year 1979. Averaged monthly NAO and PDO circulation indices available on the Internet [www.cru.uea.ac.uk] served as the source data.

To reduce the influence of high-frequency oscillations often caused by regional processes, the reconstructed series of NAO, PDO and temperature were smoothed by the use of moving 30-year average.

The correlation analysis of the studied series demonstrates high direct correlation (r = 0.79) between the reconstructed temperature curve and NAO index (Fig. 1), while series of the reconstructed temperature and PDO index show high inverse correlation (r = -0.80) (Fig. 2).

Thus, when the atmospheric processes corresponding to increased NAO index are activated, the increased air temperature in Altai is observed. On the contrary, intensification of processes characterized by PDO index leads to a reversed situation.

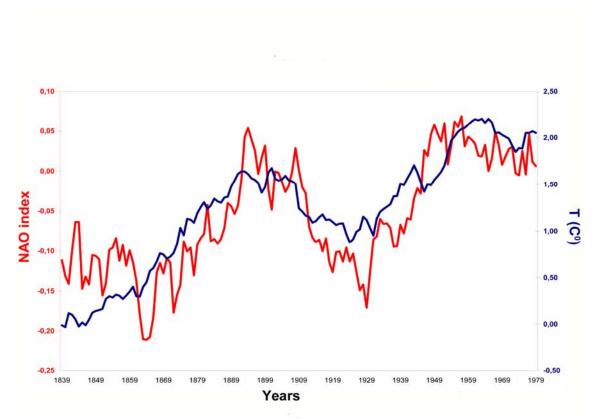


Fig.1. Moving 30-year average for NAO (red line) and the temperature reconstructed from the data on ice core sampled from M. Belukha (blue line) (30-ти летние скользящие ряды индекса NAO (красная линия) и реконструированной температуры по данным ледового керна горы Белуха (синяя линия))

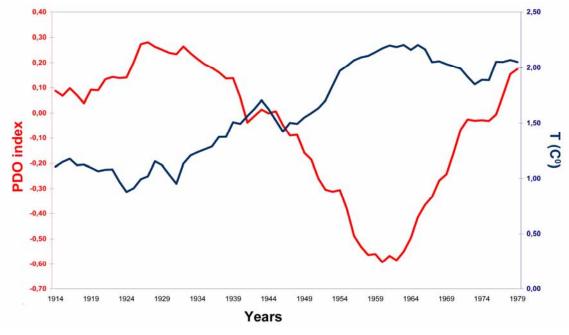


Fig.2. Moving 30-year average for PDO (red line) and the temperature reconstructed from the data on ice core sampled from M. Belukha (blue line) (30-ти летние скользящие ряды индекса PDO (красная линия) и реконструированной температуры по данным ледового керна горы Белуха (синяя линия)).

РЕГИОНАЛЬНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ГЛОБАЛЬНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ НА АЛТАЕ

Малыгина Н.С., Папина Т.С., Зинченко Г.С., Безуглова Н.Н., Швиковски М. *

Институт водных и экологических проблем СО РАН, 1, ул. Молодежная, Барнаул 656038, Россия * Институт им. Пауля Шеррера, 5232 Виллиген, Швейцария

В работе изучается связь температурного режима Алтая, реконструированного по данным природного палеоархива - высокогорного ледового керна седловины горы Белуха, с влиянием крупномасштабных процессов в системе океан – атмосфера. В качестве индикаторов атмосферных процессов

используются индексы циркуляции: Северо-Атлантическое колебание (NAO – North Atlantic Oscillation) и Тихоокеанское декадное колебание (PDO - Pacific Decadal Oscillation).

На основе результатов гляциохимического анализа ледового керна седловины горы Белуха была реконструирована кривая температурных изменений на Алтае за период с 1250 по 2001 гг. (Eichler, 2009). Однако, в ходе работ было показано (Henderson, 2006), что результаты, относящиеся к последним двум десятилетиям, не являются репрезентативными в связи с наличием в ледовом керне межгодовых инфильтрационных слоев, приводящих к существенному искажению результатов реконструкций последнего двадцатилетия. Также было показано, что основное осадконакопление (80 %) в седловине горы Белуха отмечается с марта по ноябрь (Oliver, 2006). Поэтому при анализе реконструкций нами рассматривался температурный ряд для этих месяцев до 1979 г. В качестве исходных данных в расчетах использованы среднемесячные (с марта по ноябрь) значения индексов циркуляции NAO и PDO, размещенные на сайте [www.cru.uea.ac.uk].

Для снижения влияния высокочастотных колебаний, зачастую обусловленных атмосферными процессами регионального масштаба, ряды индексов NAO и PDO, а также реконструированных температур были сглажены с применением тридцатилетнего скользящего осреднения.

Результаты корреляционного анализа исследуемых рядов показали, что высокая положительная корреляционная связь (r = 0,79) наблюдается между реконструированной температурной кривой и индексом NAO (Fig.1), в то время как ряды реконструированной температуры и индекса PDO имеют высокую отрицательную корреляцию (r = -0,80) (Fig. 2).

Таким образом, при активизации атмосферных процессов, соответствующих увеличению индекса циркуляции NAO, наблюдается рост температуры воздуха на территории Алтая. Усиление процессов, характеризуемых индексом PDO, вызывает обратный эффект.

POLLUTION OF ENVIRONMENT BY PAHs IN THE AREA OF SCATTERING OF METALLURGICAL COMPLEX'S EMISSIONS (the city of Shelekhov)

Marinaite I.I., Gorshkov A.G.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

<u>marin@lin.irk.ru</u>

There is a large metallurgical complex in the area of the Shelekhov city (Irkutsk region), which includes three plants: IrkAP SUAL (the branch of Irkutsk aluminum plant), "Silicon ", and «SUAL-PM ". During last decades, new technologies are implemented in this complex and its production increases. Monitoring of the content of persistent organic pollutants in snow cover showed that IrkAP-SUAL emissions serve as a large source of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), which are included in the list of super ecological toxicants (Marinaite, Gorshkov, 2002). This paper presents recent (2007-2010) results of the PAH monitoring in aerosol, snow cover, soil, surface water and bottom sediments collected in the area of scattering of the metallurgical complex's emissions (Table).

The results obtained indicate that over the past 10 years the atmospheric pollution has increased in the vicinity of the metallurgical complex. The content of benzo [a] pyrene in aerosol (average for March 2008) exceeds the maximum permissible concentration (MPC) up to 6 times. In soils that are conservative matrices, the content of total PAHs has increased for the period from 1996 to 2010. Now it is comparable to the pollution in industrial areas of Poland (up to10000 ng / g) and Mexico (up to 6000 ng / g). During high water and summer flood, high concentrations of PAHs were recorded in the water of the Olkha River.

This work was partially supported by RFBR (projects 08-05-98058a and 08-08-00100).

Table. Concentrations of PAHs in the environmental objects and atmospheric PAHs flux in the area of emissions scattering (Уровни концентрации ПАУ в объектах окружающей среды и рассчитанные потоки ПАУ из атмосферы в зоне рассеивания выбросов).

Object flux of DALle*	Total P	AHs**	Benz(a)piren (MPC)		
Object, flux of PAHs* —	1996-99	2007-10	1996-99	2007-10	
Atmospheric aerosol (ng/m3)	-	3 – 320 74	-	0,8 – 19 6 (6 MPC)	
Surface water, the	-	7 – 310	< 0,9 – 21	< 0,2 – 22	
Olkha River (ng/L)		60	7.9(1.5 MPC)	4 (0.8 MPC)	
Bottom sediments	-	136-1440	48-272	12-104	
(ng/L)		550	146	45	
Soils (ng/L)	1100-7200	450-55000	5-1210	49-2200	
	4080	17200	410 (20 MPC)	960 (48 MPC)	
PAHs flux on the snow cover (mkg/m2·week)	19 – 1000	24 – 7700	1.8 – 48	2 – 345	
	192	910	12	50	

Range of values is shown in numerator, the average – in denominator; * Units of measurements are shown in brackets; ** 14 priority compounds (В числителе разброс значений, в знаменателе – среднее; * в скобках единицы измерения; ** 14 приоритетных соединений)

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПАУ В ЗОНЕ РАССЕИВАНИЯ ВЫБРОСОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА (Г. ШЕЛЕХОВ) Маринайте И.И., Горшков А.Г.

иаринаите и.и., горшков А.Г. ини инотитит СО ВАН 2 ил. Удан Батаракад Иркитак 66

Лимнологический институт СО РАН ,3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

В Шелеховском районе (г. Шелехов, Иркутская обл.) расположен крупный металлургический комплекс, включающий три завода: ОАО "СУАЛ" филиал "ИркАЗ-СУАЛ", ЗАО "Кремний", ООО "СУАЛ-ПМ". В последнее десятилетие в данном комплексе внедряются современные технологии, растет объем производства. Мониторинг содержания стойких органических загрязнителей в снежном покрове показал, что выбросы ИркАЗ-СУАЛ являются мощным источником полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), включенных в число суперэкотоксикантов (Маринайте, Горшков, 2002). В настоящей работе представлены последние результаты мониторинга ПАУ (2007-2010 гг.) в аэрозоле, снежном покрове, почвах, поверхностных водах и донных отложениях, собранных в зоне рассеивания выбросов металлургического комплекса (таблица).

Полученные результаты свидетельствуют, что за последние 10 лет произошло увеличение загрязнения атмосферы в районе расположения металлургического комплекса. Содержание в аэрозоле бенз[а]пирена (среднее за март 2008 г.) превышает ПДК до 6 раз. В почвах, которые служат консервативными матрицами, содержание суммы ПАУ за период с 1996 по 2010 гг. увеличилось. Сейчас оно сопоставимо с загрязнением в промышленных районах Польши (до10000 нг/г) и Мексики (до 6000 нг/г). Высокие концентрации ПАУ в воде р. Олхи отмечены в период половодья и летних паводков.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проекты 08-05-98058а и 08-08-00100).

THE RESULTS OF MEASUREMENTS OF AEROSOL OPTICAL THICKNESS OVER THE SOUTHEAST COAST OF LAKE BAIKAL

Naguslaev S.A., Zhamsueva G. S, Zayakhanov A.S.

Department of physical problems BSC SB RAS, 8, Sakh'yanovoy st., Ulan-Ude 670047, Russia Irf@pres.bscnet.ru, Imza@mail.ru

In the conditions of current climate change, a study of atmospheric aerosol is of particular importance. The most informative parameter characterizing the aerosol extinction of solar radiation is the aerosol optical thickness (AOT) of the atmosphere. In the Baikal region, AOT measurements using the solar photometer SP-7 are monitored since 2005. The purpose of this study is to identify the current state of the aerosol atmospheric turbidity and investigate its spatial and temporal variations in the Baikal region.

The report presents an analysis of variations of AOT of the atmosphere in the Baikal region as a result of four years of observations (2006-2009). Spatial variations of atmospheric transparency within the region are revealed, that are caused by its remoteness from industrial enterprises, the height above sea level, and features of the underlying surface. It is shown that due to high human impact on the atmosphere the maximum values of AOT are observed in the city of Ulan-Ude ($< 0.5\tau > = 0.13$). They are 26% higher than the background values registered for the same period at Tora station ($< 0.5\tau > = 0.1$). In summer, the average AOT values over south-eastern coast of Lake Baikal (Boyarsk station) have intermediate values ($< 0.5\tau > = 0.11$). Typical spectral dependences of AOD of the atmosphere in the Baikal region are compared with similar data obtained at the other stations located in the Asian part of Russia. Results of annual measurements of AOD in the city of Ulan-Ude and at Tora station confirm the existence of a global spring AOD maximum of the atmosphere.

This work was supported by RFBR grant № 08-05-98007 and SB RAS Integration Project № 75.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ АЭРОЗОЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОЛЩИ АТМОСФЕРЫ НА ЮГО-ВОСТОЧНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ ОЗ. БАЙКАЛ

Нагуслаев С.А., Жамсуева Г.С., Заяханов А.С.

Отдел физических проблем БНЦ СО РАН, 8, ул. Сахьяновой, г. Улан-Удэ 670047, Россия

В условиях происходящего изменения климата особое значение имеет изучение атмосферного аэрозоля. Наиболее информативной величиной, характеризующей аэрозольное ослабление солнечного излучения, является аэрозольная оптическая толща (АОТ) атмосферы. Измерения АОТ атмосферы с помощью солнечного фотометра SP-7 в Байкальском регионе ведутся с 2005 г в мониторинговом режиме. Целью данной работы является выявление современного состояния аэрозольной мутности атмосферы и исследование ее пространственно-временных вариаций в Байкальском регионе.

В докладе представлен анализ вариаций АОТ атмосферы в Байкальском регионе по результатам четырехлетних наблюдений (2006-2009 гг.). Выявлены пространственные вариации прозрачности атмосферы внутри региона, обусловленные удаленностью от промышленных предприятий, высотой над уровнем моря и особенностями подстилающей поверхности. Показано, что вследствие высокого антропогенного воздействия на атмосферу максимальные значения АОТ наблюдаются в г. Улан-Удэ (<□0,5> = 0,13). Они на 26% превышает фоновые значения, полученные для этого же периода на ст. Торы (<□0,5> = 0,1). В летние месяцы средние сезонные значения АОТ на юго-восточном побережье оз. Байкал (ст. Боярск) имеют промежуточные значения (<□0,5> = 0,11). Среднестатистические

спектральные зависимости АОТ атмосферы Байкальского региона сравниваются с аналогичными данными, полученными на других станциях азиатской части России. Результаты ежегодных измерений АОТ в г. Улан-Удэ и на ст. Торы подтверждают существование глобального весеннего максимума АОТ атмосферы.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 08-05-98007 и интеграционного проекта СО РАН № 75.

AEROSOL OPTICAL DEPTH AND AEROSOL RADIATIVE FORCING IN SITUATIONS OF FOREST SMOKES AND SPRING MAXIMUM OF ATMOSPHERIC TURBIDITY IN TWO REGIONS OF THE ASIAN PART OF RUSSIA

Nasrtdinov I.M., Zhuravleva T.B., Kabanov D.M., Sakerin S.M.

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, 1, Academician Zuev square, Tomsk 634021, Russia wizard@iao.ru

The climatic effect of aerosol has substantial regional and seasonal differences. Exept the volcanic eruptions, the hughest effect of aerosols on the radiative fluxes have such natural factors as forest fires smoke and the spring maximum of the aerosol turbidity. The main characteristics, determining the aerosol radiative forcing, are the aerosol optical thickness (AOT) of the atmosphere and single scattering albedo (SSA).

In the report, we consider the specific features of the annual behavior of AOT in Western Siberia (city of Tomsk) and Far East region (near the city of Ussuriisk), revealed on the basis of long-term sun photometer measurements. The maximum aerosol turbidities are observed in April-May: the average AOT values (0.5 μ m) are 0.19 in Tomsk and 0.45 near Ussuriisk. The springtime burst of AOT, typical of most midlatitude regions, is caused by liberation of accumulated aerosol material during snow melting, elevated emission of organic aerosol during blooming, as well as burning of vegetation. An additional source of higher atmospheric turbidities in Primorie is the "external factor", namely the dust and anthropogenic inputs from the northeastern China.

We describe the method of calculating the characteristics of solar radiation in the total size range of 0.2-5 μ m at the top and bottom of the atmosphere. To determine the aerosol radiative forcing under the conditions of high springtime turbidities, together with the results of sun photometer measurements, we employ the model data on SSA and aerosol scattering phase function (WCP, OPAC), as well as the data on the surface albedo (MODIS, AERONET).

The work is supported by the Integrated SB RAS (Project № 75), Department of Earth Sciences RAS (project №. 11.1), and Russian Foundation for Basic Research (grant № 09-05-00961).

АЭРОЗОЛЬНАЯ ОПТИЧЕСКАЯ ТОЛЩА И РАДИАЦИОННЫЙ ФОРСИНГ АЭРОЗОЛЯ В СИТУАЦИЯХ ДЫМОВ ПОЖАРОВ И ВЕСЕННЕГО МАКСИМУМА ЗАМУТНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ В ДВУХ РАЙОНАХ АЗИАТСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Насртдинов И.М., Журавлева Т.Б., Кабанов Д.М., Сакерин С.М.

Институт оптики атмосферы им. ак. В.Е.Зуева СО РАН, 1, пл. ак. Зуева, Томск 634021, Россия

Климатическое влияние аэрозоля имеет существенные региональные и сезонные отличия. Помимо вулканических извержений, максимальное воздействие аэрозоля на радиационные потоки оказывают такие природные факторы как дымы лесных пожаров и весенние максимумы аэрозольного замутнения. Основными характеристиками, определяющими радиационный форсинг аэрозоля, являются аэрозольная оптическая толща (AOT) атмосферы и альбедо однократного рассеяния (AOP).

В докладе рассматриваются особенности годового хода АОТ атмосферы в Западной Сибири (г. Томск) и Дальневосточном регионе (вблизи г. Уссурийска), полученного на основе многолетних измерений солнечными фотометрами. Максимальные аэрозольные замутнения наблюдаются в апрелемае: в Томске средние значения АОТ (0.5 мкм) составляют 0.19, а в Уссурийске 0.45. Весенний всплеск АОТ, характерный для большинства районов умеренных широт, обусловлен высвобождением при таянии снега накопившегося аэрозольного материала, повышенной эмиссией органического аэрозоля в период цветения, а также палами растительности. Дополнительным источником более высоких замутнений атмосферы в Приморье является "внешний фактор" – пылевые и антропогенные выносы из северо-восточного Китая.

Дается описание методики расчета характеристик солнечной радиации в общем диапазоне спектра 0.2-5 мкм на верхней и нижней границе атмосферы. Для определения радиационного форсинга аэрозоля в условиях высоких весенних замутнений, наряду с результатами измерений солнечными фотометрами, привлекаются модельные данные об АОР и индикатрисе рассеяния аэрозоля (WCP, OPAC), а также данные об альбедо подстилающей поверхности (MODIS, AERONET).

Работа выполнена при финансовой поддержке интеграционного проекта СО РАН № 75, проекта ОНЗ РАН № 11.1 и гранта РФФИ 09-05-00961.

RESULTS OF LONGTERM STUDIES OF THE CHEMISTRY OF SNOW COVER ON THE SOUTHEASTERN COAST OF LAKE BAIKAL Netsvetaeva O.G.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

<u>r431 @lin.irk.ru</u>

In 1997-2010, in the basins of the Rivers Utulik, Mishikha, in vicinity of the cities Of Baikalsk, Babushkin and settlement Boyarsk, the chemistry of snow cover was studied in order to assess the current state of the air over the south-eastern coast of Lake Baikal. The results obtained revealed a significant spatial and temporal variability of chemical composition of snow water, which depends on many natural and man-made factors.

In most of the study area the content of total amount of ions (TAI) in snow water is low. Minimum TAI values (4.2-4.5 mg/L) were found on the shores of the Rivers Snezhnaya and Khara-Murin. The most mineralized are snow waters in the basin of the Solzan River (on average 37 mg / L) and in vicinity of Baikalsk city (27 mg / L) – in the areas exposed to the direct influence of air emissions from the Baikalsk Pulp and Paper Plant (BPPP) and the heat power plant of the city of Baikalsk. The highest TAI values were recorded in 2007. In 2009-2010, when BPPP was stopped, TAI of snow water in vicinity of Baikalsk differed little from that in the rest of the territory. Moreover, pH value for the first time of entire period of observations has decreased to 5.1, whereas in 2007 it reached 7.9.

Out of the area of direct human impact, pH varied 4.4 to 5.6. The lowest pH values were recorded in the basins of the Rivers Snezhnaya and Pereemnaya. When approaching the city of Babushkin and Boyarsk settlement, both pH and TAI of snow water rise again: in Babushkin to 8.6 and 39 mg / L (2010), near Boyarsk - to 6.9 (2002) and 14.5 mg / L (2009), respectively.

The nitrate and calcium ions are the major components of the ionic composition of snow water on the catchments of all rivers except the Rivers Utulik and Solzan. There is also high percentage (up to 12%-equiv.) of hydrogen ion. In some years characterized by decreased (to 11-17%-equiv.) share of calcium, the hydrogen ion predominated among cations. In the snow covered the catchments of the Rivers Khara-Murin and Snezhnaya, the contribution of sulfate exceeded in some years that of nitrate. In the basins of the Rivers Pereemnaya and Mishikha, the nitrate constantly dominated during entire time of observations.

The NO3-/SO42- ratio of equivalent concentrations varied in different years 0.5 to 2.5, averaging 1.3. The maximum ratio was registered in snow cover of the Mishikha River basin. In the basin of the Utulik River and in vicinity of Boyarsk settlement, calcium and sulfate are the major ions. In the basin of the Solzan River and near the city of Baikalsk, the sulfate and sodium ions dominate thus reflecting the impact of BPPP emissions. In the first case the NO3-/SO42- ratio did not exceed 0.8, in the second - 0.3, indicating the leading role of sulfates among anions. In 2009-2010, in vicinity of BPPP this ratio has sharply increased up to the values typical of the snow covered the watersheds of the Rivers Khara- Murin and Mishikha. Multiplied decrease of the sulfate concentrations has resulted from the termination of BPPP operation.

TAI accumulation in snow cover was the highest in the region of the Solzan River and the city of Baikalsk, the lowest – on the catchments of the Mishikha River (Table). Accumulation of nitrates is equally high in the basin of the Khara-Murin River and in vicinity of the city of Babushkin. The coast of the Khara-Murin River is experiencing the largest proton load.

Barmar B To for			(ousie), iii	· ··· /·					
Area	HCO3 ⁻	SO4 ²⁻	NO ₃ -	Cl	Na⁺	K⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	$\mathrm{NH_4}^+$	H⁺	TAI
Utulik R.	13	208	185	18	33	31	81	10	19	0,7	600
Baikalsk city	522	1306	234	113	517	65	251	13	23	0,3	3050
Solzan R.	793	1602	237	30	632	91	320	18	27	0,1	3750
Khara-Murin	0	234	331	55	62	20	77	11	22	2,3	815
Snezhnaya R.	0	178	256	18	23	20	63	9	15	1,9	585
Pereemnaya R.	0	199	316	18	21	19	73	10	30	2,1	690
Mishkha R.	0	133	221	24	14	14	63	7	18	1,3	500
Babushkin city	319	254	330	101	58	19	236	17	18	0,1	1350
Boyarsk settl.	211	186	192	76	45	23	148	11	26	0,1	920

Table. Accumulation of ions in the snow covered the south-eastern coast of Lake Baikal during winter months (November – March), mg/m^2 (Накопление ионов в снежном покрове на юго-восточном побережье оз. Байкал в течение зимних месяцев (ноябрь – февраль). мг/м²).

ИТОГИ МНОГОЛЕТНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА ЮГО-ВОСТОЧНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Нецветаева О.Г.

Лимнологический институт СО РАН ,3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

В 1997-2010 гг. в бассейнах рек Утулик - Мишиха и в окрестностях г. Байкальск, г. Бабушкин и п. Боярский изучали химический состав снежного покрова с целью оценки современного состояния воздушного бассейна на юго-восточном побережье озера Байкал. Полученные результаты выявили существенную пространственно-временную изменчивость химического состава снеговых вод, зависящую от множества факторов природного и антропогенного характера.

На большей части изучаемой территории минерализация снеговых вод низка. Ее минимальные значения (4,2-4,5 мг/л) определены на побережьях рек Снежная и Хара-Мурин. Максимально минерализованы снеговые воды в бассейне р. Солзан (в среднем 37 мг/л) и в районе г. Байкальска (27 мг/л) - на территориях, подверженных непосредственному воздействию воздушных выбросов Байкальского целлюлозно-бумажного комбината (БЦБК) и ТЭЦ г. Байкальска. Наибольшие значения минерализации отмечены в 2007 г. В 2009-2010 гг., когда деятельность комбината была приостановлена, минерализация снеговых вод в районе Байкальска мало отличалась от таковой на остальной территории, а величина pH впервые за время исследований снизилась до 5,1, тогда как в 2007 г. она достигала 7,9. Вне зоны прямого антропогенного воздействия величина pH варьировала в пределах 4,4-5,6. Наиболее низкие значения зафиксированы в бассейнах рек Снежной и Переемной. При приближении к г. Бабушкин и п. Боярский, величина pH и минерализация снеговых вод вновь возрастают: в Бабушкине до 8,6 и 39 мг/л (2010 г.), в Боярске– до 6,9 (2002 г.) и 14,5 мг/л (2009 г.), соответственно.

Главными компонентами ионного состава снеговых вод на водосборах всех рек кроме Утулик и Солзан являются нитрат-ион и кальций при высокой доле иона водорода (до 12%-экв). В отдельные годы при снижении доли кальция до 11-17 %-экв. ион водорода был преобладающим катионом. В снежном покрове водосбора рек Хара-Мурин и Снежная в отдельные годы вклад сульфата был выше, чем нитрата. В бассейнах рек Переемная и Мишиха доминирование нитрата отмечено практически в течение всего наблюдаемого периода. Отношение эквивалентных концентраций NO₃⁻/SO₄²⁻ варьировало в разные годы в пределах 0,5-2,5, составляя в среднем 1,3. Максимум отмечен в снежном покрове водосбора р. Мишихи. В бассейне р. Утулик и в окрестностях п. Боярский главные ионы – сульфат и кальций, р. Солзан и г. Байкальска - сульфат и натрий (влияние выбросов БЦБК). Отношение NO₃⁻/SO₄²⁻ в первом случае не превышало 0,8, во втором - 0,3, указывая на ведущую роль сульфатов в анионном составе снеговых вод. В 2009-2010 гг. в районе БЦБК отмечен резкий рост этого отношения до величин, характерных для снежного покрова на водосборах рек Хара-Мурин и Мишиха. Многократное уменьшение концентрации сульфатов в снежном покрове произошло в результате прекращения работы комбината.

Накопление суммы ионов в снежном покрове максимально в районе р. Солзан и г. Байкальска, минимально - на водосборе р. Мишиха (таблица). Аккумуляция нитратов одинаково высока в бассейне р. Хара-Мурин и в районе г. Бабушкин. Наибольшую протонную нагрузку также испытывает побережье р. Хара-Мурин.

PECULIARITIES OF THE CHEMISTRY OF ATMOSPHERIC PRECIPITATIONS IN THE BAIKAL REGION Netsvetaeva O.G., Khodzher T.V., Zimnik E.A., Sez'ko N.P., Dolya I.N.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

<u>r431 @lin.irk.ru</u>

Since 1999, in the frame of the international project "Monitoring of acid depositions in East Asia" continuous observations of the chemistry of precipitations are carried out at three monitoring stations of the Baikal region: Irkutsk - urban, Listvyanka - regional, Mondy - background. These studies aim to reveal the differences in composition of precipitations caused by geographical locations of the study areas and level of anthropogenic load.

The results of long-term studies have shown that the most mineralized precipitation are typical of Irkutsk (17.5 mg / L), the least mineralized – of Mondy station (4.3 mg / L). At Listvyanka, the total amount of ions (TAI) in the precipitations is 5.7 mg / L. There are both interannual and seasonal differences in the chemistry of wet depositions. During time of observations (1999-2009), the highest TAI were recorded at all stations in 2008, the lowest TAI - in 2004-2005. Typically, the concentration of most ions and their total amount in the precipitations is higher in cold season. This pattern is the most typical of precipitations at Mondy station, less expressed - at Listvyanka. Sulfate and calcium are major ions in the precipitations of the Baikal region. At Listvyanka and Mondy stations, the ammonium and calcium ions predominate in the rains. At the background station Mondy, the HCO3- ion dominate among anions in the snow waters. A specific feature of snow depositions at Listvyanka station is a high share (18-24 %-equiv.) of NO3- ions. The highest concentrations of sulfates, nitrates, ammonium, and calcium ions were determined in the wet depositions in Irkutsk. At this station, the average content of sulphates (4.8 mg / L) is 2 and 5 times higher compared to that recorded at Listvyanka and Mondy stations, respectively. In Listvyanka, the highest concentrations were recorded in May (a season of forest fires), at the other stations - in March (a season of snow melting). The minimum concentrations of sulfates are typical of summer. The mean annual concentrations of nitrates in Irkutsk and Listvyanka are similar: 1.9 and 1.7 mg / L, whereas at Mondy station they are 3 times lower. Seasonal variations in the nitrate concentrations are characterized by the maximum in January-March, by the minimum in July-September (except for the background station Mondy). In Irkutsk, the calcium content in precipitations 2.5 mg / L is on average 4 times higher compared to the other stations. Seasonal variations of this cation concentrations are similar at all stations. The maximum was registered in February-March, the minimum - in July-September. The concentrations of ammonium ions in Irkutsk 0.8 mg / L are 2-3 times higher than at stations Listvyanka and Mondy. At Irkutsk and Listvyanka stations, the highest concentration occurs in May, at Mondy station - in August. At Listvyanka and Mondy stations, the lowest concentration of this component is recorded in December, at Irkutsk station - in August.

The pH values in precipitations vary widely: from acid to alkaline ones. The most acidic are wet depositions in Listvyanka (pH = 5.1), followed by depositions at Mondy station (pH = 5.8) and Irkutsk station (pH = 6.0). In the region, the lowest pH values correspond to summer depositions. The highest concentrations of hydrogen ions are registered in warm period: in May and August at Listvyanka station, in July and June in Irkutsk, in July and August in Mondy.

Differences in the acidity of precipitations are most pronounced in Irkutsk, the least pronounced at Listvyanka station. During the time of observations, on average 44% of precipitations at this station had pH less than 5. The frequency of acid depositions was the highest in 2005, the lowest - in 1999. The most acidic rains (pH = 3,5-4,5) were recorded in 2008, the most acidic snow - in 2004. Less acid precipitations, on average 16%, were in Irkutsk. The highest recurrence of acid precipitations was recorded in 2007.

ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА Нецветаева О.Г., Ходжер Т.В., Зимник Е.А., Сезько Н.П., Доля И.Н.

Лимнологический институт СО РАН ,3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

С 1999 г. в рамках международного проекта «Мониторинг кислотных выпадений в Восточной Азии» на трех станциях мониторинга Байкальского региона (Иркутск - городская, Листвянка - региональная, Монды - фоновая) осуществляются непрерывные наблюдения за химическим составом атмосферных осадков. Цель исследований - выявление различий состава осадков, обусловленных географическим положением районов исследования и уровнем антропогенной нагрузки.

Результаты многолетних исследований показали, что наиболее минерализованы атмосферные осадки Иркутска (17,5 мг/л), наименее - ст. Монды (4,3 мг/л). Сумма ионов в осадках ст. Листвянка составляет 5,7 мг/л. Отмечены межгодовые и сезонные различия в химическом составе влажных выпадений. В наблюдаемый период (1999-2009) на всех станциях максимум минерализации отмечен в 2008 г., минимум - в 2004-2005 гг. Как правило, концентрации большинства ионов и их суммарное содержание в осадках выше в холодный период. В наибольшей степени эта закономерность характерна для осадков ст. Монды, менее всего - ст. Листвянка. Основными ионами в осадках Байкальского региона являются сульфаты и кальций. В дождях доминирующим катионом на станциях Листвянка и Монды является ион аммония. В снеговых водах фоновой станции Монды среди анионов доминирует ион HCO3-. Характерная черта снежных выпадений ст. Листвянка - высокая доля ионов NO3- (18-24 %экв.). Наибольшие концентрации сульфатов, нитратов, аммония и кальция определены во влажных выпадениях ст. Иркутск. Здесь среднее содержание сульфатов 4,8 мг/л) в 2 и 5 раз соответственно выше, чем на станциях Листвянка и Монды. В Листвянке максимум определен в мае (период лесных пожаров) на других станциях - в марте (период таяния снежного покрова). Минимальны концентрации сульфатов в летний период. Среднемноголетние концентрации нитратов в Иркутске и Листвянке близки 1,9 и 1,7 мг/л (29,9 µmol/l и 27,7 µmol/l), тогда как на ст. Монды они в 3 раза ниже. Сезонные вариации концентраций нитратов характеризуются максимумом в январе- марте, минимумом - в июле-сентябре (за исключением фоновой станции Монды). Содержание кальция в осадках Иркутска 2,5 мг/л (61,5 µmol/l) в среднем в 4 раза выше, чем на других станциях наблюдений. Сезонный ход концентраций этого катиона на всех станциях аналогичен. Максимум отмечен в феврале-марте, минимум - в июлесентябре. Концентрации ионов аммония в Иркутске 0,8 мг/л (42,6 µmol/l) в 2-3 раза выше, чем на станциях Листвянка и Монды. На станциях Иркутск и Листвянка максимум концентрации приходится на май, на ст. Монды – на август. Самое низкое содержание этого компонента на станциях Листвянка и Монды в декабре, на ст. Иркутск - в августе.

Величина pH в осадках варьировала в широких пределах - от кислых до щелочных. Наиболее кислыми являются влажные выпадения Листвянки (pH=5,1). Далее следуют осадки ст. Монды (5,8) и Иркутска (6,0). В регионе более низкие величины pH соответствуют летним выпадениям. Максимум концентраций ионов водорода приходится на теплый период: на ст. Листвянка - май, август, Иркутск-июль, июнь, Монды – июль-август. Различия в кислотности осадков наиболее выражены на ст. Иркутск, наименее – на ст. Листвянка. За время исследования в среднем 44% осадков этой станции имели pH 5,0. Повторяемость кислых выпадений была наибольшей в 2005 г., минимальной – в 1999 г. Наиболее кислые дожди (pH 3,5-4,5) зафиксированы в 2008 г., наиболее кислый снег - в 2004 г. На ст. Иркутск кислых осадков меньше, в среднем 16%. Набольшая их повторяемость отмечена в 2007 г.

EANET ACTIVITIES FOR CLARIFYING ACID DEPOSITION IN EAST ASIA Ohizumi T.

Asia Center for Air Pollution Research

The Acid Deposition Monitoring Network in East Asia (EANET), established in 1998, is an international network for which the main aims are to create a common understanding of the state of the acid deposition problems in East Asia, and to provide useful inputs for decision making that can prevent or reduce adverse impacts on the environment caused by acid deposition. The Network's Secretariat was established within the United Nations Environment Programme (UNEP). The Asia Center for Air Pollution Research (ACAP), designated as the Network Center for EANET, provides technical support for participating countries. After a preparatory phase that ended in 2000, EANET started its regular phase activities in 2001. There are thirteen participating countries at present: Cambodia, China, Indonesia, Japan, Lao PDR, Malaysia, Mongolia, Myanmar, Philippines, Republic of Korea, Russia, Thailand and Vietnam (Fig.1).As the results of the monitoring of acid deposition and its effects on ecosystems (Table1), the Network Center compiles monitoring data and releases it to participating countries at well as activities to enhance the reliability of monitoring data.

In addition, to promote regional air quality management, including acid deposition in East Asia and to provide a sound basis for financial contributions and extending the activities of EANET, discussions are now in progress towards establishment of a regional instrument and further development of the network.

For an example of monitoring results, relationship among concentration, precipitation amount, and wet deposition amount for non sea salt sulfate (nss-SO₄^{2^{-}}) and hydrogen ion is shown in Fig.2.

In the comparison with USA and Europe, firstly, Japanese data is found to be characterized by large nss- $SO_4^{2^\circ}$ wet deposition amount (three times larger than USA and Europe) due to large precipitation amount (two times larger than that of USA and Europe in median) and slightly high nss- $SO_4^{2^\circ}$ concentration. And Japanese hydrogen ion wet deposition amount representing the net deposition amount of acids is 6 times and 3 times higher than that of Europe and USA, respectively.

By addition of EANET data to three region relationships, regional diversity of EANET is found clearly. Chinese high concentration of $nss-SO_4^{2-}$ is highlighted and its maximum concentration (>300µeq/L) is ten or more times higher than the median of Japanese data. Maximum Chinese wet deposition amount corresponded to 6 times of Japanese one due to high concentration in spite of small precipitation amount. In Korea, Indonesia, and Vietnam, large wet deposition amount corresponding to the largest Japanese data is also observed.

On the other hand, contrasting to the large wet deposition amount of $nss-SO_4^{2}$, there is no site whose acidity and hydrogen ion wet deposition amount is higher than that of Japan. It may reflect the differences of neutralization rate between Japan and other countries. Japanese precipitation is characterized by low neutralization rate.

Current status of EANET activities implementing four items monitoring mentioned above as its main constituents is assessed as the followings in the latest EANET periodic report (EANET, Periodic Report on the State of Acid Deposition in East Asia, Executive Summary (2006)).

1) The number of acid deposition monitoring sites has increased since its inception. As for wet deposition monitoring site, the number of sites has increased from the original 38 sites to 50 sites in 2007 and to 56 sites in 2009. Guidelines are also in place to ensure standardization of methodology and technical conformity.

2) A high-quality dataset has been developed through the implementation of QA/QC measures at national levels and in the Inter-laboratory Comparison Project schemes. All monitoring data are available to the public through the EANET website and on compact disc.

3) The technical capabilities and skills of the participating countries in acid deposition monitoring and assessment were significantly enhanced through a number of EANET activities such as individual training, expert meeting, scientific workshop, and so on.

4) Awareness about acid deposition among the general public, particularly among schoolchildren and teachers, was raised through a number of activities supported by EANET.

5) A number of joint scientific research projects on acid deposition and its effects were conducted by EANET in countries with diverse natural environments and climatic condition.

6) EANET has succeeded in promoting cooperation among countries in the East Asian region and with other international and regional programs such as WMO and EMEP.

We should make effort continuously to provide useful information to decision maker for preventing the effect of acid deposition, through taking, analyzing, and evaluating high quality data. Simultaneously, in view of contemporary scientific aspect for atmospheric environment in East Asia, it will be also important to focus on serious air pollution of mega city and long range transportation of ozone and particulate matter.

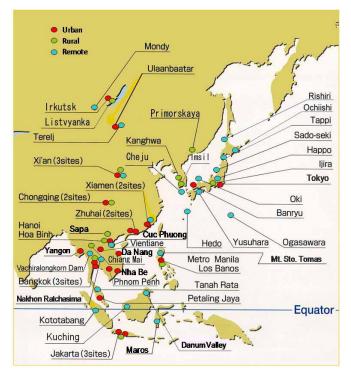


Fig.1 Wet/Dry deposition monitoring sites in EANET

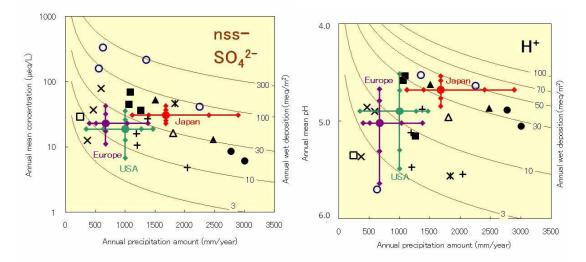


Fig.2 Relationship among concentration, precipitation amount, and wet deposition (2003-2006) 1) Japan: MOE + JELA, n=68, USA: NADP, n=250, Europe: EMEP, n=97, East Asia: EANET 2) Distribution ranges of Japanese, USA, and European data are shown by 10, 25, 50, 75, and 90 percentile values.3) \circ : China, \blacktriangle : Indonesia, \bullet : Malaysia, \square : Mongolia, \triangle : Philippine, \blacksquare : Korea, x: Russia, +: Thailand, *: Vietnam

Table 1 Monitiring items and pa	arameters in EANET
---------------------------------	--------------------

Item	Site	Parameter	Frequency	
Wet deposition	56	pH, EC, and ion concentrations in rain water	Daily or Weekly	
Dry deposition	47	Gases (SO2, NOx, O3, etc) and aerosol components concentrations	Daily – biweekly (Filter-pack), Hourly (Automatic monitor)	
Soil & Vegetation	28	pH, Ex-base cations, Ex-acidity etc of soil and survey of tree decline in forest area, etc	Once three or five years	
Inland water	18	pH, EC, Alkalinity, etc in river or lake water	Seasonally	

SPATIAL DISTRIBUTION OF CO2 OVER BAIKAL IN WARM SEASON AS ASSESSED FROM THE DATA OF AIRBORNE AND SHIPBORNE MEASUREMENTS

Panchenko M.V., Belan B.D., Arshinov M.U., Fofonov A.V., Domysheva V.M. *, Sakirko M.V.*, Shmargunov V.P.

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, 1, Academician Zuev square, Tomsk 634021, Russia * Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia <u>pmv@iao.ru, hydrochem@lin.irk.ru</u>

The problem of the reasons of the observed increase of the CO2 concentration in the atmosphere and its effect on global warming is now the most debatable in the problem of climate change. The main attention of researchers at the modern stage of the study of the sources and sinks of carbon dioxide is concentrated on the processes of regional scale. Taking into account that environment is under the effect of increasing anthropogenic loading and climate changes, it is not always possible to apply the data obtained earlier. To illustrate this fact, the data of airborne sensing of carbon dioxide in the atmosphere over West Siberia are shown in Fig. 1a, and the estimate of the pH value corresponding to the equilibrium value of the partial pressure of CO2 in the atmosphere – water system for different years is shown in Fig. 1b. as is seen, the trends of increasing CO2 (Fig. 1a) are here is good agreement with the results determined by WMO from the global monitoring network.

It follows from Fig. 1b that, even assuming the long-term constancy of the water composition in any water reservoir, increase of the CO₂ concentration in the atmosphere should change the boundary of the equilibrium value.

Taking into account originality of the nature of Lake Baikal and its effect on formation of weather and climate of the region and orienting to the good methodical basis created during many years, in 2002 we started the regular comprehensive investigations of the gas exchange processes in the "water – atmosphere" system of lake Baikal.

As the majority of the series of measurements were carried out in the littoral zone of lake Baikal, the problem arises of the spatial variability of the components of this process on the whole water area of the lake.

The series of shipborne expeditions in 2008-2009 allowed us to reveal the main peculiarities of the spatial distribution of the carbon dioxide concentration in the near-water atmosphere (Sakirko et al., 2009). It is shown, that the diurnal behavior of the partial pressure of CO_2 in the atmosphere over pelagic zone of the lake is weakly pronounced than over coastal zone. Maximum variations of the atmospheric pressure of carbon dioxide over pelagic zone, according to the data of observations in all cruises did not exceed 30 ppm.

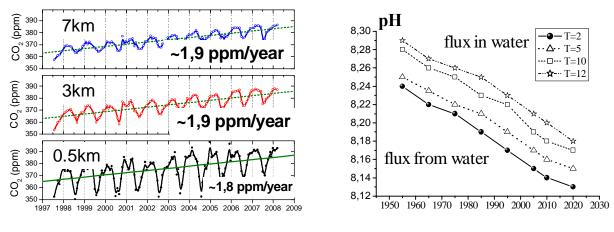
To obtain more complete image of the distribution of the partial pressure of CO2 over the water area of the lake we organized airborne measurements. Two flights were performed in July 2008. First, the flight was performed along the coastal line at the height of 500 m above the surface. Then measurements were continued in crossing the water area of the lake at different heights from 500 to 1000-1100 m. Analysis of the airborne data (Fig. 2) has shown that variations of the partial pressure of carbon dioxide at this heights over the area of Baikal from coastal zones to the center of the lake in each flight do not exceed 1-3 ppm.

The difference between the mean values of the content of carbon dioxide in the atmosphere over Baikal obtained in two series of observations is caused by the change of synoptic conditions (364 ppm in the first flight, and 376 ppm in the second flight).

On the whole, the obtained airborne data convinced us of the fact that the plumes of remote regular sources do not come into the lower layer of the atmosphere over Baikal water area, and the main variations of CO2 in the limits of 10-15 ppm are caused, first of all, by synoptic processes.

Analysis of the shipborne observations makes it possible to conclude that the observed spatial and seasonal variations of the amplitudes and the sign of the difference of partial pressures of carbon dioxide in the water and in the atmosphere are determined, first of all, by seasonal peculiarities of vital activity of water biota of lake Baikal.

The work was supported in part by the programs of: Presidium RAS No. 16, Department of Earth sciences No. 5 and No. 10.1, Russian Foundation for Basic Researches No. 08-05-92499 and 08-05-00258, state contract of Russian Ministry of science No. 02.518.11.7153. u 02.740.11.0674.



а

b

Figure 1. a – results of airborne sensing of the CO_2 concentration in the troposphere over West Siberia. b – estimate of the pH value corresponding to the equilibrium value of the CO_2 partial pressure in the "atmosphere – water" system for different years (T is temperature of surface water). The long-term average data on the chemical composition of Baikal water and atmospheric pressure over Baikal water area are used. (a - результаты самолетного зондирования концентрации CO_2 в тропосфере Западной Сибири. b - оценка величины pH, соответствующей равновесному значению парциального давления CO_2 в системе «атмосфера-вода», для разных лет. (Т-температура поверхностной воды). (Для расчета использованы многолетние средние данные о химическом составе Байкальской воды и атмосферного давления над акваторией Байкала).

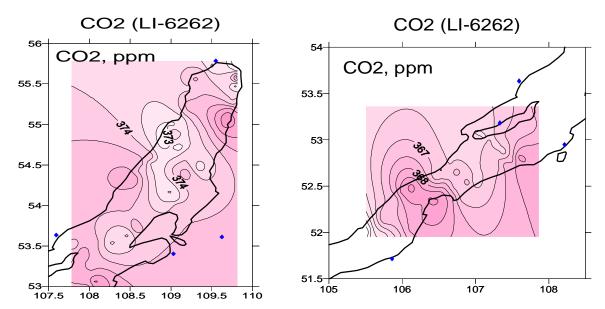


Figure 2. Results of airborne sensing of the content of CO2 over water area of Baikal (mean height 500 m), (a – July 25, 2008, b – July 27, 2008). Результаты самолетного зондирования содержания CO_2 над акваторией Байкала (средняя высота 500м), (a - 25 июля 2008г. b - 27 июля 2008 года).

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СО₂ НАД ОЗ.БАЙКАЛ В ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД ГОДА ПО ДАННЫМ САМОЛЕТНЫХ И СУДОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ Панченко М.В., Белан Б.Д., Аршинов М.Ю., Фофонов А.В.,

Домышева В.М.*, Сакирко М.В.*, Шмаргунов В.П.

Институт оптики атмосферы им. ак. В.Е.Зуева СО РАН, 1, пл. ак. Зуева, Томск 634021, Россия * Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

В настоящее время в проблеме климатических изменений наиболее дискуссионным является вопрос о причинах наблюдаемого роста концентрации CO₂ в атмосфере и его влиянии на глобальное потепление. На современном этапе изучения источников и стоков углекислого газа основное внимание исследователей сосредоточено на процессах региональных масштабов. Учитывая, что окружающая среда находится под воздействием возрастающей антропогенной нагрузки и климатических изменений, применить ранее накопленные данные не всегда представляется возможным. Для иллюстрации этого на рисунке 1а приведены данные самолетного зондирования углекислого газа в атмосфере Западной Сибири, а на рисунке 1b оценка величины pH, соответствующей равновесному значению парциального давления CO₂ в системе «атмосфера-вода», для разных лет. Как видим, межгодовые тренды роста CO₂

(Fig.1a), здесь хорошо согласуются с результатами, определяемыми ВМО по глобальной сети мониторинга.

Из рисунка 1b следует, что, даже предполагая многолетнее постоянство состава воды в какомлибо водоеме, рост концентрации CO₂ в атмосфере должен изменить границу равновесного значения.

Учитывая уникальность природы озера Байкал и его влияние на формирование погоды и климата региона, и ориентируясь на хорошую методическую основу, созданную за многие годы, с 2002 года нами начаты планомерные комплексные исследования процессов газообмена в системе «вода-атмосфера» оз. Байкал.

Поскольку большинство серий измерений в наших работах проводятся в литорали озера Байкал, возникает вопрос о пространственной изменчивости составляющих этого процесса для всей акватории озера.

Серия корабельных экспедиций 2008-2009 года позволила выявить основные черты пространственной картины распределения концентрации углекислого газа в приводной атмосфере (Сакирко и др., 2009). Показано, что над пелагиалью озера суточный ход парциального давления CO₂ в атмосфере выражен гораздо слабее, чем над прибрежной зоной. Максимальные вариации атмосферного давления углекислого газа над пелагиалью по данным наблюдений во всех рейсах не превышали 30 ppm.

Для получения более полного представления о распределении парциального давления CO₂ над акваторией озера нами были организованы самолетные измерения. Было проведено два полета в июле 2008 года. В каждом полете сначала проводился облет вдоль береговой линии озера на высоте 500 метров от поверхности. Далее измерения продолжались пересечением акватории озера галсами на разных высотах от 500 до 1000-1100 м. Анализ самолетных данных (Fig. 2) показал, что на этих высотах вариации парциального давления углекислого газа по всей площади Байкала от прибрежных зон до центра озера в каждом полете не превышают 1-3 ppm.

Разница средних значений содержания углекислого газа в атмосфере над Байкалом между двумя сериями наблюдений была обусловлена сменой синоптической обстановки (1 полет -364 ppm и 2 полет-376 ppm).

В целом полученные самолетные данные позволили убедиться, что в нижний слой атмосферы над акваторией Байкала не поступают отдельные шлейфы от отдаленных организованных источников и основные вариации CO₂ в пределах 10-15 ppm, в первую очередь, обусловлены синоптическими процессами.

Анализ судовых наблюдений позволяет заключить, что наблюдаемые пространственные и сезонные изменения амплитуд и знака разности парциальных давлений углекислого газ в воде и атмосфере определяются, главным образом, сезонными особенностями жизнедеятельности водной биоты Байкала.

Работа выполнена при поддержке программ: Президиума РАН № 16, Отделения Наук о Земле РАН №5 и No. 10.1, грантов РФФИ № 08-05-92499 и No. 08-05-00258, госконтрактов Роснауки № 02.518.11.7153 и 02.740.11.0674.

RESEARCH COMPLEX OF BAIKAL ATMOSPHERIC-LIMNOLOGICAL OBSERVATORY (AIMS, RESULTS, PROSPECTS)

Panchenko M.V., Khodzher T.V.*, Domysheva V.M.*, Sakirko M.V.*, Pestunov D.A., Shmargunov V.P., Zavoruev V.V.**, Belykh O.I.*, Pomazkina G.V.*

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, 1, Academician Zuev square, Tomsk 634021, Russia * Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

**Institute of Computational Modelling SB RAS, Academgorodok, Krasnoyarsk 660036, Russia <u>pmv@iao.ru</u>, <u>hydrochem@lin.irk.ru</u>, <u>valzav@icm.krasn.ru</u>

The choice of Baikal as a subject of investigation of the carbon cycle and its components makes it possible to go out of the frames of regional problems, because, in our opinion, Baikal is the only natural laboratory, in which the majority of processes can be selected in quite pure form.

On the first stage of investigations, the main attention was paid for the comprehensive study of the process of CO_2 gas exchange in the atmosphere – water surface system.

West coast of Southern Baikal was selected as the main site for carrying out regular long-term measurements and creation of the specialized Baikal atmospheric-limnological observatory (Figure 1).

Observations are carried out in 2-3 weeks long measurement cycles in different hydrological seasons. The method of accumulation chamber was preferred for measurement of the CO₂ fluxes. Chemical and fluorescent analyses of water were carried out in a field laboratory. The pH value, concentrations of dissolved oxygen, carbon dioxide, nitrate and phosphate were measured here, as well as scattering and fluorescent parameters of water samples. Biological analysis (processing of phyto- and picoplankton samples) was carried out after the expeditions in the laboratory of Limnological Institute SB RAS.

It is shown based on 25 cycles of observations that diurnal rhythm of variability of all measured characteristics is well pronounced in all seasons. The greatest amplitudes are observed in the period of hydrological summer until September, inclusively. Analysis of fluorescent characteristics and the content of

plankton in the surface water makes it possible to conclude that the gas exchange process closely related with the vital activity of biota, in its turn, regulates and restricts activity of the photosynthetic processes in water plants.

Further development of investigations plans the study of the CH₄ and carbon isotopes gas exchange processes.

The work was supported in part by Russian Foundation for Basic Research (grant No. 08-05-00258) and Program of basic researches of Department of Earth Sciences RAS No. 10.1.

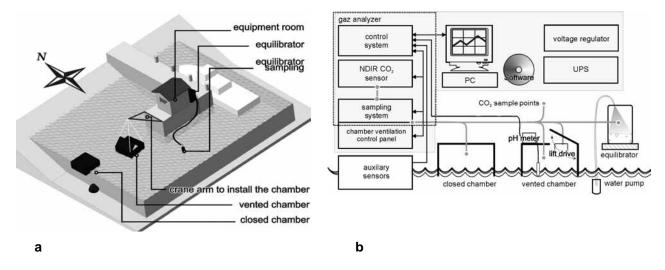


Fig. 1. External site of the Baikal atmospheric-limnological observatory – \mathbf{a} , block-diagram of the instrumentation and software complex – \mathbf{b} (Выносной пункт Байкальской атмосферно-лимнологической обсерватории – \mathbf{a} , состав аппаратно-программного комплекса – \mathbf{b}).

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ КОМПЛЕКС БАЙКАЛЬСКОЙ АТМОСФЕРНО-ЛИМНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ (ЗАДАЧИ, РЕЗУЛЬТАТЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ)

Панченко М.В, Ходжер Т.В.*, Домышева В.М.*, Сакирко М.В.*, Пестунов Д.А., Шмаргунов В.П., Заворуев В.В. **, Белых О.И.*, Помазкина Г.В.*

Институт оптики атмосферы им. ак. В.Е.Зуева СО РАН, 1, пл. ак. Зуева, Томск 634021, Россия * Лимнологический институт СО РАН ,3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

** Институт вычислительного моделирования СО РАН, Академгородок, Красноярск 660036, Россия

Выбор Байкала, как объекта исследования цикла углерода и его составляющих, позволяет выйти за рамки региональных задач, поскольку на наш взгляд Байкал является единственной природной лабораторией, в которой большинство процессов можно выделить в достаточно чистом виде.

На первом этапе исследований основное внимание сосредоточено на комплексном изучении процесса газообмена СО₂ в системе «атмосфера-водная поверхность».

Основным пунктом для постановки регулярных многолетних измерений и создания специализированной *Байкальской атмосферно-лимнологической обсерватории* было выбрано западное побережье Южного Байкала (Fig.1).

Наблюдения проводятся измерительными циклами продолжительностью 2-3 недели в разные гидрологические сезоны. Для измерения потоков CO₂ предпочтение отдано методу накопительных камер. Химический и флуоресцентный анализ воды проводится в полевой лаборатории. Здесь измеряется pH, концентрации растворенного кислорода, углекислого газа, нитрата и фосфата, а так же рассеивающих и флуоресцентных характеристик проб воды. Биологический анализ (обработка проб фито– и пикопланктона) осуществляется после экспедиции в лаборатории Лимнологического института СО РАН.

На основе данных 25 циклов наблюдений показано, что для каждого гидрологического сезона хорошо выражен суточный ритм изменчивости всех измеряемых характеристик. Наибольшие амплитуды наблюдаются в период гидрологического лета по сентябрь месяц включительно. Анализ флуоресцентных характеристик и содержания планктона в поверхностной воде позволил заключить, что процесс газообмена, тесно связанный с жизнедеятельностью биоты, в свою очередь, регулирует и лимитирует активность фотосинтетических процессов водорослей.

Дальнейшее развитие исследований предполагает изучение процессов газообмена CH₄ и изотопов углерода.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 08-05-00258 и Программы фундаментальных исследований ОНЗ РАН № 10.1.

ESTIMATES OF ASIAN DUST DEPOSITION OVER THE ASIAN REGION BY USING ADAM 2 IN MARCH 2010

Park Soon-Ung, Choe Anna, Park Moon-Soo

Center for Atmospheric and Environmental Modeling Seoul, Korea

supark@snu.ac.kr

The Asian Dust Aerosol Model 2(ADAM2) with the MM5 meteorological model has been employed to estimate the dust (PM10) concentration, wet and dry depositions of dust in the Asian region in March 2010 when 4 Asian dust events are observed at the most of monitoring sites in Korea with a maximum concentration exceeding 2,500 µg m-3 at sites located in the southern part of Korea. The model simulates guite well the starting and ending times and their peak dust concentration occurring times both in the dust source region and the downstream region. The monthly mean dust concentration near the surface in the source region is found to be 34 μg m-3 in the Taklimakan desert, 100 μg m-3 in northwestern China, 267 μg m-3 in Central northern China, 125 µg m-3 in northeastern China, 4 µg m-3 in northwestern India and 0.2 µg m-3 over the Tibetan Plateau and the monthly total deposition of dust is found to be 3.65 t km-2 (wet deposition 1.00 t km-2; dry deposition 2.65 t km-2), 11.82 t km-2 (wet 0.69 t km-2 :dry 11.13 t km-2), 25.38 t km-2 (wet 1.42 t km-2; dry 23.96 t km-2), 10.19 t km-2 (wet 1.12 t km-2 ;dry 9.07 t km-2), 0.16 t km-2 (wet 0.01 t km-2 ; dry 0.15 t km-2) and 0.009 t km-2 (wet 0.002 t km-2; dry 0.007 t km-2) in the respective regions. On the other hand in the downstream regions the monthly mean dust concentration is found to be 62 µg m-3 in the Yellow Sea, 33 µg m-3 in the Korean peninsula, 17 µg m-3 in the East Sea, 4 µg m-3 in the northwestern Pacific Ocean, 25 µg m-3 in the East China Sea, 1.4 µg m-3 in the South China Sea and 0.7 µg m-3 in South East Asia. The monthly total deposition of dust is found to be 2.33 t km-2, 2.36 t km-2, 2.22 t km-2, 1.46 t km-2, 0.69 t km-2, 0.026 t km-2 and 0.015 t km-2 in the respective regions. The primary dust removable process from the atmosphere is found to be dry deposition over the dust source region whereas the wet deposition predominates over the ocean. The estimated dust deposition could adversely impact the eco-environmental system in the downstream regions of the dust source regions significantly.

LONG-TERM FORECASTING OF POLLUTION RISK OF THE BAIKAL REGIONAL ATMOSPHERE Penenko V.V.

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 6, Ac. Lavrentjeva av., Novosibirsk 630090, Russia penenko@sscc.ru

A concept and methods of optimal forecasting of atmospheric environment variability under the influence of different factors are considered. Air quality in industrial regions depends on how emission, transport and transformation processes of natural and man-made gas substances and aerosols are realized in the real atmosphere. One of the main problems is adequate presentation of available data on atmospheric behavior for the goals of long-term prediction.

To make prognoses, a system of modeling is designed, in which the models of hydrodynamics are combined with those of transport and transformation of substances. In the frames of the system, all goal prognostic criteria and restrictions on the class of functions, available data and models for description of the processes and measurements are linked in the integrated model set by means of variational principles. Our technology complete the traditional approaches in which the changes of the prognostic state functions are calculated by direct modeling methods.

A feature of novelty of the proposed forecasting technology is as follows. Information on the main elements of the "long-term memory" is extracted from the climatic data of about 60-year period.

These data are used for the construction of hydrodynamic scenarios. As provided by the scenarios, the regions of the climate caused risks and vulnerability are calculated with the help of inverse modeling procedures. After that, the forecasts are compiled with the use of factual information about acting or potentially possible sources of emission.

To analyze the climatic data and the results of modeling, the methods of orthogonal decomposition are used. Besides, uncertainty functions are explicitly introduced into the models of processes and observations. This increases the possibilities of the modeling system. The variational principles are formulated with weak constraints to provide the work with such objects. Optimality is meant in the sense that estimations of the goal functionals do not depend on the variations of the sought functions in the phase spaces of the dynamics of the physical system under consideration as well as on the variations of solutions of the corresponding adjoint problems generated by variational principles.

The technology of optimal forecasting allows one to assess the state functions and functionals and the functions of sensitivity, risk, and uncertainty. Joint analysis of all this information gives the bases for ecological design, arrangement of nature-protecting strategies and directed monitoring with real-time data assimilation and allowance for the feedback from the goal functionals to the models.

Under climate caused risks we mean the possibilities of appearance of ecologically unfavourable situations that can arise under joint action of natural and anthropogenic factors in the specific conditions of atmospheric circulation which are formed by the climatic system. From this point of view the feature of the Lake Baikal region as a part of the climatic system is in the fact that the lake is the meaningful climate-generating

factor in the south of Siberia. The action of the factor is connected with the intensive summer Sayan-Altai cyclogenesis and the winter Asia anticyclone.

As a result of studies of many years global climatic information by means of orthogonal decomposition methods, it is revealed that the region is situated in the zone of adjacency of the large scale circulation systems that are formed in the competition between two oceans: the Atlantic and the Pacific (in cold time) and the Indian and the Arctic (in warm time). All this creates prerequisites for the high degree variability of atmospheric processes in the region. Thus the zone of direct influence of Lake Baikal is that of potential accumulation of pollution which incomes not only from the neighbors but from the vast territories of Northern Hemisphere: Siberia, China, Mongolia. It is necessary to study such pecularities and take them into account for assessment of ecological perspectives for the region and the lake.

The work is supported by the Presidium of RAS under Program No 4, the Department of Mathematical Sciences, RAS, under Program No 3, the Russian Foundation for Basic Research under grant 07-05-00673.

ДОЛГОСРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА Пененко В.В.

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 6, пр. Академика Лаврентьева, Новосибирск 630090, Россия

Обсуждаются концепция и методы оптимального прогнозирования изменений окружающей среды под влиянием различных факторов. Качество воздуха в индустриальных регионах зависит от того, как реализуются в реальной атмосфере процессы эмиссии, переноса и трансформации газо-аэрозольных субстанций естественного и антропогенного происхождения. Одна из основных проблем состоит в том, чтобы адекватно представить имеющиеся данные о состоянии атмосферы для целей долгосрочного прогнозирования.

Для построения прогнозов создана система моделирования, в которой объединены модели гидродинамики атмосферы с моделями переноса и трансформации примесей. В рамках этой системы все целевые критерии прогноза и ограничения на класс функций, доступная фактическая информация и модели для описания процессов и наблюдений связываются в единый комплекс с помощью вариационных принципов. Наша технология дополняет традиционные подходы, в которых методами прямого моделирования рассчитываются изменения функций состояния среды.

Новизна предлагаемой нами технологии прогнозирования состоит в следующем. Из климатических данных за период времени более 60 лет извлекается информация о «главных элементах долговременной памяти» для составления гидродинамических сценариев. С применением методов обратного моделирования по этим сценариям рассчитывают области климатически обусловленных экологических рисков и уязвимости территорий. Далее по ним составляют прогнозы с использованием фактической информации о действующих и потенциально возможных источниках воздействий.

Для анализа климатических данных и результатов моделирования используют методы ортогональной декомпозиции. Кроме того, в модели процессов и наблюдений вводятся явно функции неопределенностей. Это расширяет возможности системы моделирования, и для работы с такими объектами вариационные принципы формулируются со слабыми ограничениями. Оптимальность понимается в том смысле, что оценки целевых функционалов не зависят от вариаций искомых функций в фазовых пространствах динамики изучаемой физической системы и от вариаций решений соответствующих сопряженных задач, порождаемых вариационными принципами.

Специальная технология оптимального прогнозирования позволяет оценивать функции и функционалы состояния, функции чувствительности, риска и неопределенностей. Совместный анализ всей этой информации в комплексе дает основу для решения задач экологического проектирования, организации природоохранных стратегий и направленного мониторинга с усвоением данных наблюдений в режиме реального времени с учетом обратных связей от целевых функционалов к моделям.

Под климатически обусловленными рисками мы понимаем возможность возникновения экологически неблагоприятных ситуаций, обусловленных совместным действием естественных и антропогенных факторов в специфических условиях атмосферной циркуляции, которая формируется климатической системой. С этих позиций специфика Байкальского региона как части глобальной климатической системы состоит в том, что озеро Байкал является значимым климатообразующим фактором на юге Сибири. Действие этого фактора сопряжено с влиянием интенсивного летнего Саяно-Алтайского циклогенеза и зимнего азиатского антициклона. В результате исследований многолетней глобальной климатической информации методами ортогональной декомпозиции выявлено, что регион находится в зоне раздела крупномасштабных циркуляционных систем, формирующихся при «соперничестве» двух океанов: Атлантического и Тихого (в холодный период) и Индийского и Северно-Ледовитого (летом). Это создает предпосылки к тому, что атмосферные процессы в регионе имеют высокую степень изменчивости, а зона непосредственного влияния Байкала является потенциальным аккумулятором загрязнений, распространяющихся не только с прилегающих территорий региона, но и из обширных территорий Северного полушария: Сибири, Китая, Монголии. Эти особенности необходимо исследовать и принимать во внимание для оценки экологических перспектив региона и озера.

Работа выполнена при поддержке Программ №4 Президиума РАН и №3 ОМН РАН, а также проекта РФФИ №07-05-00673.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE CO₂ FLUXES IN LAKE BAIKAL DURING THE PRE-FREEZING PERIOD

Pestunov D.A., Domysheva V.M.*, Sakirko M.V.*, Panchenko M.V.

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, 1, Academician Zuev square, Tomsk 634021, Russia * Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia <u>pmv@iao.ru</u>, <u>hydrochem@lin.irk.ru</u>

In the framework of the problem of the observed increase of the content of one of the most important greenhouse gases – carbon dioxide - in the atmosphere, analysis of the mechanisms determining the direction and intensity of CO_2 fluxes in the atmosphere – water system seems to be important.

The method of accumulation chambers was applied for measurement of the CO_2 fluxes, and the concentration of carbon dioxide in water was determined both by "equilibrator" and by calculation from the chemical composition of surface water. It is expedient to analyze the dynamics of the gas exchange processes in the littoral zone of Lake Baikal not during the calendar dates, but in different seasons, which are determined by hydrological and biological processes.

In this paper we consider the pre-freezing period, which is characterized by the absence of ice cover, and the temperature of surface water is 1-2°C. As the water is cooled to 1°C, solubility of carbon dioxide in water increases almost 1.5 times in comparison with summer time. However, due to significantly decreased the content of plankton and, hence, the intensity of photosynthesis, as well as the continuing destruction of organic substances, the CO₂ concentration in water increases significantly in December. It causes the growth of partial pressure in the atmosphere. This process determines the direction of the flux from the water surface into the atmosphere (Fig.1). The average rate of CO₂ emission from the water surface to the atmosphere in the littoral zone of Southern Baikal, according to the results of four measurement cycles performed in December 2005, 2006, 2008, and 2009, is 110 mg CO₂ m⁻² day⁻¹.

Thus, according to the data of our measurements, the littoral zone of Lake Baikal during the pre-freezing period is the source of carbon dioxide.

The work was supported in part by Russian Foundation for Basic Research (grant No. 08-05-00258) and Program of basic researches of Department of Earth Sciences RAS No. 10.1.

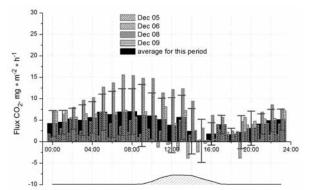


Fig. 1. Average daily the CO₂ flux in the water – atmosphere system during the pre-freezing period. Hatched area at the bottom shows the mean duration of insolation (Среднесуточный поток углекислого газа в системе «вода-атмосфера» в предледоставный период. Заштрихованная область внизу показывает среднюю продолжительность инсоляции).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТОКОВ СО2 В ПРЕДЛЕДОСТАВНЫЙ ПЕРИОД НА ОЗЕРЕ БАЙКАЛ

Пестунов Д.А., Домышева В.М. *, Сакирко М.В. *, Панченко М.В.

Институт оптики атмосферы им. ак. В.Е.Зуева СО РАН, 1, пл. ак. Зуева, Томск 634021, Россия * Лимнологический институт СО РАН ,3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

В рамках исследования проблемы увеличения содержания одного из наиболее значимых парниковых газов - углекислого газа - в атмосфере в современный период важным представляется анализ механизмов, определяющих направление и интенсивность потоков CO₂ в системе «атмосфера – вода».

Для измерения потоков CO₂ нами применяется метод накопительных камер, а концентрация углекислого газа в воде определяется, как с помощью «эквилибратора», так расчетом из химического состава поверхностной воды. Анализ динамики процессов газообмена в течение года в литорали озера Байкал целесообразно проводить для разных сезонов, которые определяются гидрологическими и биологическими процессами, а не календарными сроками. В настоящей работе рассматривается «предледоставный» период, который характеризуется отсутствием ледового покрова и температурой поверхностной воды около 1-2°С. При охлаждении воды до 1°С растворимость углекислого газа в воде увеличивается почти в 1,5 раза, по сравнению с летним периодом. Однако из-за снижения содержания планктона и, соответственно, интенсивности фотосинтеза, а также благодаря продолжающейся деструкции органического вещества, концентрация CO_2 в воде в декабре значительно возрастает. Она ведет к росту парциального давления растворенного в воде газа, которое превышает величину парциального давления в атмосфере. Именно эти процессы и определяют направление потока CO_2 с водной поверхности в атмосферу (рис. 1). Средняя скорость выхода углекислого газа с водной поверхности в атмосферу в литорали Южного Байкала по результатам измерительных циклов, выполненных в декабре 2005, 2006, 2008, 2009 гг., составила 110 мгCO₂ м⁻² сут⁻¹.

Таким образом, по данным наших измерений литоральная зона озера Байкал в предледоставный период является источником углекислого газа.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 08-05-00258 и Программы фундаментальных исследований ОНЗ РАН № 10.1.

STUDY OF THE TRANSFER AND TRANSFORMATION OF ANTHROPOGENIC SUBSTANCES IN THE ATMOSPHERE OF SOUTHERN LAKE BAIKAL

Potemkin V.L., Makukhin V.L.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

klimat@lin.irk.ru

Irkutsk region is one of the most contaminated by mercury compounds in Russia. By its impact on the organism, the mercury is attributed to the first-class danger ("extremely hazardous") substances. Despite this, the mercury and its compounds are widely used in various industries. Each year up to 10 tons of mercury goes into environment due to human activity. Three industries are major anthropogenic sources of its emission: non-ferrous metallurgy plants receiving the metal from the mercury-containing rocks, mining and processing of ores of various metals, where the mercury acts as a companion component, chemical and electrochemical industries. Pollution of environment occurs also during combustion of liquid and solid fuels, as well as the use of mercury for extraction and concentration of gold.

The purpose of this study was to investigate the processes of distribution and deposition of mercury compounds in the region of Southern Lake Baikal using mathematical models of propagation and transformation of pollutants. Industrial facilities located in the cities of Usolie-Siberian, Angarsk, Shelekhov, Irkutsk, Slyudyanka, and Baikalsk served as the sources of Hg emissions.

Modeling of propagation of pollutants was carried out in the area 200×200 km2 and height 4 km above the surface of Lake Baikal. Temporal and spatial (horizontal) steps were specified to be 150 s and 1 km, respectively. A step along the vertical axis was specified as follows: it was 50 m from the water surface to 350 m height, and further 150, 500, 1000, and 2000 m. The coefficients of turbulent diffusion were calculated using the ratios of the semi-empirical theory of turbulence.

The contribution of enterprises located in the Baikal region into contamination of Southern Lake Baikal by the mercury compounds by air emissions was estimated. It was found that emissions of the enterprises located in the cities of Slyudyanka and Baikalsk have the greatest impact on the lake (72% of the total). Much less is the effect of the Irkutsk-Cheremkhovo industrial complex (28%), due to remoteness of its sources of emissions from the lake and the presence of orographic irregularities that impede the transfer of impurities.

To evaluate terrain influence on the mercury transfer in the Baikal region, we made calculations both taking into account the terrain and missing it. It was found that when there is the north-west wind of 2 m / s velocity, the Primorsky ridge and the plateau Olkhinskoye hold up about a third of the mass of mercury entering the lake surface.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА И ТРАНСФОРМАЦИИ АНТРОПОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРЕ ЮЖНОГО БАЙКАЛА

Потемкин В.Л., Макухин В.Л.

Лимнологический институт СО РАН ,3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Иркутская область является одной из наиболее загрязненных соединениями ртути в России. По степени воздействия на организм ртуть характеризуется первым классом опасности («вещества чрезвычайно опасные»). Несмотря на это, ртуть и её соединения широко применяются в различных отраслях хозяйства. За счёт хозяйственной деятельности человека в окружающую среду ежегодно поступает до 10 тыс. тонн ртути. Основными техногенными источниками её эмиссии являются три отрасли промышленности: комбинаты цветной металлургии, получающие данный металл из ртуть содержащих пород; предприятия по добыче и переработке руд различных металлов, где ртуть выступает как сопутствующий компонент; предприятия химической и электрохимической промышленности. Загрязнение окружающей среды происходит и при сжигании жидкого и твёрдого топлива, а также при использовании ртути для экстрагирования и концентрирования золота.

Целью данной работы было исследование процессов распространения и осаждения соединений ртути в регионе Южного Байкала с помощью математической модели распространения и трансформации примесей. Источниками выбросов Hg являются промышленные объекты городов Усолье-Сибирское, Ангарск, Шелехов, Иркутск, Слюдянка, Байкальск.

Моделирование процессов распространения примесей проводилось в области площадью 200×200 км² и высотой 4 км над поверхностью оз. Байкал. Шаги по времени и горизонтали составляли 150 с и 1 км, соответственно. Шаг по вертикали задавался следующим образом: до высоты 350 м он равнялся 50 м, далее – 150, 500, 1000 и 2000 м. Коэффициенты турбулентной диффузии рассчитывали с использованием соотношений полуэмпирической теории турбулентности.

Оценен вклад предприятий Приангарья и Прибайкалья в загрязнение Южного Байкала ртутью при атмосферных выбросах. Получено, что наибольшее влияние на озеро оказывают выбросы предприятий Слюдянки и Байкальска, их вклад равен 72 %. Значительно меньше влияние Иркутско-Черемховского промышленного комплекса – 28 %, что обусловлено удалённостью источников выбросов от озера и наличием орографических неоднородностей, препятствующих переносу примесей.

Оценено влияния рельефа местности на перенос ртути в Прибайкалье. Для этого были выполнены расчёты с учётом рельефа местности и без него. Получено, что при северо-западном ветре со скоростью 2 м/с Приморский хребет и Олхинское плато задерживают примерно третью часть от массы ртути, поступившей на акваторию озера.

HYDROLOGICAL SUMMER AT LAKE BAIKAL – THE PERIOD OF MAXIMUM SINK $\rm CO_2$ FROM AN ATMOSPHERE

Sakirko M.V., Domysheva V.M., Pestunov D.A.*, Panchenko M.V.*

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia * V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, 1, Academician Zuev square, Tomsk 634021, Russia hydrochem @lin.irk.ru, pmv@iao.ru

As applied to conditions of Lake Baikal, we selected the value of daily mean temperature of water surface below or above 10°C as a simple criterion of division into seasons. According to this definition, hydrological summer in the littoral zone of Southern Baikal, as a rule, begins in the second half of July and continues until the middle of September.

Generalizing the data on seasonal features of the carbon dioxide gas exchange process in the atmosphere – water system in the littoral zone of Southern Baikal, let us note that the maximum amplitudes of the diurnal behavior of CO2 in water and sink of carbon dioxide from the atmosphere to the water surface are observed in August. The mean rate of the sink in August – September in the littoral zone of southern Baikal estimated from the results of four measurement cycles is 100 mgCO2 m-2day-1 (Figure 1a).

Experiment on simultaneous measurement of the diurnal behaviors of the CO2 fluxes in littoral and pelagic zones of the lake has shown that the diurnal behavior of the carbon dioxide flux was absent in the pelagic zone, and the sink to the surface was observed during the whole period of measurements, and its daily mean value is 3 times greater than in the littoral zone 9326 mgCO2 m-2day-1 and 95 mgCO2 m-2day-1, respectively, Fig. 1b).

Thus, data of measurements allow us to conclude that, during the period of hydrological summer, Baikal is the sink of carbon dioxide, and the contribution of the pelagic zone of the lake into the daily mean sink is noticeably greater than that of the littoral zone.

The work was supported in part by Russian Foundation for Basic Research (grant No. 08-05-00258) and Program of basic researches of Department of Earth Sciences RAS No. 10.1.

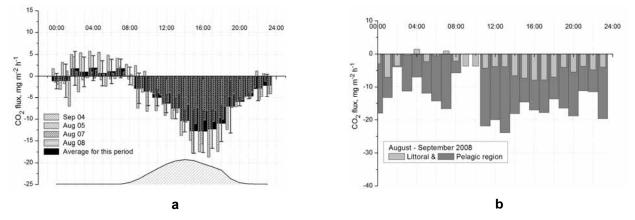


Figure 1. Mean diurnal behavior of fluxes in summer 2004-2008 – **a** (hatched region at the bottom shows the mean duration of insolation in this period) and comparison of the mean diurnal behavior of fluxes in the littoral and pelagic zones of the lake – **b**. (Среднесуточный ход потоков летом 2004-2008 г.г. – **a** (заштрихованная область внизу показывает среднюю продолжительность инсоляции в данный период) и Сравнение среднесуточного хода потоков в литорали и пелагиали озера – **b**).

ГИДРОЛОГИЧЕСКОЕ ЛЕТО НА ОЗЕРЕ БАЙКАЛ - ПЕРИОД МАКСИМАЛЬНОГО СТОКА СО₂ ИЗ АТМОСФЕРЫ

Сакирко М.В., Домышева В.М., Пестунов Д.А.*, Панченко М.В.*

Лимнологический институт СО РАН ,3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия *Институт оптики атмосферы им. ак. В.Е. Зуева СО РАН, 1, пл. ак. Зуева, Томск 634021, Россия

Применительно к условиям на Байкале, в качестве простого критерия разбиения на сезоны нами было выбрано значение среднесуточной температуры поверхности воды ниже или выше 10⁰С. Согласно этому определению, гидрологическое лето в литорали Южного Байкала, как правило, наступает во второй половине июля и продолжается до середины сентября.

Обобщая полученные в течение ряда лет материалы о сезонных проявлениях процесса газообмена углекислого газа в системе «атмосфера-вода» в литорали Южного Байкала, отметим, что максимальные амплитуды суточного хода CO₂ в воде и стока углекислого газа из атмосферы на водную поверхность наблюдаются в августе. Средняя скорость стока в августе – сентябре в литорали Южного Байкала по результатам четырех измерительных циклов составила -100 мг CO₂ м⁻² сут⁻¹ (Fig. 1a).

Эксперимент по одновременному измерению суточного хода потоков CO₂ в литорали и пелагиали озера показал, что в пелагиали практически отсутствовал суточный ход потока углекислого газа и сток на поверхность озера наблюдался в течение всего периода измерений, а его среднесуточная величина выше в 3 раза, чем в литорали, 326 мгCO₂ м⁻² сут⁻¹ и 95 мгCO₂ м⁻² сут⁻¹, соответственно. (Fig. 16).

Таким образом, данные измерений позволяют заключить, что в период гидрологического лета Байкал является стоком углекислого газа, причем пелагиаль озера по мощности среднесуточного стока заметно превышает вклад литорали.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 08-05-00258 и Программы фундаментальных исследований ОНЗ РАН № 10.1.

PECULIARITIES OF DISTRIBUTION OF ATMOSPHERIC AEROSOL CHEMICAL COMPOSITION OVER BAIKAL LAKE BASIN

Simonenkov D.V, Belan B.D., Ivlev G.A., Rasskazchikova T.M., Tolmachev G.N.

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, 1, Academician Zuev square, Tomsk 634021, Russia simon@iao.ru

The present paper is aimed at the study of the peculiarities in the spread of chemical elements over the water area of Baikal Lake. It was initiated by the phenomenon of air circulation on the lake perimeter counterclockwise revealed in the course of airborne atmospheric sensing in september 1991. Thus, there are two circulation branches above the water area, about 600 km long each, which move in the opposite directions along the west and the east coastline of the lake. This phenomenon explains the occurrence of the aerosol, whose chemical composition is close to that of the Irkutsk industrial center, above the entire water area of the lake.

Airborne sensings in boundary layer of Baikal Lake atmosphere were repeated in June 1995 and July 2008. To analyze the chemical composition of the aerosol, atmospheric air was pumped through the Petryanov filters. To analyze the insoluble aerosol fraction the atomic emission spectroscopy was used. To analyze the ionic composition of aerosol particles the atomic absorption and the high performance liquid chromatography methods were used.

Because of the large time interval between the expeditions and diffrent conditions, we cannot representatively compare the quantitative aerosol composition in the same measurement sites. However, the pattern of atmospheric aerosol distribution above the water area of the lake may result in pollution of the northern part of Lake Baikal, although powerful sources of emissions are absent there.

This work is supported by the Program No. 16 of Presidium of RAS, Program No5 of the Branch of Geology, Geophysics, Geochemistry and Mining Sciences of RAS, Russian Foundation for Basic Research (grant No 08-05-92499), Ministry of Education and Science of Russian Federation (grants №№ 02.515.11.5087 and 02.518.11.7153).

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ НАД КОТЛОВИНОЙ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Симоненков Д. В., Белан Б. Д., Ивлев Г. А., Рассказчикова Т. М., Толмачев Г.Н.

Институт оптики атмосферы им. ак. В.Е.Зуева СО РАН, 1, пл. ак. Зуева, Томск 634021, Россия

Целью данной работы является исследование закономерностей распространения химических компонентов в составе атмосферного аэрозоля над акваторией оз. Байкал. В ходе первого самолетного зондирования атмосферы котловины озера, выполненного самолётом-лабораторией Ан-30 «Оптик-Э» еще в сентябре 1991 г., было обнаружено явление круговой циркуляции воздуха вдоль периметра озера, имеющее основное направление против часовой стрелки в горизонтальной плоскости. То есть обнаружилось, что над акваторией озера существуют две ветви циркуляции, каждая протяженностью порядка 600 км, имеющие противоположные направления движения вдоль западного и восточного берегов озера. Эта циркуляция позволила объяснить распространение по всей акватории озера

аэрозоля с достаточно однородным химическим составом, который близок к составу выбросов иркутского промышленного центра.

Повторные самолетные зондирования в пограничном слое атмосферы над акваторией озера выполнялись в июне 1995 г. и в июле 2008 г.. Отбор проб атмосферного аэрозоля производился на фильтры Петрянова. Для анализа химического состава аэрозоля использовались физико-химические методы анализа: атомно-эмиссионная спектроскопия (элементный состав), атомная абсорбция и высокоэффективная жидкостная хроматография (ионный состав).

Большой временной интервал между экспедициями и различные условия отбора не позволяют репрезентативно сравнивать данные по количественному составу аэрозоля на одних и тех же участках измерения. Однако, характер распределения атмосферного аэрозоля над акваторией озера показывает, что значительное загрязнение имеется и в северной части озера, несмотря на отсутствие там мощных источников выбросов.

Работа выполнена при поддержке Президиума РАН (программа №16), Отделения Наук о Земле РАН (№5), гранта РФФИ № 08-05-92499, госконтрактов Роснауки № 02.518.11.7153 и № 02.515.11.5087.

MEASUREMENT OF DIMETHYL SULFIDE CONTAINED IN SURFACE WATER OF LAKE BAIKAL Toda K, Obata T, Tokunaga W, Kuwahara H, Obolkin V*, Potemkin V*, Khodzher T.*

Department of Chemistry, Kumamoto University, 2-39-1, Kurokami, Kumamoto 860-8555, Japan * Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia todakei@sci.kumamoto-u.ac.jp

Sulfur compounds plays important role in natural water. Sulfide removes heavy metals from the bulk water. Living things produce sulfur containing amino acids and other compounds such as dimethylsulfoniopropionate (DMSP) which controls osmotic pressure of cells. Major sulfur compounds are volatile and will be emitted to atmosphere. Lovelock proposed contribution of DMS emission from ocean as a source of atmospheric sulfur, many researchers have been investigating DMS in oceanic atmosphere. However, there are few reports on DMS in limnological waters. The sulfur compounds are unstable so that they should be analyzed on site. We have developed a new method to determine these compounds in low concentrations. It was based on vaporization of the volatile compounds and collection of the vapors. The gaseous sulfur compounds can be measured by our new instruments called micro gas analysis system (GGAS) and single column trapping/separation (SCTS-CL). We have measured gaseous sulfur compounds by these instruments around pulp and paper plants (Toda et al., 2010). For water analysis, on the other hand, 10 mL of sample water placed in a plastic sample tube and then purified air was bubbled through the solution. The generated vapors were introduced to GAS and SCTS-CL instruments to measure DMS. H₂S and CH₃SH were also measured simultaneously. These methods were very sensitive even they could be performed on ship. The sampling and measurements were performed on ship "Papanin" in summer 2009 in Lake Baikal. Though the levels were very low, in nanomole per liter, but DMS was detected in the all sample waters.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE POLLUTION DEPOSITION IN PLUME OF NORILSK MINING AND SMELTING COMPLEX Tolmachev G.N., Belan B.D. & Simonenkov D.V.

Tolmacnev G.N., Belan B.D. & Simonenkov D.V.

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, 1, Academician Zuev square, Tomsk 634021, Russia <u>simon@iao.ru</u>

Norilsk is the largest industrial center in Arctic and one of the largest in Siberia. The main sources of air pollution are non-ferrous metallurgy enterprises including in Norilsk mining and smelting complex. Emissions of sulfur dioxide by these enterprises were the highest in the former USSR and reached 10% of the total emissions. It provided 96% of emissions, and 1–1.5% were dust, carbon oxide, and nitrogen oxides. One of the negative effects of emissions of industrial enterprises of Norilsk on environment is fall-out of sulfur compounds from the atmosphere.

The measurements data of gases concentrations, chemical and dispersive composition of aerosol, and meteorology carried out by means of both Antonov-30 "Optik-E" airborne-laboratory and ground-based mobile station in Norilsk region on November 2002 and August 2004 were used to construct evaluate a degree and character of Norilsk mining plant influence on air basin quality.

In addition to direct measurements during the flight on 10th November 2002 the aerosol samples were collected, from which one can follow the transformation from gas to particle. The paths were selected perpendicularly to the wind direction at different distance from the source (of 50 to 120 km far from the city). Under inversion layer at altitude 400 m the content of sulfate arisen from 4 to 51 % mass., as calcium content declined from 64 to 9 % mass. However, high SO2 content in the aged plume in combination with dry arctic air allowed to draw a conclusion that there were observed dry heterogeneous condensation of SO2 up to CaSO3, that then is oxidized to CaSO4 by photochemical mechanism and fall out from atmosphere. Probably, life time of SO2 in such solitary plumes can amount to many days. It is clarified occurrence of affection by acid precipitation of some zones of Siberian taiga for many hundreds kilometers from Norilsk.

Thus, it follows from the experiment that the concentration of sulfur dioxide remains high in urban plume at significant distances. The effective transformation gas-to-particle begins at the distance more than 50 km from the source, which is accompanied by the change of the aerosol chemical composition. As a result, sulfate aerosol begins to dominate. Moreover, the estimates have shown that precipitated amount of sulfates generated in the plume can reach the value of 281 t/(km2 year) in the region where this process occurs. Our estimate of sedimentation of sulfates is significantly greater than the mean value obtained earlier for the territory of the former USSR and is close to the estimates obtained for the regions with high volumes of emissions of sulfur dioxide (Fournier N., et.al., 2004), although it exceeds them by 1.5–2 times.

This study was done according to order of the Institute of Forest SB RAS and was supported in part by Interdisciplinary project SB RAS No. 130 "Ecology of industrial cities of Siberia" and Russian Foundation for Basic Research (grants No. 04–05–08010, 04–05–64559, 08-05-92499). This work is also supported by the Program No. 16 of Presidium of RAS, Program No5 of the Branch of Geology, Geophysics, Geochemistry and Mining Sciences of RAS, Ministry of Education and Science of Russian Federation (grants № 02.515.11.5087 and 02.518.11.7153).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОСАЖДЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ ИЗ ШЛЕЙФА НОРИЛЬСКОГО ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА Белан Б. Д., Симоненков Д. В., Толмачев Г. Н.

Институт оптики атмосферы им. ак. В.Е.Зуева СО РАН, 1, пл. ак. Зуева, Томск 634021, Россия

Норильск – крупнейший промышленный центр Заполярья и один из самых крупных в Сибири. Основными источниками загрязнения воздуха являются предприятия цветной металлургии Норильского горно-металлургического комбината. Выбросы двуокиси серы этими предприятиями были самыми высокими в бывшем СССР и достигали 10% от общих. В составе выбросов на нее приходилось 96%; на пыль, окись углерода и окислы азота – по 1-1.5%. Одним из неблагоприятных воздействий на окружающую среду выбросов промышленных предприятий Норильска является осаждение соединений серы из атмосферы.

С целью определения степени и характера воздействия Норильского горно-металлургического комбината на состояние воздушного бассейна прилегающих регионов дважды в этом десятилетии проводились комплексные зондирования их атмосферы и шлейфов выбросов НГМК с использованием самолета-лаборатории Ан-30 «Оптик-Э».

Помимо прямых измерений, в ходе полета 10 ноября 2002 г. отбирались пробы аэрозоля, по которым можно проследить переход газ-частица. Маршруты выбирались перпендикулярно направлению ветра и проходили на различном удалении от источника. В этом диапазоне в подинверсионном слое на высоте 400 м, по мере удаления от источника, доля сульфат-аниона в составе аэрозоля возрастала с 4 % до 51 %, а кальция уменьшалась с 64 % до 9 %. В то же время сохранение высоких концентраций сернистого ангидрида в «старых» шлейфах (по данным траекторного анализа), а также отмеченное впервые частое несовпадение зон его повышенных концентраций и аэрозоля, в сочетании с низким содержанием в полярной атмосфере влаги, позволяет сделать вывод о доминировании механизма «сухой» гетерогенной конденсации SO2 через стадию сульфита кальция с последующим фотохимическим доокислением последнего до сульфата и выпадения из атмосферы. Время жизни сернистого ангидрида в изолированных шлейфах, при отсутствии осадков, по всей видимости, может достигать многих суток, что объясняет случаи поражения кислотными дождями участков сибирской тайги в нескольких сотнях километров от Норильска.

Таким образом, из проведенного эксперимента следует, что концентрация диоксида серы остается высокой в городском шлейфе на значительном расстоянии, При этом, на удалении свыше 50 км от источника начинается интенсивный переход газ—частица, сопровождаемый изменением химического состава аэрозоля. В результате доминирующим становится сульфатный аэрозоль. Мы получили, что осаждение образовавшихся в шлейфе сульфатов может достигать величины 281 т/км2 год в районе, где этот процесс осуществляется. Приведенная оценка по осаждению сульфатов значительно больше величины, полученной ранее в среднем для территории бывшего СССР. И близка к оценкам, которые сделаны для регионов с высокими объемами выбросов диоксида серы (Fournier N., et.al., 2004), хотя и превышает их в 1,5-2 раза.

Эксперимент выполнен по заказу Института леса им. В.Н.Сукачева СО РАН, г.Красноярск, при поддержке Междисциплинарного проекта СО РАН №130 «Экология промышленных городов Сибири» и грантов РФФИ №04-05-08010, 04-05-64559, 08-05-92499. Исследование также поддержано Президиумом РАН (программа №16), Отделением Наук о Земле РАН (№5), госконтрактами Роснауки (02.518.11.7153, 02.515.11.5087).

DIURNAL VARIATION OF VARIABLE FLUORESCENCE OF PHYTOPLANKTON IN BAIKAL LAKE Zavoruev V.V.*, Panchenko M.V.*, Domysheva V.M.***, Sakirko M.V.***, Pestunov D.A.** *Institute of Computational Modelling SB RAS, Academgorodok, Krasnoyarsk 660036, Russia

** V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, 1, Academician Zuev square, Tomsk 634021, Russia *** Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia valzav@icm.krasn.ru, pmv@iao.ru, hydrochem@lin.irk.ru

Baikal lake phytoplankton play a key role in gas exchange at the interface between the atmosphere-water. However, if rapid, instrumental recording of diurnal variations of carbon dioxide does not cause trouble, then the methodology of real-time monitoring of daily changes of photosynthetic activity of phytoplankton is under development. In the paper (Doklady Earth Sciences, 2007, Vol. 413A, No. March, pp. 402-405), we have shown prospects of fluorescence techniques. It was found that in summer there is the diurnal variation of variable fluorescence (Fv) of phytoplankton. And is there such a law in other seasons? This was the purpose of this work.

Studies conducted from 2006 to 2010 near the village of Big Cats. Daily variation of the variable fluorescence was revealed by averaging and statistical analysis of the results of regular observations of 9-15 days.

During freeze-up (February-early April) there are two types of variation of curves of variable fluorescence. The first type (Fig. 1) was observed in 2006, 2008 and 2010. Here, in the light period, the value of variable fluorescence decreased and was significantly lower than in the night period. The second type of diurnal variation of Fv, which is characterized by the increase in the Fv in the daytime was recorded in 2007 and 2009.

In December, when daylight hours are not more than 8 hours, the first type of daily variation of Fv observed in 2007 and 2009, while the second - in 2006 and 2008.

In summer-autumn period, the lake surface is illuminated within 13-16 hours. At this time (2006-2009 years) the first type of diurnal variation of the variable fluorescence is almost always observed. The second type was recorded only once.

Thus, the diurnal variation of the variable fluorescence exists in all seasons. The decrease of value of Fv daytime observed in 70% of the observations that were performed between 2006 and 2010.

The work was supported in part by Russian Foundation for Basic Research (grant No. 08-05-00258) and Program of basic researches of Department of Earth Sciences RAS No. 10.1.

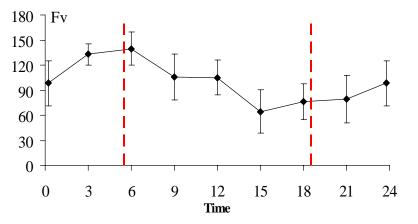


Fig. 1. Daily variation of the variable fluorescence of phytoplankton in the period from March 29 to April 8, 2010. Vertical dashed lines indicate sunrise and sunset (Суточный ход вариабельной флуоресценции фитопланктона в период с 29 марта по 8 апреля 2010 года. Вертикальные пунктирные линии показывают восход и заход солнца).

СУТОЧНЫЙ ХОД ВАРИАБЕЛЬНОЙ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ФИТОПЛАНКТОНА ОЗЕРА БАЙКАЛ Заворуев В.В., Панченко М.В., Домышева В.М., Сакирко М.В., Пестунов Д.А. Институт вычислительного моделирования СО РАН, Академгородок, Красноярск 660036, Россия Институт оптики атмосферы им. ак. В.Е.Зуева СО РАН, 1, пл. ак. Зуева, Томск 634021, Россия

^{***} Лимнологический институт СО РАН , 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Фитопланктону озера Байкал принадлежит ключевая роль в газообмене на границе раздела атмосферавода. Однако, если экспрессная инструментальная регистрация суточного хода концентрации углекислого газа не вызывает затруднения, то методология оперативного контроля суточного изменения фотосинтетической активности фитопланктона находится в стадии разработки. В работе (Doklady Earth Sciences, 2007, Vol. 413A, No. 3, pp. 402–405) мы показали перспективность флуоресцентной методики. Было установлено, что в летний периода существует суточный ход вариабельной флуоресценции (Fv) фитопланктона. А существует ли такая закономерность в другие сезоны года? В этом состояла цель данной работы.

Исследования проводилась с 2006 по 2010 годы в районе поселка Большие Коты. Суточный ход вариабельной флуоресценции выявлялся по усреднению и статистической обработке результатов регулярных наблюдений за 9-15 суток.

В период ледостава (февраль-начало апреля) выделяются два типа хода кривых вариабельной флуоресценции. Первый тип (Fig. 1) наблюдался в 2006, 2008 и 2010 годах. Здесь в световой период величина вариабельной флуоресценции уменьшалась и была достоверно ниже, чем в ночной период. Второй тип суточного хода Fv, который характеризуется увеличением величины Fv в светлое время суток, был зарегистрирован в 2007 и 2009 годах.

В декабре, когда световой день не более 8 часов, первый тип суточного хода Fv наблюдался 2007 и 2009 годах, а второй – в 2006 и 2008.

В летнее - осенний период поверхность озера освещена в течение 13-16 часов. В это время (2006-2009 г.г.) практически всегда наблюдался первый тип суточного хода вариабельной флуоресценции. Второй тип был зарегистрирован лишь однажды.

Таким образом, суточный ход вариабельной флуоресценции существует во все сезоны года. Уменьшение величины Fv в светлое время суток наблюдается в 70 % случаев наблюдений, которые были выполнены с 2006 по 2010 год.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 08-05-00258 и Программы фундаментальных исследований ОНЗ РАН № 10.1.

DYNAMICS AND PROPERTIES OF AEROSOL AND GAS COMPOSITION OF ATMOSPHERE OF MONGOLIA

Zhamsueva G.S.*, Zayakhanov A.S.*, Tsydypov V.V.*, Ayurzhanaev A.A.* , Golobokova L.P.**, Khodzher T.V.**, Balin Yu. S.***, Panchenko M.V.***, Azzaya D.****, Oyunchimeg D.**** Department of physical problems BSC SB RAS, 6, Sah'janova St., Ulan-Ude 670047, Russia Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskava St., Irkutsk 664033, Russia

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, 1, Academician Zuev square, Tomsk 634021. Russia Institute of Meteorology and Hydrology, 5, Juulchni gudam, Ulaan-Baatar -210644, Mongolia

In given work results of research of surface ozone, nitrogen oxides concentration, ionic compound of aerosol and its microphysical characteristics in atmosphere of Mongolia arid climatic zone (desert Gobi) during Russian-Mongolian expedition in 2005-2009 are presented.

The analysis of variations of trace gases content both disperse structure of aerosol and their interrelation with meteorological and turbulent characteristics is resulted. High concentration of ozone and nitrogen oxides connected with features of atmospheric circulation in the conditions of arid territories of Mongolia is revealed. The significant content of sulfates-ions and nitrates-ions in a chemical compound of aerosols caused by influence of anthropogenous sources is noted. On basis trajectory models HYSPLIT the analysis of long transport ways of anthropogenous impurity in region, where influence of local sources of emissions during this period of year is lack is carried out.

This work was made at financial support of integrational proj. SB RAS № 75, 13 and project of Presidium RAS № 16.

ДИНАМИКА И СВОЙСТВА АЭРОЗОЛЬНО-ГАЗОВОГО СОСТАВА АТМОСФЕРЫ МОНГОЛИИ

Жамсуева Г.С., Заяханов А.С., Цыдыпов В.В., Аюржанаев А.А., Голобокова Л.П., Ходжер Т.В., Балин Ю.С., Панченко М.В., Аззаяа Д., Оюнчимэг Д. Отдел физических проблем БНЦ СО РАН, 6, ул. Сахьяновой, Улан-Удэ 670047, Россия Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Институт оптики атмосферы им. ак. В.Е.Зуева СО РАН, 1, пл. ак. Зуева, Томск 634021, Россия Институт метеорологии и гидрологии Монголии, 5, Жуулчны гудамж, Улан-Батор 210644, Монголия

В данной работе представлены результаты российско-монгольской экспедиции по исследованию приземной концентрации озона, окислов азота, ионного состава аэрозоля и его микрофизических характеристик в атмосфере аридной климатической зоны Монголии (пустыня Гоби) в период с 2005 по 2009 г.

Приводится анализ вариаций содержания малых газовых составляющих атмосферы и дисперсного состава аэрозоля и их взаимосвязь с метеорологическими и турбулентными характеристиками. Выявлены высокие концентрации озона и окислов азота связанные с особенностями атмосферной циркуляции в условиях сухого климата аридных территорий Монголии. Отмечено значительное содержание сульфат-ионов и нитрат-ионов в химическом составе аэрозолей обусловленное влиянием антропогенных источников. На основе траекторной модели HYSPLIT проведен анализ путей дальнего переноса антропогенных примесей в регион, где влияние местных источников выбросов в этот период года незначительно.

Работа выполнена при финансовой поддержке интеграционного проекта СО РАН № 75, проекта № 13, Программы Президиума РАН № 16.

MODELS AND METHODS FOR RESOLUTION OF TASKS OF ENVIRONMENT PROTECTION Arguchintseva A.V., Arguchintsev V.K., Vologzhina S.Zh.

Irkutsk State University, 1, Karl Marx st., Irkutsk 664003, Russia

arg@math.isu.ru

The strategy oa human survival during a period of technogenic and natural disasters the frequency and scale of which increase, thoughtless resources management, neglecting of modern technologies and purification devices, unjustified selection of sites for dangerous industry placement result in belated solutions and emergency liquidation of the consequences of generating problems. Within problems stated, there is an actual task to construct mathematical models for description of processes occurring in the atmosphere, hydrosphere and on the bedding surface aimed both to diagnosis and to running of different potential options to prevent or completely exclude negative consequences. Under the conditions of intended project realizations, limited or absent observations, the abilities of models for experiments, hypotheses tests and forecast considerably increase.

The authors propose a set of mathematical models. E.g., hydrodynamic models are designed for description of currents in the atmosphere and water bodies with a complex relief and bottom configuration taking into account obstacles flow around. Calculated characteristics by these models allow to estimate absolute concentrations of the pollutants emitted into the atmosphere by industrial enterprises or by cars under the conditions of complex urban building, as well as of ones incoming in the water bodies via submerged tubes or with rain drainage.

However, in numerous practical tasks the interest is directed towards the zone of dangerous compounds concentrations both from viewpoint of exceeding of the norms stated for them (e.g., maximal allowed concentrations), and from one of long period of environmental impact. Just a continuous impact of the pollutants creates a real threat to the most sensible natural patterns and organisms, results in a cumulative effect which can lead to delayed negative consequences and to irreversible deviations from a sustainable equilibrium. In this case, the most informative are results obtained by so-called climatic models taking into account a probability structure of mezzo- and microclimatic conditions determined by the state of the system atmosphere – hydrosphere – inland active layer. Climatic models give an opportunity to estimate both the frequency of generation of dangerous concentrations and the duration of their impact and to calculate for a definite time interval particles accumulation on the bedding surface. While modeling of dumps, ash dumps and industrial emissions dusting, we take into account the particles spectrum and, consequently, the probabilities of their detachment from the surface at different rates and the gravitational rates themselves.

All the models were tested at numerous structures in Mongolia, China, as well as in Russia, in such cities as Khabarovsk, Ulan-Ude, Chita, Gusinoozyorsk, Kamensk, Selenginsk, Irkutsk, Shelekhov, Bratsk, Angarsk, Usolye-Sibirskoye, Cheremkhovo, Tulun, Tayshet, Omsk, etc. By the results of calculations one revealed who was to blame in the accidents or periodically rising ecological problems, one forecasted potentially unfavourable situations from available or planned enterprises, as well as probable consequences, one estimated the contribution of some enterprises and transport into total environment pollution, one recommended choice of areas for new structures (industrial enterprises and sites of survey of the environment state).

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ Аргучинцева А.В., Аргучинцев В.К., Вологжина С.Ж.

Иркутский государственный университет, 1, ул. К.Маркса, Иркутск 664003, Россия

Стратегия выживания человечества в эпоху увеличивающихся по частоте и масштабам техногенных и природных катастроф, бездумное отношение к ресурсам, экономия на современных технологиях и очистных сооружениях, не обоснованный выбор мест размещения опасных производств приводят к запоздалым решениям и скоропалительным латаниям последствий возникающих бед. В рамках обозначенных проблем актуальной задачей является построение математических моделей для описания процессов, происходящих в атмосфере, гидросфере и на подстилающей поверхности, с целью не только диагностики, но и проигрывания различных потенциальных вариантов для принятия предупредительных мер по снижению негативных проявлений или полного их исключения. В условиях задуманных проектных реализаций, ограниченных наблюдений или их полного отсутствия возможности моделей для экспериментирования, проверки гипотез и прогноза существенно расширяются.

Авторы предлагают комплекс математических моделей. Так, гидродинамические модели предназначены для описания течений в атмосфере и водоемах со сложным рельефом и конфигурацией дна с учетом обтекания препятствий. Расчетные характеристики по этим моделям позволяют оценивать

абсолютные концентрации загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу промышленными предприятиями или автотранспортом в условиях сложной городской застройки, а также попадающих в водоемы через затопленные трубы или с ливневыми стоками.

Однако во многих задачах практики интерес представляют зоны опасных концентраций ингредиентов с точки зрения не только превышения установленных для них норм (например, предельно допустимых концентраций), но и долговременности воздействия на среду. Именно продолжительность воздействия загрязняющих ингредиентов создает реальную угрозу наиболее уязвимым объектам и живым организмам, способствует возникновению кумулятивного эффекта, который может привести к отсроченным негативным последствиям и необратимым отклонениям от устойчивого равновесия. В этом случае наиболее информативными являются результаты, полученные по так называемым климатическим моделям, с учетом вероятностной структуры мезо- и микроклиматических условий, определяемых состоянием системы атмосфера – гидросфера - деятельный слой суши. Климатические модели дают возможность оценить как частоту возникновения опасных концентраций и продолжительность их воздействия, так и рассчитать за определенный отрезок времени накопление частиц на подстилающей поверхности. При моделировании пыления отвалов, золоотвалов и выбросов промышленных труб учитывается спектр частиц, а, следовательно, возможности их отрыва от поверхности при различных скоростях и скорости собственные гравитационные скорости.

Все модели прошли апробацию на многочисленных объектах Монголии, Китая, а также России: Хабаровск, Улан-Удэ, Чита, Гусиноозерск, Каменск, Селенгинск, Иркутск, Шелехов, Братск, Ангарск, Усолье-Сибирское, Черемхово, Тулун, Тайшет, Омск и пр. По результатам расчетов выявлены виновники аварий или периодически возникающей сложной экологической обстановки, спрогнозированы потенциально неблагоприятные ситуации от действующих и планируемых предприятий, а также возможные последствия, проведены оценки вклада отдельных предприятий и автотранспорта в общее загрязнение окружающей среды, даны рекомендации по выбору площадок для размещения новых объектов (промышленных предприятий и стационарных постов слежения за состоянием окружающей среды).

TRANSPORT OF SUSPENDED AND DILUTED ADMIXTURES IN THE BAYS OF LAKES UNDER THE INFLUENCE OF SISTEMS OF STRATIFIED CURRENTS

Avilkin I.A., Samolyubov B.I., Ivanova I.N., Sheynkman E.L.

Department of Physic of Sea and Inland Waters, Faculty of Physics, Lomonosov Moscow State University, GSP-1, Leninskie Gory, Moscow 119991, Russia

samolyubov@phys.msu.ru

The propagation of suspended sediments and diluted admixtures in seas, lakes and reservoirs is to a large extent determined by transport ability of systems of stratified currents. By the elaboration of methods of forecast of the distribution of admixtures in water basins it's necessary to take into account the role of such systems with near-bottom, jet, drift and other currents interacting with each other. The diffusion of suspended sediments, diluted salts and gases in stratified currents is often linked with the complex action of the internal waves and turbulent exchange on the energy- and masstransfer. The amplification of generation of turbulence by the decrease of current's stability may lead to the emission of eddies from the zones of loss of stability into surrounding waters. We discovered such a phenomena when analyzed the development of systems of stratified currents in Petrozavodsk bay of Onega Lake (August-September 2007, 2008). This process was followed by the emission of turbidity clouds from the near-bottom current into the upper water layers with simultaneous accelerations of the jet. Another system of currents analyzed in this work was discovered in Volkhov bay of Ladoga Lake in August 2009. The detailed structural investigations were performed using Doppler current prophiler RDCP-600 and multiparameter probe RCM-9 (Aanderaa Instruments) and other probes at the crossings and temporal stations.

The purposes of this work are the following: 1) the revelation of mechanisms of energy- and masstransfer in the systems including near-bottom current, intermediate jet, circulation induced by the wind in the bay and currents caused by internal seiches; 2) the elaboration of the methodic of theoretical description of the systems of currents and of the transfer of admixtures.

Essential results.

1. There were selected the main stages of energyexchange (induced by internal wave) between near-bottom current and intermediate jet with emission of turbidity clouds from the near-bottom layer.

2. There were proposed the hypothesis about the vortex-wave transfer of pulse from the near-bottom flow in the system of currents. The dependences of current velocity disturbances from the stability of current, near-bottom flow height and from the parameters of the internal wave were revealed.

3. The theoretical current velocity distribution including averaged profile of current and the profile of current disturbances is in agreement with data of measurements in Petrozavodsk bay of Onega Lake. It confirms the hypothesis about the vortex-wave mechanism of the discovered process.

4. There were revealed the structure of the system of currents in the bay including the river jet, flows caused by internal seiches and circulation current (on the base of the measurements in Volkhov bay of Ladoga Lake). There were discovered blocking of the immersed river jet by opposite inflow of waters from the open lake.

5. It was established that current velocity profiles calculated using the proposed model are in agreement with measured ones.

6. There were revealed the cells of circulation with opposite directions at the intermediate depth and near the bottom.

7. The discovered blocking and the circulation of the river jet in the bay lead to the retention of the admixtures, incoming from the river, in the bay. As a result the eutrophication with intensive blooming of waters takes place.

This work was supported by RFBR (project 8-05-00574).

ПЕРЕНОС ВЗВЕШЕННЫХ И РАСТВОРЕННЫХ ПРИМЕСЕЙ В ОЗЕРНЫХ ЗАЛИВАХ ПОД ВЛИЯНИЕМ СИСТЕМ СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ТЕЧЕНИЙ

Авилкин И.А., Самолюбов Б.И., Иванова И.Н., Шейнкман Е.Л.

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, физический факультет, кафедра физики моря и вод суши, д. 1, стр. 2, Ленинские горы, Москва 119991, Россия

Распространение взвеси и растворенных примесей в морях, озерах, водохранилищах в значительной степени определяется транспортирующей способностью систем стратифицированных течений. Влияние таких систем с придонными, струйными, дрейфовыми и другими потоками, взаимодействующими друг с другом, необходимо учитывать при разработке методов прогноза распределений примесей в водоемах. Диффузия взвеси, растворенных солей и газов в стратифицированных течениях нередко связана с комплексным воздействием внутренних волн и турбулентного обмена на энерго- и массоперенос. При этом усиление генерации турбулентности при снижении устойчивости течения может приводить к эмиссии вихреобразований из зон потери устойчивости в окружающую водную среду. С явлением такого типа, которое сопровождалось выбросами облаков мутности из придонного потока в вышележащие слои воды и периодическими усилениями струи, распространявшейся в этих слоях, мы столкнулись при анализе развития системы течений в Петрозаводской губе Онежского озера в августе-сентябре 2007, 2008 г.г. Другая система течений, перенос примесей в которой анализируется в данной работе, была обнаружена в Волховской губе Ладожского озера в августе 2009 г. Детальные структурные исследования выполнялись с применением доплеровского профилографа скорости RDCP-600 и многопараметрического зонда RCM-9 (Aanderaa Instruments), а также других зондов на разрезах и срочных станциях.

Цели данной работы: 1) выявление механизмов энерго- и массопереноса в системах течений, включающих придонный поток, промежуточную струю, циркуляцию, индуцированную ветром в заливе и течения, вызванные внутренними сейшами; 2) разработка методики теоретического описания систем течений и переноса примесей в них.

Основные результаты.

1. Выделены основные этапы индуцированного внутренней волной энергообмена между придонным потоком и промежуточной струей с эмиссией облаков мутности из придонной области.

2. Предложена гипотеза о вихреволновом переносе импульса из придонного потока в системе течений и получены зависимости характеристик возмущений скорости от устойчивости течений, высоты придонного потока и параметров внутренней волны.

3. Теоретическое распределение скорости течения, включающее осредненный профиль скорости и профиль ее возмущений, согласуется с данными измерений в Петрозаводской губе Онежского озера, что подтверждает гипотезу о вихреволновом механизме зарегистрированного процесса.

4. Выявлена структура системы течений в заливе, которая включает речную струю, течения, вызванные внутренними сейшами, и сгонно-нагонный приток вод открытого озера (по результатам измерений в Волховской губе). Обнаружена блокировка затопленной струи речных вод встречным притоком вод открытого озера.

5. Установлено, что профили скорости по предложенной авторами модели для системы течений согласуются с экспериментальными.

6. Выявлены противоположно направленные ячейки циркуляции на промежуточных глубинах и у дна.

7. Обнаруженная блокировка и циркуляция струи речных вод в заливе приводят к сохранению примесей, поступающих из реки, в губу. В итоге имеет место эвтрофирование с интенсивным цветением вод.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 08-05-00574).

ON SPATIAL DISTRIBUTION OF MIXING OF RIVERINE AND LACUSTRINE WATERS OF LAKE BAIKAL

Blinov V.V., Sinyukovich V.N., Ivanov V.G.

Limnological Institute of RAS SB, 3, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk 664033, Russia

bwad@lin.irk.ru

In freshwater systems, use of methods for joint analysis of waters hydrophysical parameters (temperature, electric conductivity) under the condition of direct impact of the tributaries allows to find out zones of their impact and to investigate the process of riverine waters transformation. At sufficient difference of water masses characteristics (hydrophysical or hydrochemical) one can determine the fraction of riverine waters in the zone of their transformation and mixing:

$K_p = (C_{o3} - C) / (C_{o3} - C_p),$

where C are values of vertical distribution of a parameter adopted at a station in the mixing zone, C_p are its initial valus in the riverine water and C_{o3} are values of vertical distribution of a parameter in the lacustrine part before mixing zone. Having numerical values of C at separate stations, C_{o3} and C_p (in the river inlet) for a definite period we can calculate the ratio of riverine and lacustrine waters at different distance from the site of the tributaries input. As a selected water masses parameter, we used an ionic component of mineralization (ions sum) which is determined by water electric conductivity measured with high-precision CTD-probes SBE (Sea-Bird Electronics, USA. In 2009, we obtained new data of CTD measurements in pre-mouth zone of weakly mineralized waters of the tributaries of Southern Baikal South-Eastern shore (Utulik, Khara-Murin, Snezhnaya Rivers). As characteristics of lacustrine waters, we used CTD data at the stations in half-sections from 1 to 7 km from the shore.

Waters of the tributaries considered mixed with lacustrine ones and incoming from Khamar-Daban range are distributed under the influence of cyclonic circulation along the South-Eastern shore of Southern Baikal. By data of regime observations of Russian Meteorological Survey (Rosgidromet) for 1996-2007, average annual drainage of the rivers considered (2.6 km³) was ca. 5% from surface income into the lake in total or 58% of annual income of surface waters into the Southern basin (without taking into account Selenga R.). The largest tributary of the Southern basin is Snezhnaya River with annual drainage of 1.3 km³.

In winter, riverine waters transformation occurs in a very narrow near-shore zone (<1 km) due to extremely low drainage values and maximal ions sum (in average up to 70 mg/l) in the waters of the tributaries considered. By July, a low fraction of riverine waters in the mixing zone (up to 1.5%) was noticed only in 1 km from Solzan settl. in the lake surface layer. At the stations of half-section near Tankhoy settl., the fraction of riverine waters in the surface layer R. The calculations have shown that in 1 km from Tankhoy settl., the fraction of riverine waters in the surface layer (up to 10 m) was 12%.

The most noticeable presence of tributaries waters as well as increase of the zone of their influence was observed in August, this is due to drainage seasonal maximum. It results in the decrease of ions sum in nearshore areas from the Eastern side of the basin (Fig. 1). Near Solzan settl., the impact of weakly mineralized riverine waters was noticed only in up to 3 km from the shore, where their fraction (2%) decreased with depth. At half-section stations near Tankhoy settl., maximum of riverine waters content also was observed, but at the horizon of 20 m. Maximal content of tributaries waters at the station in 1 km from Tankhoy settl. was 12% with an abrupt decrease by 40 m up to 3%. At the depth of 160 m, the fraction of riverine waters was minimal. Quite other pattern was observed at the station in 3 km from the shore. Here the maximal content of tributaries waters was 10% with an abrupt decrease up to 4% in the layer of 30-40 m. At the station in 5 km from Tankhoy settl., the maximum of riverine waters content wass observed at the depth of 20 m with the value ca. 7%, and at 40 m, the fraction of riverine waters was 2%. Like at the station in 3 km, the content of tributaries waters was close to zero at the depth of 160 m. It is important to notice that even at the station in 7 km from the shore, maximal fraction of riverine waters was observed in the surface layer -2.5%.

To conclude, we can notice that at maximal riverine drainage – in August, the waters of weakly mineralized tributaries of Southern Baikal are expanded up to 7 km from the shore at the content of ca. 3%. One can see on the Figure that maximal fraction of riverine waters from 12 to 5% is observed in the surface layer (up to 40 m) at the distance up to 5 km from the shore. In 3 km from the shore, mixed waters with the content of riverine waters <5% sink\$ this is most probably due to the forcing of currents along the shore.

The investigations are supported by RFBR grant No 09-05-00763.

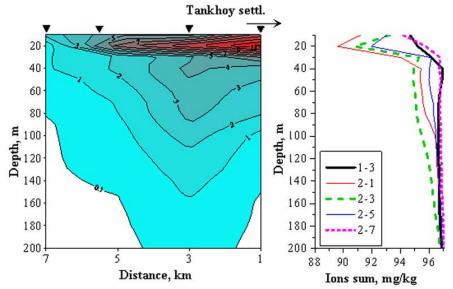


Fig. 1 Fraction of riverine weakly mineralized waters (%) in the near-shore zone of Southern Baikal at half-cross-section from Tankhoy settl. (left) and vertical distribution of ions sum (right) at the stations in 3 km from Solzan settl. (1-3), in 1, 3, 5, 7 km from Tankhoy settl. (2-1, 2-3, 2-5, 2-7), August, 2009 (Доля речных слабоминерализованных вод (%) в прибрежной зоне Южного Байкала на поперечном полуразрезе от п. Танхой (слева) и вертикальное распределение суммы ионов (справа) на станциях 3 км от п. Солзан (1-3), 1, 3, 5, 7 км от п. Танхой (2-1, 2-3, 2-5, 2-7), август 2009 г.).

К ВОПРОСУ О ПРОСТРАНСТВЕННОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ СМЕШЕНИЯ РЕЧНЫХ И ОЗЕРНЫХ ВОД БАЙКАЛА Блинов В.В., Синюкович В.Н., Иванов В.Г.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

В пресноводных системах использование методов совместного анализа гидрофизических параметров (температура, электропроводность) вод в условиях непосредственного воздействия притоков, позволяет выделять зоны их влияния и исследовать процессы трансформации речных вод. При достаточном различии характеристик водных масс (гидрофизических или гидрохимических) можно определить долю речных вод в зоне их трансформации и смешения:

$$K_{p} = (C_{os} - C) / (C_{os} - C_{p}),$$

где С – значения вертикального распределения принятого параметра на станции в зоне смешения, С_p – его исходные значения в речной воде и С₀₃ – значения вертикального распределения параметра в озерной части перед зоной смешения. Имея численные значения С на отдельных станциях, С₀₃ и С_p (в устье реки) за определенный период, можно рассчитать соотношение речных и озерных вод на разном удалении от места впадения притоков. В качестве выбранного параметра водных масс мы использовали ионную составляющую минерализации (сумма ионов), которая определяется по электропроводности воды, измеренной высокоточными СТD-зондами SBE (Sea-Bird Electronics, США). В 2009 г. были получены новые данные СTD-измерений в приустьевой зоне слабоминерализованных вод притоков юго-восточного побережья Южного Байкала (pp. Утулик, Хара-Мурин, Снежная). В качестве характеристик озерных вод, были использованы СTD-данные на станциях полуразрезов от 1 до 7 км от берега.

Смешанные с озерными воды рассматриваемых притоков, поступающих с Хамар-Дабанского хребта, под влиянием циклонической циркуляции распространяются вдоль юго-восточного побережья Южного Байкала. По данным режимных наблюдений Росгидромета за период 1996-2007 гг. средний годовой сток рассматриваемых рек (2,6 км³) составил около 5% от поверхностного притока в озеро в целом, или 58% от годового притока поверхностных вод в южную котловину (без учёта р. Селенги). Наибольшим притоком южной котловины является р. Снежная с годовым стоком 1,3 км³.

В зимний период трансформация речных вод происходит в очень узкой прибрежной полосе (менее 1 км) вследствие экстремально низких величин стока и максимальной суммы ионов (в среднем до 70 мг/л) вод рассматриваемых притоков. К июлю низкая доля речных вод в зоне смешения (до 1,5%) отмечалась лишь в 1 км от п. Солзан в поверхностном слое озера. На станциях полуразреза у п. Танхой доля речных вод возросла, что обусловлено влиянием р. Снежной. Расчеты показали, что в 1 км от п. Танхой доля речных вод в поверхностном слое (до 10 м) составила 12%.

Наиболее заметное присутствие вод притоков, а также увеличение зоны их влияния наблюдалось в августе, что обусловлено сезонным максимумом стока. Это приводит к уменьшению суммы ионов в прибрежных районах с восточной стороны котловины (Fig. 1). У п. Солзан влияние слабоминерализованных речных вод отмечалось лишь до 3 км от берега, где их доля (2%) уменьшалась с глубиной. На станциях полуразреза у п. Танхой также наблюдался максимум содержания речных вод, только уже на горизонте 20 м. Максимальное содержание вод притоков на ст. 1 км от п. Танхой составляло 12% с резким понижением к 40 м до 3%. На глубине 160 м доля речных вод была минимальна. Совершенно другая картина наблюдалась на станции в 3 км от берега. Здесь максимальное содержание вод притоков составляло 10% с резким понижением до 4% в слое 30-40 м. На ст. 5 км от п. Танхой максимум содержания речных вод наблюдался на глубине 20 м со значением около 7%, и уже на 40 м доля речных вод составила 2%. Так же как и на станции в 3 км, содержание вод притоков приближалось к нулю на глубине 160 м. Важно отметить, что даже на станции 7 км от берега наибольшая доля речных вод в наблюдалась в поверхностном слое – 2,5%.

В заключение можно отметить, что при максимальном речном стоке – в августе, воды слабоминерализованных притоков Южного Байкала распространяются до 7 км от берега при содержании около 3%. На рис. можно видеть, что наибольшая доля речных вод от 12 до 5% наблюдается в поверхностном слое (до 40 м) на расстоянии до 5 км от берега. На удалении 3 км от берега смешанные воды с содержанием речных вод менее 5% опускаются, что вероятнее всего обусловлено усилением вдольбереговых течений.

Работы поддержаны грантом РФФИ № 09-05-00763.

BAIKAL NEUTRINO TELESCOPE AS A DEEP-WATER LABORATORY FOR INTERDISCIPLINARY RESEARCHES Budnev N.M. (Collaboration "Baikal")

Irkutsk State University, 1, K. Marx st., Irkutsk 664003, Russia Tel (3952)33-21-70; fax (3952)33-21-40

nbudnev@api.isu.ru

In 1998 year on Lake Baikal the first in the world deep underwater Neutrino Telescope NT200 was put into operation (Belolaptikov et al., 1997), the effective volume of which was increased then by an order in 2005 (Aynutdinov et al., 2006). Unique favourable conditions of the site were very important for success of the project. Using hundreds different sensors of Baikal Neutrino Telescope underwater complex we obtained a series of world-level results not in the astroparticle physics only but in the field of different Earth sciences as we. During recent years we carry out intensive researches toward mounting a new neutrino telescope, NT1000, one cubic kilometre in volume (Aynutdinov et al., 2008). It should help to solve many fundamental problems of the modern physics.

The water medium of Lake Baikal is a functioning part of the Baikal Neutrino Telescopes and therefore to study its properties and processes, influencing generation, spreading, and detection of optical and acoustic signals born by interaction of neutrino with water, is an important item of the Baikal neutrino project (Avnutdinov et al., 2009). In the frame of the project, there were designed new methods and devices for the lake study, collected experimental and observational data, and developed new methods for the interdisciplinary analysis of data large in volume. Especially important was mounting a set of subsurface mooring equipped by several hundred optical, acoustic, hydro-physical etc devices allowing us to carry out long-term multi-parameter monitoring of hydro physical biogeochemical processes in Lake Baikal. An advance of such an approach is in that obtained data on biotic and abiotic characteristics of the lake ecosystem allow us to understand better processes with different spatial and temporal parameters and to study as comparatively weak trends in the lake as quick events, which reflect seasonal and interannual dynamics of different processes in the qualitative and quantitative scales. These processes exhibit their high non-stationary and non-homogeneous behaviour of most hydro-physical, hydro-biological, and hydro-chemical indexes of the medium. This approach provides a correct assessment of the modern state of the Lake Baikal ecosystem that allows us to predict ecological changes in the lake caused obviously by global natural processes and as a consequence of the anthropogenic activity.

The main topic of the report is the research of hydro-physical processes modulating mainly biological rhythms in the lake and peculiarities of its biodiversity and hydro-habitant endemism. This research is carried out in cooperation with EAWAG(Switzerland) and Limnological Institute of RAS in fields of both "traditional" medium parameters such as temperature, current speeds etc obtaining by a 3D-net of several tens of commercially available devices TR-1050, TR-1060, Aanderaa and so on which were mounted at 4 buoy stations along all the depths and using own manufactured devices enabling us to carry out the long-term monitoring of primary optical parameters (Balkanov et al., 2003; Balkanov et al., 1999), Baikalian water luminescence (Belolaptikov et al., 1998), and vertical component of the Earth's electric field (Shneer et al., 2007) and to study dynamic processes by acoustic methods including the method of coherent acoustic probing (Budnev et al., 2008). Based on the obtained data, we concluded about the vertical heat and mass transition in the lake, namely on sinking the surface waters to the bottom along the abrupt north-western under-water slope of the lake. Also possible changes in hydro-physical and hydro-chemical processes caused by the growth of average air temperatures have been analysed (Budnev N.M. et al., 2007; Shmid et al., 2008).

This work was supported in part by the Russian Ministry of Education and Science (Contract 02.740.11.0018, P1242, zadanie RNP 2.2.1.1/1483, RNP 2.1.1/1539, RNP 2.2.1.1/5901, REC «BAIKAL»)

БАЙКАЛЬСКИЙ НЕЙТРИННЫЙ ТЕЛЕСКОП – ГЛУБОКОВОДНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ДЛЯ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ Буднев Н.М. (за сотрудничество «Байкал»)

ГОУ ВПО «Иркутский государственный университет», 1, ул. К. Маркса, Иркутск 664003, Россия

Уникальные природные условия озера Байкал позволили в 1998 году создать здесь первый в мире глубоководный нейтринный телескоп HT200 (Belolaptikov et al., 1997), эффективный объем которого увеличен более чем на порядок в 2005 году (Aynutdinov et al., 2006). С помощью этих установок уже получен ряд результатов мирового уровня. В последние годы ведутся активные исследования, целью которых является создание на Байкале нейтринного телескопа HT1000 объемом кубический километр (Aynutdinov et al., 2008), его создание будет способствовать решению многих фундаментальные проблем современной физики.

Водная среда озера Байкал является неотъемлемой частью Байкальских нейтринных телескопов, поэтому исследование ее свойств и процессов, влияющих на условия генерации, распространения и регистрации оптических и акустических сигналов, рождающихся после взаимодействия нейтрино со средой, является существенной частью Байкальского нейтринного проекта (Aynutdinov et al., 2009). В рамках проекта созданы новые методики и приборы для исследований озера, получены разнообразные данные наблюдений, разработаны новые методы междисциплинарного анализа больших массивов данных. Особое значение имеет создание сети притопленных буйковых станций, оснащенных несколькими сотнями оптических, акустических, гидрофизических и других приборов, которые позволяют вести долговременный многопараметрический мониторинг биогеохимических процессов в Байкале. Достоинство такого подхода состоит в том, что получаемые длинные ряды данных о различных биотических и абиотических характеристиках экосистемы озера позволяют лучше понять процессы с различными пространственно-временными характеристиками и изучать, как относительно слабые тренды, так и наблюдать быстрые явления, которые качественно и количественно отражают значительную межгодовую и межсезонную изменчивость различных процессов, характеризующихся высокой нестационарностью и неоднородностью в пространстве большинства гидрофизических, гидробиологических и гидрохимических показателей среды. Такой подход позволяет дать правильную оценку современного состояния экосистемы Байкала, создать научно обоснованный прогноз изменений, которые, вероятно, происходят в ней из-за глобальных природных процессов и в результате антропогенной деятельности.

Основное внимание в докладе сосредоточено на результатах исследования гидрофизических процессов, которые во многом определяют не только биологические ритмы в озере, но и особенности биоразнообразия и эндемизма байкальских гидробионтов. Исследования ведутся совместно с EAWAG (Швейцария), ЛИН СО РАН, как на основе данных о «традиционных» параметрах среды, таких как: температура, скорости течений и т.д., получаемых с помощью трехмерной сети из нескольких десятков коммерчески доступных приборов: TR-1050, TR-1060, Aanderaa и других, размещенных на 4-х буйковых станциях во всем диапазоне глубин. Так и с помощью приборов собственной разработки, которые позволяют вести долговременный мониторинг первичных оптических характеристик (Balkanov et al., 2003; Balkanov et al., 1999) и свечения байкальской воды (Belolaptikov et al., 1998), вертикальной компоненты электрического поля (Шнеер и др., 2008), исследовать динамические процессы акустическими методами, в том числе путем когерентного акустического зондирования (Буднев и др., 2008). На основе полученных данных сделан ряд выводов о вертикальном тепло- и массопереносе в озере, в частности, приводятся данные наблюдений об опускании вод до дна вдоль крутого северозападного подводного склона озера, проанализированы возможные изменения в гидрофизических и гидрохимических процессах за счет роста средних температур воздуха (Budnev et al., 2007; Shmid et al., 2008).

Работа выполнена при финансовой поддержке минобрнауки РФ (ГК № 02.740.11.0018, П1242, П2504, задания РНП 2.2.1.1/1483, 2.1.1/1539, 2.2.1.1/5901 НОЦ «Байкал»).

NONSTATIONARITY OF FREQUENCY ATTENUATION DISPERSION DURING ACOUSTIC PROBING ON LAKE BAIKAL IN 2009

Budnev N.M., Il'in N.V.*, Orlov I.I.*, <u>Pan'kov A.L.</u>, Pan'kov L.V. Irkutsk State University, 1, K. Marx st., Irkutsk 664003, Russia *Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, 126a, Lermontov St., Irkutsk 664033, Russia apankov @api.isu.ru

Hydroacoustic methods in principle are capable of long-term monitoring of dynamic processes in large water medium volumes and obtaining information about integral properties of water volume under investigation. That distinguishes such methods from traditional data collection by local probing. As a result of test experiments on coherent probing of under-ice water in lake Baikal by narrow-band acoustic signals it were found new peculiarities of the signal phase passed through water medium, which points to nonstationarity of the medium (Budnev et al, 2008). Furthermore, it was found that attenuation dispersion is nonstationary on the signal currier frequency; the dispersion was measured by widening of phase figure of the signal.

In this paper results of the experiment carried out from 14:28 24 March till 18:07 28 March 2009 (local time) are presented. It was used eight hydrophones placed on straight line on the depth of 7.5 m from the bottom of ice cover. Two emitting hydrophones were placed on line edges and six receiving hydrophones spaced by 10 m apart – in the middle of the line. This set up was placed 450 m from shore in parallel to shore. The probing signal had a form of $\cos^2 \Omega t \cdot \sin 2\pi f t$ with f in a range from 19912 Hz to 37589 Hz (we used 12 different currier frequencies placed uniformly on logarithmic scale). For the sake of monitoring of the attenuation dispersion it were used both the aptitude of the received signal and the widening of the signal figure on a phase diagram. The last parameter is proportional to the tangent value of the slope angle of transfer function at the currier frequency (Orlov, II'in, 1994).

Fig. 1. depicts signal amplitude received by hydrophone R2 on 3 different currier frequencies (37589 Hz, 35479 Hz and 25088 Hz) from transmitter TL. During monitoring period the amplitude has changed for more than 25%, and its variations for lower frequency (25088 Hz) are appreciably lower than for two high frequencies (for clearness amplitudes are normalized for their mean values during first 24 hours of observation). At the same time phase dynamics for different frequencies differs less, furthermore phase variations are not significant relatively to full phase path. It is possible that resonant attenuation processes due to physical of biological objects has place; at the presence of such processes phases may vary to a little degree but amplitudes and consequently attenuation rates may vary significantly depending on frequency.

As an additional parameter for attenuation dispersion phase figure width was used (Fig. 2.). This parameter changes in a wide range. For low frequency the width is not so variable as for high ones and for two high frequencies one can see considerable differences in dynamics. So that this parameter jointly with amplitude shows that attenuation rate is nonstationary and dramatically depends on frequency.

The results tell both about potential informativeness of the method and about high inhomogeneity and nonstationarity of under-ice water in lake Baikal. At present it is not clear whether such results can be explained only by hydrodynamic processes or sound absorption by bio-objects is substantial.

This work was supported in part by the Russian Ministry of Education and Science (Contract 02.740.11.0018, P1242, zadanie RNP 2.2.1.1/1483, RNP 2.1.1/1539, RNP 2.2.1.1/5901, REC «BAIKAL»)

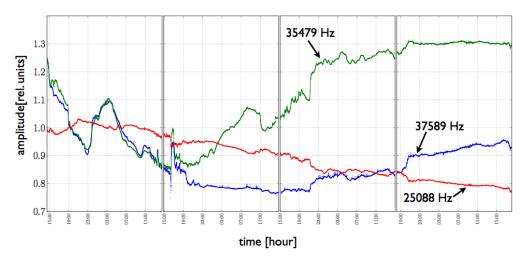
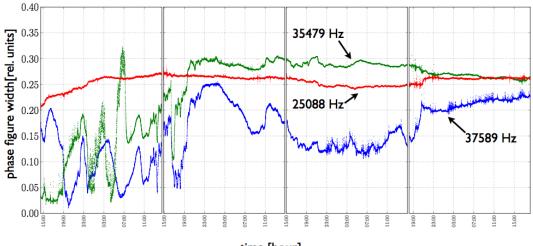


Fig. 1. Relative amplitude of the signal witch was received by R2 hydrophone spaced by 45 m from emitting hydrophone TL (Относительная амплитуда сигнала, принятого гидрофоном R2, расположенным на расстоянии 45 м от передающего гидрофона TL).



time [hour]

Fig. 2. Relative width of phase diagram of the signal (Относительная ширина лепестка фазовой диаграммы сигнала).

НЕСТАЦИОНАРНОСТЬ ЧАСТОТНОЙ ДИСПЕРСИИ ПОТЕРЬ ПО ДАННЫМ АКУСТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ВОДЫ ОЗ. БАЙКАЛ

Буднев Н.М., Ильин Н.В. *, Орлов И.И. *, Паньков А.Л., Паньков Л.В.

ГОУ ВПО «Иркутский государственный университет», 1, ул. К. Маркса, Иркутск 664003, Россия *Институт солнечно-земной физики СО РАН, 126а, ул. Лермонтова, Иркутск 664003, Россия

Гидроакустические методы позволяют, в принципе, осуществлять долговременный мониторинг динамических процессов в больших объемах водной среды, получать информацию об интегральных свойствах изучаемого объёма воды, что выгодно отличает их от традиционных методов сбора данных путем отбора проб и зондирующих измерений. В результате тестовых экспериментальных работ по синхронному зондированию подлёдного слоя воды озера Байкал узкополосными акустическими сигналами были выявлены не описанные ранее особенности поведения фазы распространяющихся в водной среде акустических сигналов, которые говорят о нестационарности среды (Буднев и др., 2008). Кроме того, была выявлена нестационарность дисперсии потерь на несущей частоте зондирующего сигнала, которая измерялась по уширению лепестков, формируемых сигналом на фазовой диаграмме.

В работе представлены результаты измерений, выполненных с 14:28 24 марта по 18:07 28 марта (время местное) 2009 года. Для наблюдения прохождения сигнала через воду использовалось восемь гидрофонов расположенных на прямой линии, на глубине 7,5 м от нижней поверхности льда, по бокам располагались два излучающих гидрофонов располагалась на расстоянии 450 м от берега, параллельно

ему. Зондирующий импульс имел огибающую в виде $\cos^2 \Omega t$ и несущую частоту от 19912 Гц до 37589 Гц (использовалось 12 различных несущих частот расположенных равномерно на логарифмической шкале). Для наблюдения дисперсии потерь использовалась как амплитуда сигнала, так и уширение лепестка, формируемого сигналом на фазовой диаграмме. Данный параметр прямо пропорционален тангенсу наклона передаточной функции на несущей частоте (Орлов, Ильин, 1994).

На рисунке (Fig. 1) приведена амплитуда сигнала, принятого гидрофоном R2 для 3-х различных несущих частот (37589 Гц, 35479 Гц и 25088 Гц) передатчика TL. За время наблюдений амплитуда менялась более чем на 25%, причём ее вариации на более низкой частоте (25088 Гц) заметно меньше, чем на двух высоких частотах (для наглядности амплитуда нормирована на среднюю амплитуду за первые 24 часа наблюдений). При этом поведение фаз сигналов на тех же частотах мало отличалось друг от друга, кроме того, сами вариации фаз незначительны по сравнению с полным фазовым путём. Возможно, на распространение сигнала влияют процессы резонансного поглощения, связанные с физическими или с биологическими объектами; при таких процессах фазы могут различаться в зависимости от частоты.

Дополнительным параметром, характеризующим дисперсию потерь, была ширина лепестка на фазовой диаграмме принятого сигнала (Fig. 2). Этот параметр может меняться в широких пределах. На низкой частоте, как и для графика с амплитудами сигналов, ширина лепестка ведёт себя не так динамично как на высоких частотах, в то время как на двух близких высоких частотах наблюдаются существенные отличия. Таким образом, совместно с данными по амплитуде этот параметр говорит о нестационарности коэффициента затухания, который сильно зависит от частоты акустического сигнала.

Полученные результаты говорят как о потенциальной информативности метода, так и о высокой неоднородности, и нестационарности подлёдного слоя воды оз. Байкал. В настоящий момент, не ясно можно ли результаты наблюдения объяснить только гидродинамическими процессами, либо существенно поглощение звука биологическими объектами.

Работа выполнена при финансовой поддержке минобрнауки РФ (ГК № 02.740.11.0018, П1242, П2504, задания РНП 2.2.1.1/1483, 2.1.1/1539, 2.2.1.1/5901 НОЦ «Байкал»).

BALANCE ASSESSMENTS OF THE SUBSTANCES-INDICATORS IN THE BASIN OF A SMALL RIVER Chipanina E.V., Kuchmenko E.V.*, Sezko N.P.

Limnological Institute of SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

*Institute of Energy Systems by L.A. Melent'ev of SB RAS, 130, Lermontova St., Irkutsk 664033, Russia yelena@lin.irk.ru

Within the river's basin, movement of the substance in adjoint landscapes is accomplished from higher hypsometric levels to lower ones. All substances that enter the geosystem during the natural and manufacturing process, not removed with the production, not gone with the wind flows and not bound within the soil, are in geochemically subordinated part of the landscape, and accumulate in the bottom sediments of the river or are currying out with the riverine waters.

A method of environmental monitoring based on the system analysis of the paths of movement and transformation of the substances-indicators in the catchment area, including the air emissions and waste water discharges, is examplified by a small river (the Olkha River, the Irkutsk region, Russia) intensivaly affected by the industrial complex.

The aluminum plant (Irkutsk Aluminium Plant of Siberian-Ural Aluminum Company - IrkAP Sual), Heat Power Plant (the Shelekhov part of Novo-Irkutsk HPP), and "Silicon" enterprise serve as major (95%) stationary sources of anthropogenic emissions. Sulfates and fluorides were chosen as indicators of the chemical pollution of the environment in the Olkha River basin.

This work aims to examine ways of migration of substances-indicators from the source of pollution into the geosystem and to evaluate all possible sources of their emissions. During 2008-2010, 74 samples of snow, 56 samples of fluvial water, 33 soil samples, 8 samples of bottom sediments were sampled on the territory of the Shelehov industrial zone and analyzed. In addition, the data on emissions of the city of Shelekhov were used.

For a detailed description of the field of deposition of pollutants around the industrial zone, sampling was carried out in a grid-points along eight directions: NE, E, SE, S, SW, W, and NW. Three samples were taken in each direction: in immediate vicinity (100-200 m) of the emissions source, at a distance of 1 km and at a distance of 2-3 km from the source. To assess the degree of contamination of the Olkha Rivar basin, samples were collected at the following stations: station 1 - conditionally background (17 km south of the city of Shelekhov); station 2 - natural mineral springs; station 3 - upstreams the confluence of the draining stream and the Olkha River (3.5 km from the industrial zone), station 4 - drain creek of the HPP ash dump; station 5 – downstream the confluence of the stream (1.5 km from the industrial zone).

To calculate the surface fields of pollution by substances-indicators the official data on the emissions of enterprises located within the study area (Table 1) where used. When simulating the impact of these emissions on the air quality, the standard model of dispersion ISC3, developed by the Agency for the U.S. Environmental Protection, was used. Maximum concentrations of fluorine-containing compounds deposited on soil and on snow cover are determined by the air transportation and precipitation from the atmosphere. They correspond to the calculated zones of the highest mean annual near-ground concentrations of a pollutant (Table 2).

In 2008-2010, the snow volume affected by the industrial zone in the Olkha River valley was, taking into account the measured height of snow cover, 2400-2650 m³. According to the reference data for the meteorological station in Irkutsk, the average snow cover is destroyed during 1.5-2 months. Snow water discharge is 0.46 m³/sec. If we assume that all the pollutants contained in snow cover, fall into a watercourse, the flash input of fluorides from meltwater is 14.8 g/sec, of sulfates -7.9 g/sec.

Comparison of the balance assessments of the input and migration of fluorine-containing compounds and sulfates in different environments allows us to conclude the following. All components of the balance of substances-indicators in the geosystem – the input with air emissions into the atmosphere, falling on snow and soil, as well as supply from both the surface and waste waters into the watercourse and their output with the Olkha River waters - correlate with each other and are consistent with the published data.

A source of pollution/ Источник	Sulfur dioxide emissions/ Выбросы диоксида серы		Emissions of gaseous fluorides/ Выбросы газообразных фторидов		Emissions of solid fluorides/ Выбросы твердых фторидов	
загрязнения	g/sec	tons/ year	g/sec	tons/ year	g/sec	tons/ year
Heat Power Plant/ ТЭЦ	156	2460	0	0	0	0
IrkAP/ ИркАЗ	7.9	196	15.55	484	35	1004
"Silicon" enterprise/ ЗАО «Кремний»	2.64	77	0.0043	0.0042	0.0007	0.0016
Total/ Итого	167	2733	16	484	35	1004

Table 1. Annual and instantaneous emissions of major enterprises located in the Shelehov industrial zone (годовые и мгновенные выбросы основных предприятий Шелеховской промзоны).

Table 2. Preliminary assessment of the balance of substances-indicators based on the analysis of experimental and calculated data (предварительные балансовые оценки веществ-индикаторов, полученные путем анализа экспериментальных и расчетных данных).

Substance- indicator/	Deposition (tons) / Выпадение (т)		Deposition, a share of emission*/Доля от выброса (%)		Accumulation on the area** of industrial zone / Сток промзоны за год (Олха)	
Вещество-	On soil/	Ón	On soil / Почва	On snow /	tons /year	% of emission/ % от
индикатор	Почва	snow/ Снег		Снег		поступления (выброс + сброс)
Sulphates/ Сульфаты	62	44	6	3	1040	24
Fluorides/ Фториды	194	132	20	27	23	1.5

* - the emission value is presented in Table 1; ** - the area of industrial zone between station 1 and station 2 is 24 km²

БАЛАНСОВЫЕ ОЦЕНКИ МИГРАЦИИ ВЕЩЕСТВ-ИНДИКАТОРОВ В БАССЕЙНЕ МАЛОЙ РЕКИ Чипанина Е.В., Кучменко Е.В.*, Сезько Н.П.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия *Институт систем энергетики им. Мелентьева СО РАН, 130, ул. Лермонтова, Иркутск 664033, Россия

В пределах бассейна реки движение вещества в сопряженных ландшафтах осуществляется с более высоких гипсометрических уровней к более низким. Все вещества, поступающие в геосистему в ходе природных и производственных процессов, не вывезенные с продукцией, не унесенные за ее пределы ветровыми потоками и не связанные в почве, оказываются в геохимически подчиненной части ландшафта и накапливаются в донных отложениях реки, либо выносятся с ее водами.

На примере бассейна малой реки (р. Олха, Иркутская область, Россия), находящейся под интенсивным влиянием промышленного комплекса рассматривается метод экологического мониторинга, базирующийся на системном анализе путей движения и трансформации веществиндикаторов на водосборе, включая выбросы в атмосферу и сброс сточных вод.

Основными стационарными источниками антропогенных выбросов (до 95%) являются алюминиевый завод (Иркутский алюминиевый завод Сибирско-Уральской алюминиевой компании – ИркАЗ СУАЛ), ТЭЦ (промплощадка Шелеховского участка Ново-Иркутской ТЭЦ) и ЗАО «Кремний». В качестве индикаторов химического загрязнения объектов окружающей среды в бассейне р. Олхи были выбраны сульфаты и фториды.

Цель работы – проанализировать пути миграции веществ-индикаторов от источника в геосистему и оценить мощность все возможные источники выбросов этих веществ.

В течение 2008-2010 годов на территории Шелеховской пром*ышленной* зоны было отобрано и проанализировано 74 пробы снежного покрова, 56 проб речной воды, 33 пробы почвы, 8 проб речных донных отложений. Кроме того, были использованы реальные данных о выбросах предприятий г. Шелехова.

Для детального описания поля выпадения загрязняющих веществ вокруг промзоны, отбор проб осуществлялся в узлах регулярной сетки по восьми направлениям (СВ, В, ЮВ, Ю, ЮЗ, З, СЗ, С), по 3 пробы в каждом направлении – в непосредственной близости от источников выбросов (100-200 м), на расстоянии 1 км и 2-3 км. Для оценки степени загрязнения бассейна реки Олхи пробы отбирались: станция 1 – условно фоновая (17 км южнее г. Шелехова); станция 2 – естественные минеральные источники; станция 3 – до впадения в реку дренажного ручья (3,5 км от промышленной зоны); станция 4 – дренажный ручей золоотвала ТЭЦ; станция 5 – ниже впадения ручья (1,5 км от факелов промзоны).

Для расчета приземных полей загрязнения веществ-индикаторов были использованы официальные данные о выбросах промышленных предприятий в пределах исследуемого бассейна (Table 1). При моделировании воздействия выбросов предприятий на качество воздуха использовалась стандартная модель рассеивания ISC3, разработанная Агентством по охране окружающей среды США. Максимальные концентрации фторсодержащих соединений, выпадающих на почвы и снежный покров, определяются воздушным переносом и выпадением из атмосферы и соответствуют зонам максимума среднегодовых расчетных приземных концентраций загрязнителя (Table 2).

Объем снега в долине реки Олхи, находящейся под влиянием промзоны, с учетом измеренной высоты снежного покрова составил в 2008-2010 годах 2400-2650 тыс. м³. Согласно справочным данным для метеостанции Иркутск, в среднем снежный покров разрушается в течение 1,5-2 месяцев. Расход снеговых вод составляет 0,46 м³/с. Если считать, что все загрязняющие вещества, содержащиеся в снежном покрове, попадают полностью в водоток, то мгновенное поступление фторидов с талыми водами - 14,8 г/с, сульфатов -7,9 г/с.

Сопоставление балансовых оценок поступления и миграции фторсодержащих соединений и сульфатов в различных природных средах, позволяет сделать следующий вывод. Все составляющие баланса веществ-индикаторов в геосистеме - поступление с выбросами в атмосферу, выпадение на снег и почву, а также поступление с поверхностными и сточными водами в водоток и выведение из системы с водами р. Олхи коррелируют между собой и согласуются с литературными данными.

USE OF PROGRAM GETM FOR MATHEMATICAL MODELLING OF THE THERMAL MODE OF SHATURA LAKES-COOLERS

Debolskaya E.I., Debolsky V.K., Maslikova O.J., Sudakova N.A.

Water Problems Institute RAS, 3, Gubkin st., Moscow 119333, Russia

oksana68@mail.ru

In the large and deep water basins-coolers which are constructed for modern powerful thermal power stations, creation of volume circulation of water is possible. For this purpose it is necessary to organize water reception only from water basin deep layers, and heated water to dump on a surface of a water basin with small speeds. Then it is possible to have waste constructions near to water receptions and even to combine them in one construction. Thus heated water having smaller density, than cold, spreads on a surface of a water basin and, being cooled, passes in deep layers, which move to water reception constructions. Such scheme of circulation allows to refuse long taking away channels and dams at high utilization area reservoir.

The purpose of this study is the option of planning construction of dams, provides a mode of operation Shatursky lakes, as the cooling reservoir Shaturskaya TPP.

The paper has been used three-dimensional numerical model GETM (<u>www.getm.eu</u>). The hydrodynamic block of the model allows to calculate the flow in three dimensions. In the thermodynamic model of the block are calculated with 3-D temperature distribution of water in the reservoir based on advection-diffusion equation taking into account the evaporation from water surface by short-wave radiation. Calculations are based on evidence obtained by the laboratory staff.

The purpose of this study is the choice of a variant of planning of construction of the dams, providing a mode of operation of Shatursky lakes, as reservoir-cooler of the Shatursky state district power station.

In work three-dimensional numerical model GETM (www.getm.eu) has been used. The hydrodynamic block of the model allows to calculate the flow in three dimensions. In the thermodynamic model of the block are calculated with 3-D temperature distribution of water in the reservoir based on advection-diffusion equation taking into account the evaporation from water surface by short-wave radiation. Calculations are based on natural observing data obtained by the laboratory staff.

The system of Shatursky lakes consists of 5 interconnected lakes. The thermal station is located between the Murom Black lake Station takes away water in the Black lake and dumps heated water in the Murom lake. For increase in time of cooling earlier has been built a few dams (fig. 1).

Modelling calculations well correspond to the data of measurements received during the summer and winter periods of 2008.

Various scenarios for the location of dams were modelled. The analysis of the data of modelling allows us to conclude that in all cases the temperature on a water intake not too differ. At the same time temperatures in the lake Svjatoje (the most northern lake) differ considerably and the lowest values correspond to the scenario with absence of all dams.

For normal meteorological conditions, location of dams is not important. In the case of long dam in spite of a somewhat different character of temperature distribution at the time the average temperature on the site at the end of the account are the same.

Conclusions. Data analysis of measurements made on the Shatursky lakes system, and numerical results for the three-dimensional models allow us to conclude that the vertical structure of hydrodynamic and especially thermal properties is not uniform and may make a substantial deviation in the results of calculations performed using two-dimensional models.

Results of modelling under extreme weather conditions suggest that the different location of the dams slightly influences water temperatures on a water intake. However, the lengthening of the existing dam the most adversely affects the temperature regime of Lake Svjatoje (most small and distant from the station), causing significant overheating, and consequently, impaired its ecological situation.

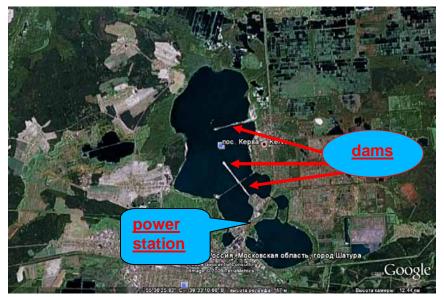


Fig.1 The Shatura lake systems (Система Шатурских озер).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММЫ GETM ДЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ШАТУРСКИХ ОЗЕР-ОХЛАДИТЕЛЕЙ Дебольская Е.И., Дебольский В.К., Масликова О.Я., Судакова Н.А.

Институт водных проблем РАН, 3, ул. Губкина, Москва 119333, Россия

Свободная поверхность водохранилища-охладителя не вся одинаково эффективно участвует в отдаче тепла, поступающего с нагретой циркуляционной водой. Поэтому при термическом расчете водохранилища-охладителя необходимо представить картину распределения температур по его поверхности и глубине; следовательно, необходимо составить схему распределения потока теплой воды от точки ее сброса до места ее приема.

При проектировании для современных электростанций водохранилищ-охладителей следует учитывать, что кроме градиентных течений, вызываемых сбросом циркуляционного расхода, в водохранилищах имеют место также ветровые, плотностные и компенсационные течения.

Ветровые течения приводят к сгону воды от подветренной стороны водоема и к нагону ее у наветренной стороны. Возникающий при этом горизонтальный градиент давления, направленный в сторону, противоположную ветру, вызывает один из видов глубинных компенсационных течений.

При прогреве верхних слоев воды возникает температурная стратификация: температура воды на поверхности оказывается выше, чем в глубинных слоях. При выпуске теплой воды на поверхность водохранилища может возникнуть устойчивая разница температур воды в верхних и нижних слоях и произойти расслоение потоков, имеющих различную плотность. В этом случае возникают верхнее теплое и глубинное холодное течения, которые могут быть разнонаправленными.

В больших и глубоких водохранилищах-охладителях, которые сооружаются для современных мощных теплоэлектростанций, возможно создание объемной циркуляции воды. Для этого необходимо организовать прием воды только из глубинных слоев водохранилища, а нагретую воду сбрасывать на поверхность водохранилища с малыми скоростями. Тогда можно располагать сбросные сооружения вблизи водоприемных и даже совмещать их в одном сооружении. При этом нагретая вода, имеющая меньшую плотность, чем холодная, растекается по поверхности водохранилища и, охлаждаясь, переходит в глубинные слои, которые движутся к водоприемным сооружениям. Такая схема циркуляции позволяет отказаться от длинных отводящих каналов и струенаправляющих сооружений при высоком коэффициенте использования площади водохранилища.

Целью настоящего исследования является выбор варианта планирования постройки дамб, обеспечивающего режим эксплуатации Шатурских озёр, как водоема-охладителя Шатурской ГРЭС.

В работе была использована трехмерная численная модель GETM (<u>www.getm.eu</u>). Гидродинамический блок модели позволяет рассчитывать течения в трех измерениях. В термодинамическом блоке модели рассчитываются 3-хмерные распределения температуры воды в водоеме на основе адвекционно-диффузионного уравнения с учетом испарения с водной поверхности за счет коротковолновой радиации. Расчеты основаны на фактических данных, полученных сотрудниками лаборатории.

Система Шатурских озер состоит из 5 связанных между собой озер. Тепловая станция расположена между Муромским Черным оз. Станция забирает воду в Черном оз. и сбрасывает нагретую воду в Муромское оз. Для увеличения времени охлаждения ранее было сооружено несколько струенаправляющих дамб (Fig. 1).

Модельные расчеты хорошо соответствуют данным измерений, полученным в летний и зимний периоды 2008 г.

Моделировались различные сценарии расположения струенаправляющих дамб. Анализ данных моделирования позволяет сделать заключение, что во всех случаях температуры на водозаборе не слишком различаются. В то же время температуры в оз. Святом (самое северное озеро) различаются значительно и самые низкие значения соответствуют сценарию с отсутствием всех дамб.

Для нормальных метеоусловий расположение дамб не играет существенной роли. В случае удлиненной дамбы несмотря на несколько иной характер распределения температур по времени средняя температура по участку на момент окончания счета одинаковая.

Выводы. Анализ данных измерений, проведенных на системе Шатурских озер, и результаты численных расчетов по трехмерной модели позволяют сделать заключение, что вертикальная структура гидродинамических и особенно термических параметров не является равномерной и может вносить существенные отклонения в результаты расчетов, проведенных с использованием двухмерных моделей.

Результаты моделирования при экстремальных метеоусловиях позволяют сделать вывод, что различное расположение струенаправляющих дамб, незначительно влияет на температуры воды на водозаборе. Однако удлинение существующей дамбы наиболее неблагоприятно влияет на температурный режим озера Святого (наиболее мелкого и удаленного от станции), вызывая значительный его перегрев, и, как следствие, ухудшая его экологическую ситуацию.

THE EXTREMELY WEAK LUMINESCENCE OF NATURAL WATERS

Dobrynin V.I.*,**

*Applied Physics Institute ISU, 1, K. Marx st., Irkutsk 664003, Russia **Physical-Technical Institute, ISTU, 83, Lermontov st., Irkutsk 664074, Russia dvi12345@yandex.ru

The works on researching luminescence of Baikal water is renewed (Bezrukov et al., 1984). The relevance of research is based on the requirements to define nature and mechanisms of this phenomenon (Dobrynin, et al., 1990; Dobrynin, 1991), the role of luminescence as the indicator of vertical water exchange process (Bezrukov et al., 1998). The detailed measurements of amplitude and spatial characteristics of luminescence are

necessary for clarifying the background conditions of registration of the Čerenkov radiation in the Baikal neutrino telescope (Aynutdinov et al., 2009).

Nowadays the progress in production the low noise photomultiplier tubes (PMT) with the large photocathode, the high quantum yield and amplitude resolution, microprocessors, fast signal amplifiers and registration systems allows to decrease detection threshold of quasi stationary light fluxes in 100 times. It allows researchers to create more sensitive and stable photometers and receive the qualitatively new data.

In PTI ISTU developed the lab photometer based on PMP (XP3540) with threshold sensitivity 10⁻⁴ photon·s⁻¹·cm⁻³ for researching the water luminescence (Dobrynin et al., 2010). The autonomous high sensitive deep water photometer is created in API ISU for studying luminescence in situ. The searching of bio-luminescence and studying spontaneous luminescence of micro-organisms in the Baikal is conducted by API ISU in collaboration with the Research Institute of biology ISU (Bybin et al., 2010).

During the photometer testing the new data about the intensity of distilled and natural water luminescence under exposure of the natural radiation were received. The minimum of radio-luminescence intensity of distilled water can be watched at 4 °C. This temperature is the temperature of maximum water density. The intensity of the natural water radio-luminescence is slightly lower. Its minimum is located near 3.5 °C (fig. 1A).

The results of the experiment with the distilled water are well described by the dependence:

$$F(\rho) = a \cdot (1 - (\rho_t / \rho_4)^{1/2}) + b, \qquad (1)$$

where \mathbf{p}_t is the density of water at temperature **t** (°C); **a** and **b** are constants.

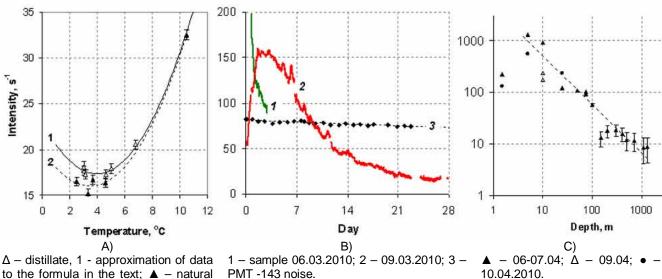
It can be supposed that the thermal restructuring of the internal structure of water is the base of intensity change. The nature of dependence indicates the definite role of fluctuations of molecules quantity (or their groups) in a single volume.

The author is sure that using luminescence as the indicator of the inner structure of water changes is the promising direction for further research.

At first the long-term measurement of the intensity of the Angara water luminescence were held (fig. 1B). The nature of changes of intensity varies very much. In three weeks luminescence of the *2-nd* sample stabilized on the distillate radio-luminescence level. The studying of changing the light effect on the River way causes the particular interest.

The vertical distribution of light intensity samples from different depths is measured in the district of NT-200 location (fig. 1C). The range intensity changes are more than 100. The dimension of luminescence sources to the depths of 5 m (d > 0.5 μ m) is defined by the consistent water filtration with the set of filters DUBNA.

The author thanks the participants of the expedition of the Baikal collaboration.



to the formula in the text; \blacktriangle – natural water, 2 - quadratic approximation (Δ – дистиллят, 1 – аппроксимация данных по формуле (1); \blacktriangle – природная вода, 2 – квадратичная аппроксимация)

РМТ -143 noise. (1 – проба от 06.03.2010 г.; 2 – 09.03.2010 г.; 3 – темновые шумы ФЭУ-143).

3 - ▲ - 06-07.04; Δ - 09.04; • 10.04.2010. 2010 (▲ - 06-07.04; Δ - 09.04; • 10.04.2010 г.)

Fig. 1. Water radio-luminescence (A), the Angara river water luminescence (B) and the luminescence stratification (C) (Радиолюминесценция воды (A), свечение воды р. Ангара (B) и распределение по глубинам (C).

СВЕРХСЛАБАЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ПРИРОДНЫХ ВОД

Добрынин В.И.*,**

НИИ прикладной физики ИГУ, 1, ул. К. Маркса Иркутск 664003, Россия Физико-технический институт ИрГТУ, 83, ул. Лермонтова, Иркутск 664074, Россия

Возобновлены работы по исследованию свечения водной среды оз. Байкал (Безруков и др., 1984). Актуальность исследований обусловлена необходимостью определения природы и механизмов явления (Добрынин и др., 1990; Добрынин, 1991), ролью свечения как индикатора процессов вертикального водообмена (Безруков и др., 1998). Детальные измерения амплитудно-временных и пространственных характеристик свечения необходимы для уточнения фоновых условий регистрации черенковского излучения в Байкальском нейтринном телескопе (Aynutdinov et al., 2009).

Прогресс в области производства малошумящих фотоэлектронных умножителей (ФЭУ) с большой площадью фотокатода, высоким квантовым выходом и амплитудным разрешением, микропроцессорной техники, быстрых усилителей и систем регистрации сигналов позволяет в настоящее время понизить порог обнаружения квазистационарных световых потоков на два порядка величины. Это делает возможным разработку более чувствительной и стабильной фотометрической аппаратуры и получение на этой основе качественно новых данных.

В ФТИ ИрГТУ разработан лабораторный фотометр для исследования свечения водных сред на базе ФЭУ (ХР3540) с пороговой чувствительностью 10⁻⁴ фотона с⁻¹ см⁻³ (Добрынин и др., 2010). В НИИПФ ИГУ создается автономный высокочувствительный батифотометр для исследования свечения *in situ*. Совместно с НИИ биологии ИГУ осуществляется поиск биолюминесцентов и изучение спонтанной люминесценции байкальских микроорганизмов (Быбин и др., 2010).

В ходе тестовых испытаний фотометра были получены новые данные об интенсивности свечения дистиллированной и природной воды под действием естественного радиационного фона (fig. 1A). В температурной зависимости интенсивности радиолюминесценции дистиллированной воды наблюдается минимум вблизи температуры максимальной плотности (4 °C). Интенсивность радиолюминесценции природной воды несколько ниже, ее минимум расположен около 3,5 °C.

Результаты эксперимента с дистиллятом хорошо описываются зависимостью вида:

$$F(\rho) = a \cdot (1 - (\rho_t / \rho_4)^{1/2}) + b, \qquad (1)$$

где ρ_t – плотность воды при температуре t (°C); **a** и **b** – константы.

Можно предположить, что в основе наблюдаемых изменений интенсивности лежит тепловая перестройка внутренней структуры воды. Характер зависимости указывает на определенную роль флуктуаций численности молекул (или их ассоциаций) в единичном объеме.

Использование свечения в качестве индикатора изменений внутренней структуры воды представляется нам перспективным направлением дальнейших исследований.

Впервые проведены долговременные измерения интенсивности свечения воды р. Ангара (fig. 1B). Характер изменений интенсивности существенно различается. Через три недели свечение пробы **2** стабилизировалось на уровне радиолюминесценции дистиллята. Определенный интерес представляет изучение динамики изменений свечения на пути от истока реки.

Измерено вертикальное распределение интенсивности свечения проб с разных глубин в районе расположения HT-200 (fig. 1C). Диапазон изменений превышает 100. Путем последовательной фильтрации воды через набор фильтров DUBNA и измерения остаточного свечения определен размерный состав источников для глубины 5 м (d > 0,5 мкм).

Автор благодарит участников экспедиции коллаборации «Байкал». Работа выполнена при финансовой поддержке минобрнауки РФ (ГК №02.740.11.0018, П1242, П2504, задания РНП2.2.1.1/1483, 2.1.1/1539, 2.2.1.1/5901 НОЦ «Байкал»).

JOINT DESCRIPTION OF PHYSICAL AND CHEMICAL AND BIOLOGICAL PROCESSES FOR LARGEST LAKES OF EUROPE

Filatov N.*, Rukhovets L., Astrakhantsev N.G., Petrova N.**, Menshutkin V.

Saint-Petersburg Institute for Economics and Mathematics RAS, 1, Chaikovsky St., St-Petersburg 191187, Russia *Northern Water Problems Institute of KarRC RAS, 50, Al. Nevsky st., Petrosavodsk 185030, Russia **Institute of Limnology, Russian Academy of Sciences, 9, Sevast'yanov St., St-Petersburg 196105, Russia

In the report discusses studies the contemporary problems of the Great European Lakes – Ladoga and Onego - on both a regional and a global scale, placing special emphasis on interactions between the physical, chemical and biological environments. Field observations and numerical modelling are used to investigate the responsiveness of both environments to respective impacts, as well as to regional and global climate change. The authors undertook to develop a set of 3-D mathematical models that help rework available knowledge about hydrophysical, chemical and biological processes in large stratified lakes into adequate reconstructions of circulation, temperature regime and function of the ecosystems.

Major attention is paid to two models, that is, the Lake ecosystem model, based on nitrogen and phosphorus cycles, and the model of phytoplankton succession in Lake Ladoga (Rukhovets, Filatov, 2009).

The coupled thermohydrodynamic and ecosystem models for Lakes Ladoga and Onego have been developed to study the contemporary situation, to understand the main mechanisms of the ecosystem transformation, and to learn what may happen in future under the varying anthropogenic impact and climate change. Models are developed that enable simulation of hydrodynamics, phytoplankton, zooplankton communities, distribution and transformation of dissolved oxygen, distribution and transformation of substances/pollutants, evolution of the lakes' ecosystems, and reliable quantitative estimation of eutrophication in Lakes Ladoga and Onego. Descriptions of the models are followed by examples of their application for the present day, hind- and forecasting. It was realized analyses the dynamics of the lakes' water ecosystems under climate change (warming and cooling) and anthropogenic impacts relying on observed and modeled data. The advanced mathematical model of phytoplankton succession including nine species of phytoplankton was developed. Special attention here is given to the feedforward and feedback interactions in these lakes and the watershed under various scenarios of regional climate change and anthropogenic nutrient loading. The results of analysis of observed data and numerical experiments are presented.

This set of models is meant to be a tool for handling the tasks of managing water use and conservation of the natural resources of large stratified lakes, first of all, water quality.

INTERDEPENDENCE BETWEEN ANNUAL TEMPERATURE CHANGEABILITY AND TERMS OF COMPLETE FREEZING OF LAKE BAIKAL Gnatovsky R.Yu.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia gnat@lin.irk.ru

Climatic conditions preceding the freezing period significantly affect distribution of water masses around the water surface of the lake. One of the major parameters characterizing the state of the surface water layer is the temperature of this layer. Distribution of the temperature field around the surface gives an idea of heat fluxes on the lake surface. The aim of this work was to study the effect of the annual run of surface water temperature on the changeability of freezing terms, duration and break of ice cover in Lake Baikal. Data on surface water temperature for 1996-1999, obtained from the measuring device AVHRR installed in the satellites of the NOAA series, were compared with the data obtained at meteorological stations located within the lake water surface. There is interdependence between trends of average daily temperatures *in situ* and changeability of average temperature in different basins of the lake during the pre-freezing period. Techniques of processing and preparation of remote sensing data developed during studies allow the study of interdependence between temperature regime of the lake and ice phenomena for a longer period of time of observations applying data from other space measuring complexes such as MODIS, SPOT.

We used remote sensing data (RSD) in our studies obtained by the Center of Space Monitoring of the Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS. Binding and calibration of the data were carried out according to the technique developed. RSD were filtered from cloudiness and converted to temperature via 3 infrared channels. Temperature series obtained in the same period of time by scientific research vessels of the Limnological Institute SB RAS were used in conversion of temperature. Data on missing days were interpolated using the whole set of images obtained from May to November.

RSD on the lake surface temperature in the three basins, Barguzin and Chivyrkuy Bays and from the area of Maloye More were averaged. These data were compared with the data obtained by meteorological stations located in the corresponding parts of the lake.

СВЯЗЬ МЕЖДУ ГОДОВОЙ ИЗМЕНЧИВОСТЬЮ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ И СРОКАМИ ПОЛНОГО ЛЕДОСТАВА ОЗЕРА БАЙКАЛ

Гнатовский Р.Ю.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Климатические условия, в предшествующий ледоставу период, оказывают существенное влияние на распределение водных масс по акватории озера. Одним из основных параметров, характеризующих состояние поверхностного слоя водной массы, является температура этого слоя. Распределение температурного поля по акватории даёт нам представление о потоках тепла на поверхности озера. В работе изучается влияние годового хода поверхностной температуры на изменчивость сроков замерзания, продолжительности, и начала вскрытия ледового покрова озера Байкал. Проводится сравнительный анализ данных о температуре поверхности вод озера, полученных измерительным комплексом AVHRR расположенном на спутниках серии NOAA, за период 1996-1999 годы и данных измеренных на гидрометеорологических постах расположенных в акватории озера. Рассматривается связь между трендами среднесуточных температур in-situ и изменчивостью средней, по площади, температуры в различных котловинах озера в предледоставный период. Методики обработки и подготовки данных дистанционного зондирования, выработанные при выполнении работы, позволят исследовать взаимосвязь температурного режима озера и ледовых явлений за более длительный период наблюдений с привлечением данных других космических измерительных комплексов, таких как MODIS, SPOT.

При выполнении работы использовались данные дистанционного зондирования (ДДЗ), полученные Центром космического мониторинга Института солнечно-земной физики СО РАН. Привязка и калибровка данных выполнялась с использованием совместно разработанной методики. ДДЗ фильтровались от облачности и по трём инфракрасным каналам пересчитывались в температуру. При пересчёте температуры использовались температурные ряды, полученные в этот же период времени с научно исследовательских судов Лимнологического института СО РАН. Данные в пропущенные дни интерполировались по всему набору снимков, полученных за период с мая по ноябрь.

Для проведения сравнительного анализа температура поверхности озера, полученная по ДДЗ, осреднялась по площадям трех котловин, Баргузинскому, Чивыркуйскому заливам и по площади Малого Моря. Сравнительный анализ проводился по данным, полученным на метеостанциях, расположенных в соответствующих частях озера.

DEEP AND NEAR-BOTTOM WATER TEMPERATURE STRUCTURE OF LAKE KHUBSUGUL (MONGOLIA) (HYDROPHYSICAL AND GEOTHERMAL ASPECTS)

Golubev V.A.

Institute of the Earth's Crust SB RAS, 128, Lermontov st., Irkutsk 664033, Russia golubev@crust.irk.ru

Khubsugul freshwater Lake is located in the northern Mongolia 250 km to the southwest of the Baikal. Lake Khubsugul is 136 by 36.5 km in size, and its surface elevation is 1645 m above the sea level. According to our records, the lake is as deep as 238 m. The lake is ice-covered from November to June.

The thermal structure of the Khubsugul waters is poorly known. The report considers the data on the deep and near-bottom water temperatures of Lake Khubsugul obtained in 1980-2003 during the geothermal studies of the lake bottom. The measurements were made using thermistors with a precision of 0.05°C for absolute and 0.002°C for relative temperature. The following conclusions are based on the water layer and bottom sediment temperatures measured in June and July 1980, 1982, 1988, 2001 and 2002, in February 1982 and in March 1987 and 2003.

1. In late July the open lake surface water has its maximum temperature (t) of 10-15°C that decreases to 4-8°C at a depth of 10 m, to 3.5-4.2°C at a depth of 50 m, and to 3.6-3.9°C at a depth of 100 m. The further small decrease of t in this period continues to depths of 180-200 m altering to some increase near the lake bottom.

2. Throughout the year, the near-bottom water temperature of Lake Khubsugul in its maximum-depth zone (200-238 m) ranges from 3.52 to 3.72°C being 3.62° on the average that nearly coincides with temperature value tm.d., at which the freshwater density is maximum at the above-noted depths.

3. The near-bottom water temperatures and sediment bottom temperatures at depths of 0.5-3 m (from the bottom surface) show that the amplitude of seasonal variation of the near-bottom water temperature at the maximum depth of the Khubsugul does not exceed 0.05-0.07°C that is several times less than amplitude of seasonal variation of the near-bottom water temperature at the same depths (200-250 m) of Lake Baikal.

4. Thermal monitoring of the water masses of the Khubsugul coincided temporally with the period of intensive increase in the mean annual global temperatures that occurred also in Prikhubsugulye. Nevertheless, the obtained data do not identify any unidirectional changes of the deep and near-bottom water temperatures of this lake. The mechanism maintaining the stability of the deep and near-bottom water temperature of Lake Khubsugul, as well as that of Lake Baikal, is evidently associated with a longer ice-free period observed there in the last decades.

The research has been done under financial support of RFBR grant 09-05-01083-a.

ТЕМПЕРАТУРНАЯ СТРУКТУРА ГЛУБИННЫХ И ПРИДОННЫХ ВОД ОЗЕРА ХУБСУГУЛ (МОНГОЛИЯ) (ГИДРОФИЗИЧЕСКИЕ И ГЕОТЕРМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ)

Голубев В.А.

Институт земной коры СО РАН, 128, ул. Лермонтова, Иркутск 664033, Россия

Пресноводное озеро Хубсугул расположено в северной части Монголии в 250 км к юго-западу от Байкала. Размеры озера 136х36,5 км, а зеркало его вод находится на высоте 1645 м над уровнем моря. Глубина озера, согласно нашим данным, достигает 238 м. С ноября по июнь озеро покрыто льдом.

Термальная структура вод Хубсугула слабо изучена. Целью настоящего доклада является обсуждение данных о температурах глубинных и придонных вод Хубсугула, полученных нами в 1980-2003 годах при геотермических исследованиях дна этого озера. Измерения проведены с использованием терморезисторных датчиков с точностью 0,05°C по абсолютной температуре и с точностью 0,002°C – по относительной. Выводы основаны на измерениях температур в его водной толще и донных отложениях, выполненных в июне-июле 1980, 1982, 1988, 2001 и 2002 г., а также в феврале 1982 г. и марте 1987 и 2003 г.

1. В поверхностных водах открытой части акватории озера максимальная температура (t) наблюдается в конце июля и составляет 10-15°C. С ростом глубины она быстро снижается до 4-8°C на глубине 10 м, 3,5-4,2°C – на 50 м, 3,6-3,9°C на 100 м. Дальнейшее, хотя и небольшое, снижение t в этот

период продолжается до глубин 180-200 м (в зависимости от глубины озер в данном месте), где сменяется противоположным – небольшим нарастанием температур с приближением к дну.

2. Температура придонных вод Хубсугула в зоне его максимальных глубин (200-238 м) в течение года не выходит за пределы 3,52-3,72°С и в среднем составляет 3,62°С, что почти совпадает со значением температуры t_{м.п.} – температуры, при которой плотность пресной воды на указанных глубинах максимальна.

3. Данные о температурах на границе дно-вода, а также о температурах в донных осадках на глубине 0,5-3 м (от поверхности дна), показывают, что амплитуда сезонных изменений температур придонных вод на максимальных глубинах Хубсугула не превышает 0,05-0,07°С, что в несколько раз меньше амплитуды сезонных изменений температур придонных вод на тех же глубинах (200-250 м) в озере Байкал.

4. Проведенный нами термический мониторинг водных масс Хубсугула совпал по времени с периодом интенсивного нарастания среднегодовых температур нашей планеты, которое имело место и в Прихубсугулье. Однако полученные данные не обнаруживают сколько-нибудь заметных однонаправленных изменений температур в глубинной и придонной зоне этого озера. Механизм, обеспечивающий температурную стабильность глубинных и придонных вод озера Хубсугула, как и вод Байкала, по-видимому, связан с ростом продолжительности безледного периода, наблюдаемого на этих озерах в последние десятилетия.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 09-05-01083-а)

RING STRUCTURES ON THE ICE OF LAKE BAIKAL

Granin N.G., Kucher K.M., Gnatovsky R.Yu., Blinov V.V., Makarov M.M.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

nick@lin.irk.ru

Today, satellite images make it possible to obtain previously inaccessible information about the formation and destruction of ice cover on the entire area of Lake Baikal. Owing to them, in spring 2003, we discovered the ring structure on the ice surface in vicinity of the Cape Krestovskiy (Central Baikal). Analysis of satellite images for previous years showed that the ring structures are often visible on the ice surface before its destruction. Thus, the ring structure existed in vicinity of the Cape Krestovskiy in April 1999, in 2005 and 2008 as well. On the space images, such structures were registered in the northern extremity of the Maloe More Strait in 2004, 2005, and 2009; in the western part of Southern Baikal in 2008 and 2009; in the region of Turka River in 2008, near the Svyatoi Nose Peninsula in 2009 (Fig. 1a).

In 2009, the ring structures in the western extremity of Southern Baikal and near the Svyatoi Nose Peninsula appeared on April, 4. Studies of the ring structure in the western part of Southern Baikal using aircushion boat "Hius" were started on April, 7. Along two transects crossing the ring structure from north to south and from east to west, the vertical distribution of water temperature and electrical conductivity was measured using CTD probe SBE-19. Observations were carried out from the water surface to 95 m depth at 19 stations. Along the cross-section from north to south, measurements were made in the center of ring structure and at 1, 2, 3, and 4 km from the center. Along the cross-section from east to west, additional measurements were made at a distance of about 7 km from the center (Fig. 1b).

The data obtained suggest that the water temperature increases of more than 0.5 ° C in the central part of the ring structure (Fig. 1b). The increased temperature, as well as deepening of the thermocline at this site is due to the rise of deep waters. The isotherms deepening in the center of ring structure indicates the existence of geostrophic anticyclonic current.

The ice thickness in the area varied 37 to 74 cm. It was the lowest in the southern part of "dark ring", at 2 km distance from its center. At this, the decreased ice thickness is not associated with the increased temperature of the under-ice water layer (Fig. 1b).

Appearance of such ring structures is due to the generation of circular currents resulted from in the ascent of deep waters, and, accordingly, a decrease of ice thickness in the zone of intensified currents. Local upwelling of deep waters to the surface zone leads, in turn, to the deformation of isothermal surfaces (deepening of isotherms in the central area), which contributes to the generation of anticyclonic current of a clockwise direction. In the zone of maximum current velocities, there is the increased vertical water exchange, which leads to decrease of the ice thickness and accelerating destruction of ice cover.

Vortical formations, whose dimensions are comparable to the baroclinic Rossby radius of deformation, are often observed in the seas. Diameter of the rings observed on the ice surface in Lake Baikal is about 3.5 to 5 km. It was observed that the deeper the site, the larger the rings' diameter. The rings are formed due to the geostrophic currents caused by the local rise of waters, and the scale of currents in a stratified medium is determined by the baroclinic Rossby radius of deformation. The baroclinic Rossby radius of deformation estimated for those lake areas, in which the ring structures were observed is in good agreement with the rings size.

Satellite images show a circular area in which the ice cover is minimal, the ice is more saturated with water, it has more ice steams. The local rise of deep waters may be caused by the eruption of mud volcanoes

located on the bottom, floating of gas hydrates, pulse escapes of large gas volumes from the bottom sediments.

This work was supported by RFBR grants № 08-05-98091, 09-05-00763 and the Interdisciplinary integration SB RAS projects № 20 and 23.

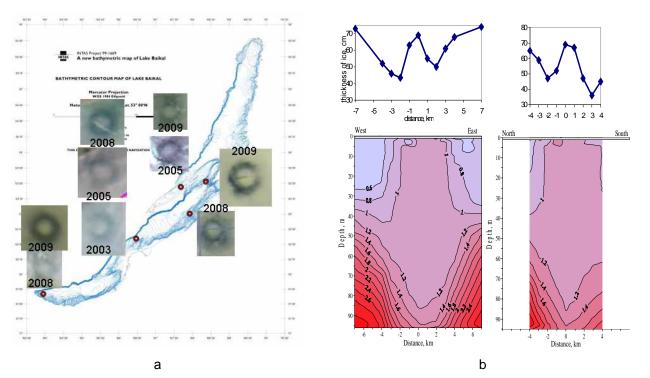


Fig.1. Map of the ring structures located on the ice of Lake Baikal as well as their satellite images, obtained in different years (a); the ice thickness (top) and vertical distribution of water temperature (bottom) on transects crossing the ring structure in the western part of Southern Baikal on April 7, 2009: from east to west (left) and from north to south (right) (b). The numbers on the horizontal line show a distance from the center of ring structure. (Карта расположения кольцевых структур на льду Байкала, а также их спутниковые снимки, полученные в разные годы (a); толщина льда (вверху) и вертикальное распределение температуры воды (внизу) на разрезах, пересекающих кольцевую структуру в западной части Южного Байкала 7 апреля 2009 г.: с востока на запад (слева) и с севера на юг (справа) (b). Цифрами по горизонтали показано расстояние от центра кольцевой структуры).

КОЛЬЦЕВЫЕ СТРУКТУРЫ НА ЛЬДУ ОЗЕРА БАЙКАЛ Гранин Н.Г., Кучер К.М., Гнатовский Р.Ю., Блинов В.В., Макаров М.М. Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Сегодня спутниковые данные позволяют получать недоступную ранее информацию о становлении и разрушении ледового покрова по всей акватории озера Байкал. Благодаря им весной 2003 года была обнаружена кольцевая структура на поверхности льда в районе мыса Крестовский (Средний Байкал). Анализ спутниковой информации за предыдущие годы показал, что кольцевые структуры проявляются на поверхности льда перед его разрушением достаточно часто. Так, кольцевая структура существовала в районе мыса Крестовский в апреле 1999 г., а также в 2005 и 2008 гг. На снимках из космоса подобные структуры зарегистрированы в северной оконечности пролива Малое Море в 2004, 2005, 2009 гг.; в западной части Южного Байкала в 2008 и 2009 гг.; в районе реки Турка в 2008 г., вблизи полуострова Святой Нос в 2009 г. (Fig. 1a).

В 2009 г. кольцевые структуры в западной оконечности Южного Байкала и вблизи полуострова Святой Нос проявились 4 апреля. Работы по изучению кольцевой структуры в западной части Южного Байкала с использованием катера на воздушной подушке «Хиус» были организованы 7 апреля. На двух разрезах, пересекающих кольцевую структуру с севера на юг и с востока на запад, измеряли вертикальное распределение температуры и электропроводности воды с использованием СТD зонда SBE-19. Наблюдения проведены на 19 станциях от поверхности воды до глубины 95 м. На разрезе с севера на юг измерения проводили в центре кольцевой структуры, и на расстоянии 1, 2, 3 и 4 км от него. На разрезе с востока на запад дополнительно были проведены измерения на расстоянии примерно 7 км от центра (Fig. 1b).

Полученные данные свидетельствуют о повышении температуры более чем на 0,5°С в центральной части кольцевой структуры (Fig. 1b). Повышение здесь температуры, а также заглубление термоклина обусловлены подъемом глубинных вод. Заглубление изотерм в центре структуры свидетельствует о существовании геострофического антициклонического течения.

Толщина льда в районе работ изменялась от 37 до 74 см. Она была минимальной в южной части «темного кольца» на расстоянии 2 км от его центра. При этом, уменьшение толщины льда не связано с повышением температуры подледного слоя воды (Fig. 1b).

Появление подобных кольцевых структур обусловлено генерацией круговых течений в результате подъема глубинных вод, и, соответственно, уменьшением толщины льда в зоне интенсификации течений. Локальный подъем глубинных вод в поверхностную зону приводит, в свою очередь, к деформации изотермических поверхностей (заглубление изотерм в центральной области), что способствует генерации антициклонического течения, направленного по часовой стрелке. В зоне максимальных скоростей течений происходит усиление вертикального водообмена, которое ведет к уменьшению толщины льда и ускорению разрушения ледового покрова.

Вихревые образования, размеры которых сравнимы с бароклинным радиусом деформации Россби, часто наблюдаются в морях. Диаметр колец на поверхности льда Байкала составляет примерно от 3,5 до 5 км. Отмечено увеличение диаметра кольца с глубиной водной толщи. Кольца образуются за счет геострофических течений, обусловленных локальным подъемом вод, а масштаб течений в стратифицированной среде определяется бароклинным радиусом деформации Россби. Оценки бароклинного радиуса деформации Россби, выполненные для тех районов озера, в которых наблюдались кольцевые структуры, хорошо согласуются с размерами колец.

На космических снимках видна круговая область, в которой толщина ледового покрова минимальна, лед более насыщен водой, в нем имеется больше пропарин. Причинами локального подъема глубинных вод могут служить извержения грязевых вулканов на дне, всплывание газовых гидратов, импульсные выходы больших объемов газа из донных отложений озера.

Работы поддержаны грантами РФФИ № 08-05-98091, № 09-05-00763 и междисциплинарными интеграционными проектами СО РАН 20 и 23.

THE INFLUENCE OF HIGHER WATER VEGETATION ON THE ELECTROMAGNETIC PROPERTIES OF ICE

Gurulev A.A., Lukyanov P.U., Tsyrenjapov S.V., Orlov A.O.

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, 26, Butina st., Chita 672000, Russia Igc255@mail.ru

Elodea Canadian (Elodea Canadensis) is widespread alien species of higher water vegetation which has adverse effects on the biota of Lake Baikal (Bazarov, Pronin 2006). The direct methods of determination of areas of overgrowth of the plants are problematic, because of large lake area. We propose a remote method for determining the areal distribution of higher water vegetation in the winter period based on measurements of own thermal radiation of ice cover at microwave frequencies.

During the formation of ice cover various types of impurities including higher water vegetation are captured into the ice, which affects on the power of thermal radiation leading to increase of radiobrightness temperature (a parameter which characterizes the power of thermal radiation). In (Bordonsky, Gurulev 2008) is shown how to determine the salinity of the water reservoir by radiometric method. Similarly, it's possible to determine the areas of the reservoir, which are "depressed" by higher aquatic vegetation, given that the salinity of the reservoir over the entire area of the lake is a constant (Bordonsky, Zolotarev, Krylov, 1994).

The presence of vegetation leads to an increase of the concentration of liquid in the volume of ice, which turn to increase of the imaginary part of complex permittivity of ice value. The increase of this parameter leads to an increase of radiobrightness temperature. Thus, the increased concentration of higher water vegetation in the ice cover leads to increase of the radiobrightness temperature.

To further explore of the problem the field measurements were carried out to allocate the areas with a high concentration of water vegetation in the ice. The car mounted radiometers (wavelength 2.3 cm and 12 cm) were moved to the ice cover of Lake Shakshinskoe (Zabaikalskyi Region) which measured the value of radiobrightness temperature. Measurements were made in the month of March of 2007 and 2008. The measurements showed the increase of the radiobrightness temperature up to 15 K in some areas of the reservoir. Direct sampling indicated the presence of higher water vegetation in the ice of these areas.

In addition, the measurements of the backscattering coefficient of the electromagnetic signal from a system of ice-water were carried out at the same reservoir. On the car, except radiometers, the radars with a continuous radiation were installed. The measurements were carried out on the wavelength of 2.3 cm and 5.6 cm. The obtained fragment of route record is shown at Fig.1. In the areas of high concentrations of higher water vegetation the radar signal increases, as can be seen from the graph. This method of identifying of the higher water vegetation when using two wavelengths is more efficient due to the fact that it registers the heterogeneity in the ice, comparable with the wavelength.

Thus, we tested a multifrequency method for determining of the areas of growth of higher aquatic vegetation in fresh water, based on the measurement of the coefficient of backscattering of electromagnetic waves in the microwave range and the thermal radiation of the ice cover, lying on the water surface.

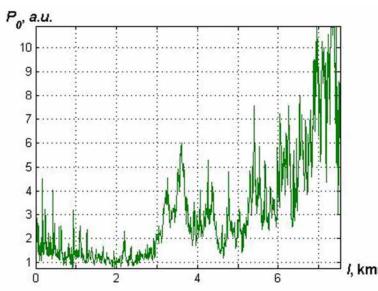


Fig.1 Plot of the backscattering power (V-V) from ice cover versus distance over lake Sakshinskoe at 5.6 cm wavelength. March 2007 View angle – 30°. (Мощность обратного рассеяния (B-B) от расстояния по трассе для эвтрофированного оз. Шакша на длине волны 5,6 см. Март 2007. Угол наблюдения 30°).

ВЛИЯНИЕ ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ЛЬДА Гурулев А.А., Лукьянов П.Ю., Цыренжапов С.В., Орлов А.О.

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, 26, ул. Бутина, Чита 672000, Россия

В оз. Байкал широкое распространение получил чужеродный вид высшей водной растительности – элодея канадская (Elodea canadensis), оказывающий негативное влияние на биоту озера (Базарова, Пронин 2006). Определение площадей зарастания данным видом растения путем непосредственного изъятия проб по акватории водоема проблематично, по причине больших площадей. Нами предлагается метод определения ареала распространения высшей водной растительности по водоему бесконтактным методом в зимнее время по собственному тепловому излучению в СВЧ-диапазоне.

Во время становления ледяного покрова происходит захват в лед различных типов примесей, в том числе и высшей водной растительности, что влияет на мощность теплового излучения, увеличивая значение радиояркостной температуры (параметр, который характеризует мощность теплового излучения). Так в работе (Бордонский, Гурулев 2008) показано, как можно определять минерализацию водоема радиометрическим способом. Таким же образом можно выделять участки водоема, которые «поражены» высшей водной растительностью, учитывая, что минерализация водоема по всей площади озера есть величина постоянная (Бордонский, Золотарева, Крылов 1994).

Наличие во льду растительности приводит к увеличению концентрации жидкости в объеме льда, что, в свою очередь, приводит к повышенному значению мнимой части комплексной диэлектрической проницаемости льда, а увеличение данного параметра приводит к росту радиояркостной температуры. Таким образом, повышенное содержание высшей водной растительности во льду увеличивает и значение радиояркостной температуры. Для дальнейшего изучения вопроса были выполнены натурные измерения по выделению областей с повышенным содержанием высшей водной растительности во льду.

На автомобиль устанавливалась радиометры (длина волны 2,3 см и 12 см) с помощью которых определялось значение радиояркостной температуры. Измерения проводились на оз. Шакшинское (Забайкальский край) в марте месяце. Результаты измерений показали повышение значения радиояркостной температуры на 15 К на некоторых участках водоема. Непосредственный отбор проб указал на наличие во льду высшей водной растительности в данных местах.

Кроме этого, выполнялись измерения коэффициента обратного рассеяния электромагнитного сигнала от системы лед-вода на том же водоеме. На автомобиль, кроме радиометров, устанавливались и радары с непрерывным излучением. Измерения выполнялись на волнах длиной 2,3 см и 5,6 см. Полученный фрагмент трассовой записи приведен на рис. 1. Как видно из графика в местах повышенного значения концентрации высшей водной растительности радарный сигнал возрастает. Данный метод выявления высшей водной растительности при использовании двух длин волн оказывается более эффективным в силу того, что он регистрирует неоднородности во льду, соизмеримые с длиной волны.

Таким образом, нами опробован многочастотный метод определения ареала произрастания высшей водной растительности в пресных водоемах по коэффициенту обратного рассеяния электромагнитных волн в СВЧ-диапазоне и собственному радиотепловому излучению ледяного покрова, лежащего на водной поверхности.

WATER CHEMISTRY MARGINAL FILTER OF THE ANGARA Karnaukhova G.A.

Institute of the Earth's Crust SB RAS, 128, Lermontov st., Irkutsk 664033, Russia karnauh@crust.irk.ru

Construction water reservoirs on river Angara for intermittent river system run-off control bring to the formation of marginal filter (MF) with a total extension 90 km, area – 135 km² (Karnaukhova, 2006; 2007). To determinate the degree transformation of composition water, suspension and bottom deposits in the MF we researched its hydrochemistry constitution. The we established what distribution to be in water of MF to determine of series factors such as entry is of part volume the river flow and wastewater, hydrodynamic process and geochemical conditions, migratory property of elements. With transportation chemical materials after MF geochemical differentiation theirs occur. Process of sedimentation to make for disposal of chemical materials and combinations out of water flow and his accumulation in bottom deposits.

We stood out 2 maximum into spatial distribution the water salinity that attended from maximums in capacity to water of suspended matter. When descent in MF the current velocity up to 0,5 m/s part basic of organic-matter, iron, phosphorus and heavy metals to lower at near-bottom layers and shifting near-bottom. By that relation to track in capacity the organic-matter, iron, lead, zinc for capacity of suspensions. Portion of metals transportations as transit after gravitational echelon MF. Mainly be deposited that metals as be suspension the basic form of transport. In make-up of the terrigenous material discharge partly out of migration iron and manganese that power deposit from organic-matter.

ГИДРОХИМИЯ МАРГИНАЛЬНОГО ФИЛЬТРА АНГАРЫ

Карнаухова Г.А.

Институт земной коры СО РАН, 128, ул. Лермонтова, Иркутск 664033, Россия

Создание на реке Ангаре водохранилищ с прерывистой каскадностью привело к формированию маргинального фильтра (МФ) общей протяженностью 90 км, площадью – 135 км² (Карнаухова, 2006; 2007). Для определения степени трансформации состава воды, взвесей и донных отложений в МФ нами исследована его гидрохимическая структура. Установлено, что распределение элементов в воде МФ определяется рядом факторов, таких как объем поступления элементов в составе речного стока и со сточными водами, гидродинамические процессы и геохимические условия в МФ, миграционные свойства элементов. При переносе химических веществ через МФ происходит их геохимическая дифференциация. Процессы седиментации способствуют выводу химических элементов и соединений из водного потока и аккумуляции в донных отложениях.

В пространственном распределении минерализации нами выделяются 2 максимума, которые сопряжены с максимумами содержания в воде взвешенного материала. При снижении в МФ скорости течения до 0,5 м/с основная часть органического вещества, железа, фосфора и тяжелых металлов опускается в придонные слои и перемещается вблизи дна. При этом прослеживается связь содержания органического вещества, железа, свинца, цинка с содержанием взвесей. Часть металлов проходит транзитом через гравитационную ступень МФ. Осаждаются главным образом те металлы, основной формой перемещения которых является взвесь. В составе терригенного материала частично выводятся из миграции железо и марганец, которые могут осаждаться и с органическим веществом.

TO EVALUATION OF THE CHEMICAL BALANCE IN LAKE BAIKAL Khodzher T.V., Granina L.Z., Sorokovikova L.M.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

<u>granina@gmail.com</u>

In Lake Baikal, the input of surface riverine waters (81%) and the atmospheric input (16%) are of major importance among the water balance items. Up to 50% of the water and 75% of suspended sediments enter the lake via its main tributary, the Selenga River. To characterize the input of the chemical elements into the lake, it is necessary to assess the input of their dissolved and suspended forms with the riverine waters and dry and wet depositions from the atmosphere as well. The output from the lake is realized by the waters of the Angara River.

The input-output of the chemical elements in the lake were calculated using the data of long-term observations on the composition of atmospheric depositions and data on the chemistry of riverine suspended sediments. Published data available were also used, mainly to calculate the riverine flux of dissolved forms of the elements. Thus, the most complete total input of the chemical elements into Lake Baikal has been for the first time evaluated. For major constituents (Ca, Mg, Na, K, Al, Si, Fe, and Mn) the main items of their balance were calculated. Moreover, the accumulation of these elements in the lake based on the mass balance was estimated, which was compared with the intensity of accumulation in the bottom sediments.

The results obtained indicate that, in accordance with the water balance structure, the chemical substances enter the lake mainly (about 97%) with the riverine input. Theoretically calculated fluxes of particulate forms of major constituents are consistent with the measured values, in other words, the riverine

waters bring only material formed as a result of denudation. The assessments made allow us to sort the elements to mobile (Ca, Mg, Na, K, Sr, Cu, Br, and Sb), relatively mobil (R, Si, and K) and low-mobil (Al, Si, Fe, Mn, Ti, Cr, Zn, Pb, Ba, V, Co, As, Sc, Cs, Rb, Ce, and Th) ones in the region. The most mobile major components Ca, Mg and Na enter the lake primarily - by 84-94% - in the dissolved form, for relatively mobile P, Si and K the input in the dissolved form is 20 to 56% of the total, for low-mobile Al, Fe and Mn it is less than 10%. In general, this classification corresponds to that known for the major rivers of the world. However, in the basin of Lake Baikal, Mg, K and Si are more mobile compared to the average on the planet because of the peculiarities of rocks composition and climate in the region.

For the most elements, the share of atmospheric feeding is low: from 0.2 to 7.5%, on average 3.5%. The exception is Zn, Cu, Cr, and in particular, Pb, whose atmospheric flux ranges 12% to 25% of the total input to the lake. When the aerosol contribution is taken into account, role of the atmosphic input substantially increases reaching for a number of elements 24% (Cr) - 36% (Zn, Pb). These elements as constituents of industrial emissions migrate in the air creating a threat of the lake pollution through the atmospheric channel. In particular, it is confirmed by the accumulation of Pb compounds in recent bottom sediments of Southern Lake Baikal.

The results of systematic studies allowed to assess long-term dynamics of the input of soluble substances into the lake with fluvial waters and atmospheric depositions. It is shown that the highest anthropogenic pressure on the lake, characterized by both the maximum total amount of ions and the highest concentration of sulfates in the Selenga River waters, was recorded in the 1970-s. Decline in industrial production in the 1990-s resulted in stabilization of the chemistry of riverine waters, however in 2001-2003, the iput of ions with the Selenga waters remained 10-14% and input of sulphates 20-30% higher compared to those recorded in the 1950-s. The Baikal Pulp and Paper Mill, located on the east coast of Southern Baikal, is a powerful source of the atmospheric pollution, which led to a significant change in the composition of atmospheric precipitations, in which the share of sulfates and nitrates has increased, the share of bicarbonates has decreased. This resulted in increased number of acid depositions in the south-eastern Baikal region. Such changes are also reflected in the ion composition of the riverine waters in the tributaries of Southern Baikal, however the total hydrochemical feature of the lake remains stable helped by long (more than 300 years) time of the water exchange in Lake Baikal.

К ОЦЕНКЕ ХИМИЧЕСКОГО БАЛАНСА ОЗЕРА БАЙКАЛ Ходжер Т.В., Гранина Л.З., Сороковикова Л.М.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск, Россия

Основную роль в приходной части водного баланса Байкала играют поверхностный речной сток (81%) и поступление вод из атмосферы (16%). До 50% вод и до 75% твердых взвешенных частиц поступает в озеро через его главный приток Селенгу. Соответственно, для характеристики поступления химических элементов в озеро необходимо оценить поток их растворенных и взвешенных форм с речными водами, а также сухое и мокрое осаждение из атмосферы. Сток из озера осуществляется с водами реки Ангары.

Поступление-сток химических элементов рассчитаны на основании результатов многолетних наблюдений за составом атмосферных выпадений и данных о составе речных взвесей, привлечены также имеющиеся в литературе материалы. Последние использованы, главным образом, для расчета потока растворенных форм элементов с речными водами. Таким образом, впервые наиболее полно оценено суммарное поступление химических элементов в Байкал. Для макрокомпонентов (Ca, Mg, Na, K, Al, Si, Fe, Mn) рассчитаны элементы их баланса, оценено накопление в озере по балансу масс, которое сопоставлено с интенсивностью аккумуляции в донных осадках.

Полученные результаты свидетельствуют, что в соответствии со структурой водного баланса, химические вещества поступают в Байкал преимущественно (в среднем около 97%) с речным стоком. Теоретически рассчитанные потоки взвешенных форм макрокомпонентов с водами притоков согласуются с фактически измеренными значениями, то есть речные воды привносят исключительно материал, образованный в результате денудации. Выполненные оценки позволили разделить элементы на мобильные (Ca, Mg, Na, K, Sr, Cu, Br, Sb), относительно подвижные (P, Si, K) и малоподвижные (Al, Si, Fe, Mn, Ti, Cr, Zn, Pb, Ba, V, Co, As, Sc, Cs, Rb, Ce, Th) в условиях региона. Наиболее подвижные макрокомпоненты Ca, Mg и Na поступают в озеро преимущественно – на 84-94% – в растворенной форме; для относительно подвижных P, Si и K поступление в растворенной форме составляет от 20 до 56% от суммарного; для малоподвижных Al, Fe и Mn оно менее 10%. В целом эта классификация соответствует таковой для главных рек мира. Однако в бассейне Байкала Mg, K и Si подвижнее, чем в среднем на планете, что обусловлено составом пород бассейна и климатическими особенностями региона.

Для большинства элементов доля атмосферного питания незначительна: от 0,2 до 7,5%, в среднем 3,5%. Исключение представляют Zn, Cu, Cr и, в особенности, Pb, поток которых из атмосферы составляет от 12% до 25% их суммарного поступления в озеро. При учете аэрозольной составляющей роль потока из атмосферы заметно возрастает, достигая для ряда элементов 24% (Cr) - 36% (Zn, Pb). Эти компоненты в составе промышленных выбросов мигрируют в воздушном пространстве, создавая угрозу загрязнения озера через атмосферный канал. В частности, это подтверждает накопление соединений Pb в поверхностных донных осадках Южного Байкала.

Результаты систематических исследований позволили оценить многолетнюю динамику поступления растворимых веществ в Байкал с речным стоком и атмосферными выпадениями. Показано, что наибольшая антропогенная нагрузка на озеро, характеризующаяся максимальной суммой ионов и концентрацией сульфатов в водах Селенги, была отмечена в 1970-х гг. Спад промышленного производства в 1990 гг. привел к стабилизации состава речных вод, однако в 2001-2003 гг. ионный сток Селенги оставался на 10-14%, а сток сульфатов на 20-30% выше, чем в 1950 гг. Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат, расположенный на берегу Южного Байкала, служит мощным источником загрязнения, который привел к существенному изменению состава атмосферных осадков: выросла доля сульфатов, нитратов и аммония, уменьшилась доля гидрокарбонатов. Увеличилось количество кислотных выпадений в юго-восточном Прибайкалье. Подобные изменения отразились на ионном составе вод притоков Южного Байкала, однако гидрохимический облик озера остается стабильным, чему способствует значительное (более 300 лет) время водообмена в Байкале.

MATHEMATICAL MODEL OF THE DYNAMICS OF ICE COVER GROWTH PROCESS ON LAKE BAIKAL ON THE BASE OF EXPERIMENTAL DATA Kozlov V.V., Aslamov I.A.*, Mizandtontsev I.B.*, Kucher K.M.*, Granin N.G.*

Institute of Systems Dynamics and Management Theory SB RAS, 134, Lermontova st., Irkutsk 664033, Russia *Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

The necessity of a quantitative description of heat processes and phase transformations of the water during ice formation and degradation on Lake Baikal rose up due to studies of ring structures on the lake ice surface registered by satellites pictures. The existing models of the dynamics of ice cover growth, due to the lack of measurements data in a thin water layer under the ice, do not allow to determine rather accurately the input parameters and heat flows determining the direction and the intensity of related to them phase transitions ice-water for such water body as Lake Baikal.

The description of temporal variations of Baikal ice thickness was done within a mathematical model based on a multi-layer non-linear modification of Stefan's problem for a set of contacting media air-ice-water with considerably differing thermophysical properties at mobile phase boundaries. The modeled system includes conditions above the ice cover and on its surface, ice sheet, boundary water micro-layer in the contact with lower ice surface, laminar and bedded under it turbulized layers of the water under ice. The algorithms of resolutions of the problems of such class are based on the link between direct methods of resolution generalized formulation of a classic problem on phase transition with discontinuous (piecewise continuous) factors and methods of resolution of approximating direct and reversal problems with smooth factors without phase transformations. While calculating an effective heat conductivity factor which takes into account the existence of a viscous laminar sublayer in the given temperatures field for the respective interval by a coordinate, we used at each temporal step a quasi-stationary approach for multi-layer media. In similar problems for marine and freshwater ice, the extended area of phase transition is usually described as a double-phase zone with linear temperature profile, or the dynamics of the ice thickness is considered taking into account the layer of convectional mixing of under ice water.

During field studies we performed the monitoring of vertical distribution of temperature in the air above the ice, in the ice sheet and in the under ice water layer (Fig. 1a). At the same time we registered ice thickness, air temperature, wind velocity above water area and values of incoming solar radiation. Temperature was measured with thermistor scythe with the distance between the sensors of 10 cm. To register the results of measurements, we developed an autonomous device for registration on the base of a microcontroller PIC24FJ64GA002 (Microchip). As temperature sensors, we used digital microcircuitry DS18B20 functioning of the base of a 1-wire bar. The resolution of sensors by temperature is 0.06°C. Temperature counts were averaged during a minute and registered onto the chip with temporal marks.

To measure the ice thickness, we used an autonomous device functioning an a reversal echo-sounder. It is based on a microcontroller PIC18F4520 (Microchip) functioning as a generator of acoustic pulsing and fixing the time between emission and acceptance of the signal with the resolution of 100 ns. The instrument was suspended on a cable in the under ice water layer at a fixed distance from ice surface. The measurements were done each 15 minutes, the results were saved to memory map. The treatment of data obtained allows to reach a relative accuracy of distance measurement of ca. 0.2 mm. Absolute accuracy of ice thickness measurement is determined by the accuracy of measurement of the length of suspended cable at instrument installation.

The verification and identification of the model of ice sheet growth dynamics are done using results of instrumental measurements. Simultaneous monitoring of ice cover thickness and temperature vertical distribution in the ice sheet and under ice water layer allowed within a reversal problem to assess the extent of the micro-zone in the site of water contact with the ice, values of effective heat conductivity factor in this layerinfluence of penetrating radiation onto daily variation of its temperature and heat flows in the system considered. As it is seen from Fig. 1b the results of model experiment are in a good conformity with measurements data.

While modeling local measurements of ice thickness in the area of a ring structure in the Western part of the Southern Baikal in the early April, 2009, we used data of measurements of velocities of under ice currents

and of temperature vertical distribution under ice. The calculations of ice thickness dynamics at different values of effective heat conductivity factor of under ice water conform with experimental data on spatial variability of ice sheet thickness in that area. Model experiments showed that increase of effective heat conductivity without a sufficient heat income from below do not provide a necessary depth of ice sheet melting near the ring.

This work was supported by Project 20.10 of Program of RAS Presidium, Interdisciplinary Integration Projects of RAS SB NoNo 20 and № 23 and RFBR grant 08-05-98091.

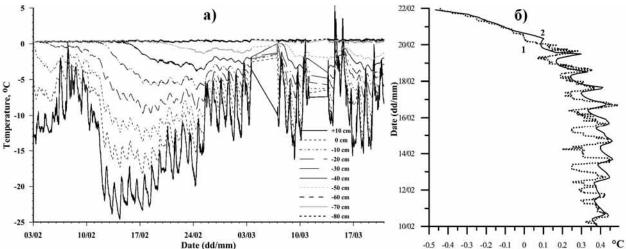


Fig.1. a) vertical temperature distribution in the air above the ice, ice column and in the water layer under the ice; b) temporal change of water and ice temperature according to data of sensor placed initially in 500 mm from the upper boundary of the ice sheet. 1 – measurements, 2 – calculation by model (a) вертикальное распределение температуры в надледном воздухе, ледовой толще и подледном слое воды; б) Изменение во времени температуры воды и льда по показаниям датчика, исходно расположенного на расстоянии 500 мм от верхней границы ледового покрова. 1 – измерения, 2 – расчет по модели).

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССА РОСТА ЛЕДОВОГО ПОКРОВА НА БАЙКАЛЕ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Козлов В.В., Асламов И.А.*, Мизандронцев И.Б.*, Кучер К.М.*, Гранин Н.Г.* Институт динамики систем и теории управления СО РАН, 134, ул. Лермонтова,

Иркутск 664033, Россия

*Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск, Россия

Необходимость количественного описания тепловых процессов и фазовых превращений воды при формировании и деградации льда на Байкале возникла в связи с изучением регистрируемых на космических снимках кольцевых структур на ледовой поверхности озера. Существующие модели динамики роста ледового покрова из-за отсутствия данных измерений в тонком подледном слое воды не позволяют с достаточной точностью оценить входные параметры и потоки тепла, определяющие направление и интенсивность сопряженных с ними фазовых переходов лед-вода для такого водоема, как Байкал.

Описание изменений во времени толщины байкальского льда было осуществлено в рамках математической модели, в основу которой положена многослойная нелинейная модификация задачи Стефана для совокупности контактирующих сред воздух-лед-вода с существенно различающимися теплофизическими свойствами при подвижных фазовых границах. Моделируемая система включает условия над ледовым покровом и на его поверхности, толщу льда, пограничный водный микрослой на контакте с нижней поверхностью льда, ламинарный и залегающий под ним турбулизированный слой подледной воды. Алгоритмы решения задач такого класса основаны на связи между прямыми методами решения в обобщенной формулировке классической задачи о фазовом переходе с разрывными (кусочно-непрерывными) коэффициентами и методами решения аппроксимирующих прямых и обратных задач с гладкими коэффициентами без фазовых превращений. При вычислении эффективного коэффициента теплопроводности, который учитывает существование вязкого ламинарного подслоя в заданной области температур для соответствующего интервала по координате, на каждом шаге по времени использован квазистационарный подход для многослойных сред. В аналогичных задачах для морского и пресноводного льда протяженная область фазового перехода обычно описывается как двухфазная зона с линейным профилем температуры, либо динамика толщины льда рассматривается с учетом слоя конвективного перемешивания подледной воды.

В ходе полевых исследований проводился мониторинг вертикального распределения температуры в надледном воздухе, ледовой толще и подледном слое воды (Fig. 1a). Одновременно регистрировалась толщина льда, температура воздуха, скорость ветра над акваторией и величины приходящей солнечной радиации. Измерения температуры осуществлялось термисторной косой с расстоянием между датчиками в 10 см. Для записи результатов измерений было разработано автономное устройство регистрации на базе микроконтроллера PIC24FJ64GA002 фирмы Microchip. В качестве температурных датчиков использовались цифровые микросхемы DS18B20, работающие на базе 1-wire шины. Разрешение датчиков по температуре составляет 0,06°C. Отсчеты температуры усреднялись в течение минуты, и, сопровождаясь временными метками, записывались на карту памяти.

Для измерения толщины льда использовался автономный прибор, работающий по принципу обратного эхолота. Его основой служит микроконтроллер PIC18F4520 фирмы Microchip, выполняющий функции генератора акустической посылки и фиксирующий время между излучением и приемом сигнала с разрешением 100 нс. Прибор подвешивался на тросе в слое подледной воды на фиксированном расстоянии от поверхности льда. Измерения проводились с интервалом в 15 минут, результаты сохранялись на карте памяти. Обработка полученных данных позволяет достигнуть относительной точности измерения расстояния порядка 0,2 мм. Абсолютная точность измерения толщины льда определяется точностью измерения длины подвесного троса при установке прибора.

Верификация и идентификация модели динамики роста ледового покрова выполнены с использованием результатов инструментальных измерений. Одновременный мониторинг толщины ледового покрова и вертикального распределения температуры в толще льда и подледном слое воды позволил в рамках обратной задачи оценить величину микрозоны на контакте воды со льдом, значения эффективного коэффициента теплопроводности в данном слое, влияние проникающей радиации на суточный ход его температуры и потоки тепла в рассматриваемой системе. Как видно из рисунка 16 результаты модельных экспериментов хорошо согласуются с данными измерений.

При моделировании локальных изменений толщины льда в районе кольцевой структуры в западной части Южного Байкала в начале апреля 2009 г. использовались данные измерения скоростей подледных течений и вертикального распределения температуры подо льдом. Расчеты динамики толщины льда при разных значениях эффективного коэффициента теплопроводности подледной воды согласуются с экспериментальными данными о пространственной изменчивости толщины ледового покрова в данном районе. Модельные эксперименты показали, что увеличение эффективной теплопроводности без достаточного подвода тепла снизу не обеспечивает нужной глубины протаивания ледового покрова в зоне кольца.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта 20.10 программы Президиума РАН, междисциплинарных интеграционных проектов СО РАН № 20 и № 23 и гранта РФФИ 08-05-98091.

SOME RESULTS OF SPECTRAL ANALYSIS OF TEMPERATURE DATA OBTAINED IN SOUTH BAIKAL Lovtsov S.V., <u>Portyanskaya I.A.</u>, Rastegin A.E.

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

iportyanskaya@mail.ru, rast@api.isu.ru, lsv@api.isu.ru

We present some results of spectral analysis of temperature data obtained in the south area of Lake Baikal on several horizons. The observations are carried out by means of thermistor chains installed on the three mooring within the hydrophysical network of Baikal Neutrino Telescope. The network is oriented on different types of geophysical measurements including 3-dimensional temperature measurements. The vertical separation of thermistors is about 20-50 meters in the upper layer and 150-300 meters in the deep zone. The telescope location is placed in the south basin of Lake Baikal (104°30'E, 51°45'N) at the distance 3.5 km from the coastline. The two moorings are stated along the coastline with separation about 1 km, and another mooring is beyond at the distance 1.5 km. The methodology of made analysis is as follows. We calculate the Pearson correlation coefficient of the temperature series on chosen horizon with respect to other horizons of this mooring and the one between series on two different moorings. We also consider a method for calculating the vertical velocity based on the temperature data and energetic reasons.

In view of calculations, performed for one and the same mooring and several years, the following conclusions have been summarized. Temperature in the near-surface layer of thickness 20 meters is very weakly correlated with temperature series of deeper layers. Such a picture comes almost annually. In the upper layer 50-200 meters, each series is closely correlated only with very closely overlying and underlying levels. It must be stressed that it is not the case for both the spring and autumn homothermies as well as for a summer period in which processes of vertical water exchange are typically observed. In these times large values of the correlation coefficient may be observed up to the near-bottom zone. It is not insignificant that an amount of correlation in the spring homothermy is somewhat less than in the autumn homothermy and moments of summer down-welling processes. Concerning the deep zone (up to one thousand of meters), we have observed that an amount of correlation between all the horizons of this zone is relatively large. This picture is not dependent on the season. Apparently, such a behavior is related to sufficiently weak stratification in the zone. At the same time, given level of the deep zone is correlated with underlying levels better than with overlying levels. The series from the near-bottom zone are all correlated with each other, but not correlated with the series obtained from the upper layers. Some possible connections may be revealed solely in the two homothermy periods though even for these periods an amount of correlation is enough small. This conclusion concurs with knowledge about features of near-bottom water dynamics.

Analysis of correlations between series from different moorings has been made in the following way. After choosing probe series from one of the moorings, we calculate its coefficient correlation with respect to time-biased series from all the levels from another mooring. At fixed probe sample, a bias of the compared series increases such that related sampling window fully comes through the year. Because of some computational cost, the described procedure has been performed only for episodes of intensification of water dynamics with a window of several tens of days. We have observed maximal values of Pearson's correlation coefficient of order 0.7-0.9 for biases of a few hours between the two moorings stated in a direction along the coastline. These high values are related to the series from upper layer horizons. So we observe some evidences for a propagation of excitation energy along the coastline and simultaneously along the vertical from up to down. An estimation of propagation celerity gives a value about ten of centimeters per second under a small angle to horizontal surface. Similar rapidity has obtained by another method comparing moments of reaching the maximum of spectrum density between the different horizons of the same mooring. As a result, we can again separate the water thickness into the three different zones with specific dynamics.

LONG-DISTANCE PROPAGATION OF SOUND IN LAKE BAIKAL Makarov M.M., Kucher K.M., Aslamov I.A.

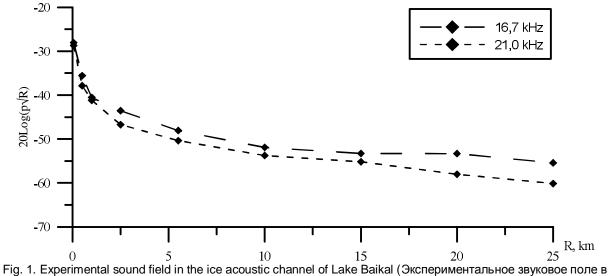
Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia <u>mmmsoft@hlserver.lin.irk.ru</u>

Long-distance propagation of sound in such cold ultra-freshwater bodies as Lake Baikal has been poorly studied so far. Lake Baikal is a deep water body to regard propagation of sound. Temperature in the deep part of the lake is nearly constant, salinity is extremely low (0.096 ‰) and does not change with the depth. The curve of sound speed changes with the depth in its deep part depends on the constant hydrostatic gradient. Subsurface sound channel (SSC) under ice is formed during inverse temperature stratification. Acoustic beams under the effect of sound speed gradient look like arcs curving towards the lake surface. The longest deep beam is approximately 35 km. The extension of the wave front (as a result of insignificant temperature changes in the lake deep zone) occurs according to the standard law: radiating signal passes to the observation point through different geometric paths that are determined by SSC properties. The amplitude and intensity of receiving impulses depend on the distance covered, sound reduction in the water and reflecting properties of the ice.

For measuring attenuation of acoustic impulses we used single acoustic beams deeply refracted in the channel (without surface reflection). The impulse spreading along the longest beam was the first to reach the observation point. We chose that duration of acoustic dispatch which made it possible to separate impulses in time passing through different geometric paths. We managed to perform a series of experiments changing the distance between the transducer and receiver. As a result we obtained data for calculating the value of ultrasound attenuation in the Baikal water.

Preliminary data obtained are in good agreement with the results of modelling. After spectral analysis of the signals received, we carried out a pilot assessment of amplitudes of ultrasound impulses (the result is demonstrated in Fig.): impulse amplitude of high frequency becomes weaker with the distance than that of low frequency. Signal attenuation at a distance of 5-10 km is stipulated by the spherical law of extension of signal front, whereas attenuation at a distance of more than 10-15 km – by absorption and scattering of signals.

This work was supported by the RAS Presidium Programme, Project No. 20.10 and Interdisciplinary Integration Projects SB RAS, Nos. 20 and 23.



подледном акустическом канале озера Байкал).

ДАЛЬНЕЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗВУКА В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ Макаров М.М., Кучер К.М., Асламов И.А.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

В таких холодных ультрапресных водоемах как озеро Байкал акустические исследования в области дальнего распространения звука до сих пор малоизученны. Байкал является достаточно глубоким, чтобы рассматривать распространение звука в нем как распространение в глубокой воде. Температура в глубинной части озера практически неизменна, соленость - крайне низкая (0,096‰) и с глубиной мало изменяется. Эти свойства объясняют характер профиля скорости звука, который имеет значительный участок с постоянным гидростатическим градиентом. В подледный период в Байкале образуется приповерхностный звуковой канал – ПЗК, ограниченный сверху льдом, а звуковые лучи под действием градиента скорости звука представляют собой дуги, постоянно искривляющиеся к поверхности озера. Наибольшая длина глубоководного луча, обеспечиваемая глубиной озера, составляет примерно 35 км. Расширение фронта волны (вследствие малых изменений температуры глубинной зоны озера) происходит по стандартному закону: сигнал от излучателя приходит в точку наблюдения по различным геометрическим путям, которые определяются свойствами ПЗК, а амплитуда и интенсивность принимаемых импульсов зависит от пройденного расстояния, ослабления звука в воде и отражающих свойств льда.

Для того чтобы измерить ослабление звуковых импульсов мы использовали одиночные глубокорефрагирующие в канале (без отражений от поверхности) звуковые лучи. Импульс, распространяющийся по наиболее глубоководному лучу, приходил в точку наблюдения первым. Нами была выбрана такая длительность акустической посылки, которая позволила отделить по времени импульсы, приходящие по разным геометрическим путям. Изменяя расстояние между излучателем и приемником, мы смогли провести серию экспериментов, в ходе которых получили данные, позволяющие пори их обработке вычислить величину ослабления ультразвука в байкальской воде.

Проведя предварительный анализ собранных данных, мы получили хорошее соответствие с результатами моделирования. Выполнив спектральный анализ принятых сигналов, мы сделали пробную оценку амплитуд ультразвуковых импульсов (результат показан на рисунке): амплитуда импульса высокой частоты с расстоянием ослабляется больше, чем амплитуда низкой. На дистанции до 5-10 км ослабление сигнала обусловлено в основном сферическим законом расширения фронта сигнала, а ослабление на дистанции свыше 10-15 км – поглощением и рассеиванием сигнала.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта 20.10 программы Президиума РАН, междисциплинарных интеграционных проектов СО РАН № 20 и № 23.

INFLUENCE OF THE UNDERRIVER INPUT OF THE SELENGA RIVER ON ITS UNDERWATER DELTA

Mizandrontsev I.B., Tomberg I.B., Sorokovikova L.M.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

mizandr@lin.irk.ru

According to existing ideas (Efimov, Koldysheva, 1970; Pisarski, 1987; Plyusnin, 2008), the chemistry of the Selenga shallow waters differs from that in the water column of the open lake not only due to the influence of fluvial waters, but also because of the input of groundwaters, which enter this area mainly with the underflow of the Selenga River. However until now, the issue remains open about the direct manifestations of the subaqueous discharges of this underflow of a stream and its impact on the waters within the delta and lake waters near the delta. Recently, subaqueous discharges of fresh cold waters at the depths of 1-10 m were mapped based on the data about the steamthroughs fixed on the ice cover within the near delta area (Plyusnin, Tulokhonov, 2008). Such mapping is wrong since the steamthroughs are related to the gas escapes widely spread in the delta, even at a considerable distance from its outer edge and at significantly deeper water depths (Borodi, 1939; Sokolnikov, 1957). Calculations show that the intensity of subaqueous groundwater discharge at a small annual volume of the Selenga River underflow is not able to supply sufficient heat flow to the lower edge of the ice sheet in order to form the steamthroughs under conditions of stable inverse thermal stratification of shallow lake waters near the delta.

The content of total dissolved solids (TDS) and the concentration of major ions in the calciumbicarbonate pore waters of shallow-water sands in the Selenga region of Lake Baikal are quite different from those in the waters infiltrated the littoral sands located out of the zone directly affected by the riverine input. These peculiarities are particularly pronounced in the strip of sands fringing the Selenga delta, and their manifestations become consistently weaker within the same depths interval as the distance along the shore increases to the northeast and to the south of the delta. In addition, considerable seasonal fluctuations of the concentrations of abiogenic dissolved components are clearly expressed in the near-delta sands that is not typical of similar sediments in the littoral zone of Lake Baikal. It should be kept in mind that the mineralogical composition of sand sediments in the Selenga region is similar to that of shallow-water sands of Southern Lake Baikal as a whole. Predominance of the minerals, resistant to the chemical dissolution by dissolved carbon dioxide can not provide formation of pore waters with the total amount of ions 150-1000 mg/liter, especially since the concentrations of CO₂ in the near-bottom and pore waters of sands are usually low. Simultaneous studies of pore waters of shallow-water sediments in the awan-delta, fluvial waters, as well as the groundwaters from wells and boreholes located in the delta, show that they have similar water chemistry and the content of TDS. They are also characterzed by similar seasonal changes related to the influence of hydrometeorological conditions. The highest concentrations of major ions in the delta groundwaters and in the pore waters of near-delta sands were recorded in winter and early spring (March), the lowest - in summer. The amplitude of seasonal fluctuations of the concentrations in pore waters of surface sediments decreases with distance from the delta towards the open lake.

Along the entire length of the Selenga River from Mongolian border to the mouth, its underflow of a stream is low. There are protrusions of the bedrocks underlying the alluvial deposits, which cause almost complete drainage of the alluvium waters by the river at the sections of these waterproof barriers dated for the ridges (Pisarski, 1987). As a result, the subsurface flow into the lake is formed within the loose sediments of the Selenga delta below the Mostovoi projection of the crystalline basement of the Khamar-Daban Ridge. Evaluated at five cross-sections, the subsurface flow is 2 m³/s (0.06 km³/year). Inclination of the mirror of groundwaters of the Selenga delta towards Lake Baikal provides the inflow of these waters into well filtered sands of the awan-delta and their further input into the near-bottom waters of the delta shoals. Intrusion of the calcium-bicarbonate waters of the Selenga underflow into the effective pore space of the awan-delta sands results in the increased content of major ions in their pore waters. Seasonal changes in the chemistry of pore waters of shallow sands during a year are a function of hydrometeorological processes within the delta and the near-delta area.

Intrusion of the waters of the Selenga underflow into the effective pore space of sand sediments in the awan-delta creates a unique environment for benthic organisms, first of all, for infauna. A.Ya. Bazikalova (1971) noted that the benthic fauna of the Selenga region differs significantly from that in the other littoral areas of Lake Baikal. A group of the Palaearctic species of benthic organisms dominates over the Baikal endemics in the coastal zone, in the mouths of deltaic channels, and in sandy sediments of the awan-delta, where it exceeds 60-70% of the total number of species.

This work was supported by RFBR, grant № 09-05-01102_a.

О ВОЗДЕЙСТВИИ ПОДРУСЛОВОГО СТОКА Р. СЕЛЕНГИ НА ЕЕ АВАНДЕЛЬТУ Мизандронцев И.Б., Томберг И.В., Сороковикова Л.М.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Согласно существующим представлениям (Ефимов, Колдышева, 1970; Писарский, 1987; Плюснин, 2008), отличие химического состава водной толщи Селенгинского мелководья Байкала от вод открытого озера обусловлено не только влиянием р. Селенги, но и подтоком подземных вод, основной вклад в который в районе дельты р. Селенги дает ее подрусловой сток. Однако до настоящего времени остается открытым вопрос о прямых проявлениях субаквальной разгрузки этого стока и его воздействии на авандельту и воды придельтового пространства озера. Картирование в придельтовой зоне на глубинах 1-10 м субаквальных выходов пресных холодных вод, фиксируемых по пропаринам в ледовом покрове (Плюснин, Тулохонов, 2008), необоснованно, поскольку пропарины приурочены к сосредоточенным выходам газа, широко представленным на авандельте даже на значительном удалении от внешнего края дельты и в существенно большем интервале глубин (Бородай, 1939; Сокольников, 1957). Расчеты показывают, что интенсивность субаквальной разгрузки грунтовых вод при небольшом объеме подруслового стока р. Селенги не в состоянии обеспечить подвод тепла к нижней кромке ледового покрова, достаточный для образования пропарин в условиях устойчивой обратной термической стратификации озерных вод на придельтовом мелководье.

Исследования гидрокарбонатно-кальциевых поровых вод мелководных песков Селенгинского района Байкала показали, что они существенно отличаются по минерализации и содержанию основных компонентов ионного состава от вод, пропитывающих пески литорали озера вне зоны непосредственного влияния речного стока. Эти особенности наиболее ярко выражены в полосе песков, окаймляющих дельту р. Селенги, и их проявления последовательно ослабевают в том же интервале глубин по мере удаления вдоль берега к северо-востоку и югу от дельты. Кроме того, в придельтовых песках отчетливо выражены значительные сезонные колебания содержания абиогенных растворенных компонентов, что не характерно для аналогичных осадков байкальской литорали. При этом следует учитывать, что минералогический состав песчаных отложений Селенгинского района аналогичен составу мелководных песков Южного Байкала в целом. Преобладание устойчивых к растворению и химическому воздействию растворенной угольной кислоты минералов не может обеспечивать при обычно малых концентрациях СО2 в придонной и поровой воде песков формирование на стадии раннего диагенеза поровых растворов с суммой ионов 150-1000 мг/л. Одновременные исследования поровых вод мелководных осадков авандельты, речных вод, грунтовых вод из колодцев и скважин на территории дельты позволили установить близость их минерализации и химического состава, а также изменений под влиянием гидрометеорологических условий. внутригодовых Максимальные концентрации компонентов основного ионного состава в грунтовых водах дельты и поровых водах придельтовых песков отмечаются в зимнее время и ранней весной (март), а минимальные - в летний

период. Размах сезонных колебаний концентраций в поровых водах поверхностного слоя осадков убывает по мере удаления от дельты в открытое озеро.

На всем протяжении р. Селенги от границы с Монголией до устья ее подрусловой сток невелик. Наличие выступов коренных пород, подстилающих аллювиальные отложения, обусловливает практически полное дренирование вод аллювия рекой на участках этих водонепроницаемых преград, приуроченных к горным хребтам (Писарский, 1987). В связи с этим подземный сток в озеро Байкал формируется в рыхлых отложениях дельты Селенги ниже Мостового выступа кристаллического фундамента хребта Хамар-Дабан. Подрусловой сток в устье реки, оцененный по пяти створам, составляет 2 м3/с (0,06 км3/год). Уклон зеркала грунтовых вод дельты р. Селенги в сторону оз. Байкал обеспечивает их подток в хорошо фильтрующие песчаные отложения авандельты и дальнейшее поступление в придонный слой водной толщи придельтового мелководья. Внедрение гидрокарбонатнокальциевых вод подруслового стока в эффективное поровое пространство придельтовых песков определяет повышенное содержание в их поровых растворах компонентов ионного состава. Изменения в течение года химического состава поровых растворов мелководных песков обусловлено совокупностью гидрометеорологических процессов, протекающих в пределах дельты и придельтового пространства.

Внедрение подруслового стока р. Селенги в эффективное поровое пространство песчаных отложений авандельты создает своеобразные условия для обитающих здесь организмов бентоса, и, в первую очередь, инфауны. Базикалова А.Я. (1971) отмечает, что донная фауна Селенгинского района значительно отличается от фауны литорали других районов Байкала. Группа палеарктических видов бентоса преобладает над байкальскими эндемиками в прибрежно-соровой зоне, устьях дельтовых проток и в песчаных отложениях авандельты, где она превышает 60-70% от общего числа видов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 09-05-01102_а).

BACKGROUND COMPOSITION OF THE PORE WATERS IN BOTTOM SEDIMENTS OF LAKE BAIKAL Pogodaeva T.V., Zemskaya T.I., Dolya I.N., Khlystov O.M.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia tatyana@lin.irk.ru

Currently, there is a great attention to the areas of subaqueous discharge of oil, gas, and deep waters in Lake Baikal, however, virtually no data on the background composition of the pore waters of bottom sediments. The waters of Lake Baikal are characterized by exceptional constancy of their ionic composition (the content of major ions), both in different basins and water depths. An important feature of Lake Baikal is the fact that due to homogenization of fine fractions of terrigenous material entering the lake when it is transferring by the system of constant currents, the sediments formed in deep basins of Southern, Central, and Northern Baikal are similar in their chemical composition. Thus, in Baikal, the preconditions are created to form a single chemistry of the pore waters of bottom sediments. However, until now it is considered that the pore waters in Baikal have motley and heterogeneous "peculiar chemical composition, varying in space and in the thickness of sediments" (Mizandrontsev, 1975). According to I.B. Mizandrontsev, during early diagenesis, the bicarbonate calcium Baikal water is transformed into sulfate-bicarbonate, sulfate, chloride water and water of mixed types of different groups. Such conception was formed, probably, due to location of the sites sampled by this author, since in the light of modern data the areas, which were investigated by I.B. Mizandrontsev in early 1970-s can not be considered as the background ones.

We studied the sediments of Lake Baikal in 10 central deep-water stations located in all three basins, and at 16 stations, located in various areas of the lake. The chemistry of pore water of the first 2 meters of the sedimentary thickness was studied with resolution 1-3 cm. The unity of salt composition of pore waters in Lake Baikal was established, which suggests the existence of a united for the entire Lake background composition of the pore water. For the first two meters of the sedimentary thickness, the regularities of variations in chemical composition with depth of sediment are revealed and studied. Based on the practically identical trends of concentration profiles constructed using all data available, the equations of **background concentration** of each ion of the salt composition of the pore waters at a depth d (cm) were obtained (Table).

Thus, the background pore waters of Lake Baikal are low-mineralized calcium-bicarbonate, reflecting the chemical composition of the water column. Diagenetic transformations result in growth of the total amount of ions in the pore waters with depth due to increased concentrations of calcium and bicarbonate ions without changing the class and group of the water.

This work was supported by Project 20.9 of the Program of RAS Presidium

Table. Background composition of the pore waters of bottom sediments in Lake Baikal (Фоновый состав поровых вод донных отложений оз. Байкал).

lon / Ион	Concentrations of ions in the pore waters of bottom sediments in Lake Baikal (mg / L) at a depth d (cm) of sediment (Based on analysis of 1250 samples collected at 26 stations located throughout the entire area of the lake bottom) / Концентрации ионов в поровых водах донных отложений оз. Байкал (мг/л) на глубине d (см) осадка (по результатам анализа 1250 проб, отобранных на 26 станциях, расположенных по всей плошади дна озера)		
HCO3-	C = 37.2 · d 0.19		
SO42-	C = 10 · d0. 5		
CI-	C = 0.0011 · d + 0.87		
Na+	C = 0.001 · d + 3.5		
K+	C = 0.004 · d + 0.95		
Ca2+	C = 7.2 · d 0.23		
Mg2+	C = 0.005 · d + 2.6		
Total amount of ions / Сумма	C = 54.5 · d 0.18		
ИОНОВ			

ФОНОВЫЙ СОСТАВ ПОРОВЫХ ВОД ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА БАЙКАЛ Погодаева Т.В., Земская Т.И., Доля И.Н., Хлыстов О.М.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

В настоящее время при большом внимании к районам субаквальной разгрузки нефти, газа и глубинных вод на Байкале практически полностью отсутствуют данные о фоновом составе поровых вод донных отложений озера. Воды Байкала обладают исключительным постоянством ионного состава (содержание главных ионов), как по разным котловинам, так и по глубине. Важной особенностью Байкала является то, что благодаря гомогенизации тонких фракций поступающего терригенного материала при переносе системой постоянных течений, в глубоководных котловинах Южного, Среднего и Северного Байкала формируются осадки, близкие по своему химическому составу. Таким образом, создаются предпосылки формирования единого химического состава поровых вод донных отложений озера Байкал. Однако, до сих пор считается, что грунтовые растворы Байкала имеют пестрый и неоднородный, "своеобразный химический состав, изменяющийся в пространстве, как по площади дна озера, так и в толще осадков" 1975). По мнению И.Б. Мизандронцева в процессе раннего диагенеза (Мизандронцев, гидрокарбонатные кальциевые байкальские воды трансформируются в гидрокарбонатно-сульфатные, сульфатные, хлоридные и воды смешанных типов различных групп. Такое представление сложилось, вероятно, из-за выбора местоположения станций, так как в свете современных данных районы, исследованные в 1975 г. И.Б. Мизандронцевым, нельзя считать фоновыми.

Нами проведены исследования донных отложений оз. Байкал на 10 центральных станциях пелагиали всех трех котловин и на 16 станциях, охватывающих разнообразные районы озера. Состав поровых вод первых 2 м осадочного чехла изучен с детальностью 1-3 см. Установлено единство солевого состава поровых вод озера Байкал, что позволяет говорить о существовании единого для всего озера фонового состава поровых вод. Для первых двух метров осадочного чехла выявлены и изучены закономерности изменения химического состава с глубиной осадка. По практически идентичным трендам концентрационных профилей, построенным по всем имеющимся данным, получены уравнения фоновой концентрации каждого иона солевого состава поровых вод на глубине d (см) (Table).

Таким образом, фоновые поровые воды озера Байкал маломинерализованные гидрокарбонатнокальциевые, отражающие химический состав водной толщи озера. В процессе диагенетических преобразований с глубиной за счет увеличения содержания ионов гидрокарбоната и кальция увеличивается сумма ионов поровых вод без изменения класса и группы вод.

Работа выполнена при поддержке проекта 20.9 по программе Президиума РАН.

TENDENCIES OF STREAMFLOW IN LAKE BAIKAL IN THE XX-EARLY XXI CENTURIES Potemkina T.G.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia <u>tat_pot@lin.irk.ru</u>

Streamflow is the most important source of input of sediments and contaminants into Lake Baikal. Moreover, it reflects natural and anthropogenic changes more objectively and precisely occurring in the whole lake basin. For the past decades due to global changes and intensifying anthropogenic pressure on landscapes of Lake Baikal, more attention is paid to changes occurring in the regime of streamflow of the lake tributaries. The aim of this work was to determine tendencies and role of natural and anthropogenic factors and their interrelationship in the formation of streamflow of the main tributaries of Lake Baikal.

We carried out regime observations of annual rate of water and suspended sediments from the major tributaries of Lake Baikal in the 20th and early 21st centuries: the Rivers Selenga, Upper Angara, Barguzin, Utulik, and Khara-Murina.

The following tendencies on dynamics of annual rate of water and suspended sediments were revealed in these rivers. Negative trends of annual sediment runoff were observed. The amount of river material decreases. Positive trend was recorded in changes of water content in the Rivers Barguzin, Upper Angara, and Utulik, whereas in the Rivers Selenga and Khara-Murina – an insignificant negative trend. Interestingly, two intervals were distinguished in the dynamics of annual sediment runoff in the major tributaries of Lake Baikal. The first interval was attributed to hydroclimatic factors, i.e. fluctuations of sediment runoff were synchronous with fluctuations of water runoff. Beginning from the second half of the 1970-s, there was a tendency in reduction of the amount of suspended sediments and elevation of water content in the rivers. This tendency was stipulated by geological, geomorphological, hydroclimatic and anthropogenic factors of different level of intensity which were registered in different parts of the lake basin.

Social and economic processes occurring in the basins of the Rivers Selenga and Barguzin caused the reduction of sediment runoff being more intense in the Barguzin River basin. Changes of the volume of sediments in the Upper Angara River were caused by the combination of natural processes and anthropogenic effect on the landscapes in the river basin. Natural conditions and processes affected significantly the decrease in sediment amount in the Rivers Khara-Murina and Utulik.

Processes of global warming which were revealed more intensely in the mid 1970s caused intensification of evaporation and reduction of water runoff and, as a consequence, reduction of sediment runoff. However, on the background of progressing warming on the majority of the Russian territory there was recorded a phase of increased water level (Shimaraev et al., 2010) caused mainly by intensification of circulation processes in the North Atlantic. Increase of water inflow into Lake Baikal was also observed (Shimaraev et al., 2002) caused by changes of type of processes of atmospheric circulation occurring above the region. However, on the background of enlarged water content, the reduction of sediment runoff was observed in the tributaries of Lake Baikal. We may suppose that natural processes occurring in Lake Baikal play the leading role in the reduction of river sediments runoff. These processes are regulated, to a lesser or larger extent, by anthropogenic factors.

Due to changes in sediment runoff of the major tributaries of Lake Baikal, the data obtained by us earlier on the balance of sediment runoff in the Selenga River delta, transport of sediments from tributaries into the lake and their distribution in the coastal zone (Potemkina, 1985, 1993, 1998) need revising and further analyzing. This work will serve as information-analytical material for further research and prognosis of changes of sediment runoff in the Lake Baikal basin.

ТЕНДЕНЦИИ РЕЧНОГО СТОКА В ОЗ. БАЙКАЛ В XX – НАЧАЛЕ XXI ВВ. Потёмкина Т.Г.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск, Россия

Речной сток является важнейшим источником поступления наносов, загрязняющих веществ в оз. Байкал и, кроме того, он достаточно точно и объективно отражает природно-антропогенные изменения во всем бассейне озера. В последние десятилетия в условиях глобального изменения климата, усиливающегося антропогенного прессинга на ландшафты бассейна Байкала возрастает научный интерес к изучении происходящих изменений в режиме речного стока притоков озера. В связи с этим, цель работы заключалась в определении тенденций, выяснении роли природных и антропогенных факторов и их взаимосвязи в формировании речного стока основных притоков Байкала за период наблюдений.

В основу исследований положены режимные наблюдения за годовыми расходами воды и взвешенных наносов основных притоков оз. Байкал в XX начале XXI столетиях: Селенги, Верхней Ангары, Баргузина, Утулика и Хара-Мурина.

Анализ динамики годовых расходов воды и взвешенных наносов на исследуемых реках выявил следующие тенденции. На притоках наблюдаются отрицательные тренды годового стока наносов, происходит снижение объемов речного материала. Изменение водности на реках Баргузин, Верхняя Ангара, Утулик имеет положительные тренды, на Селенге и на Хара-Мурине незначительный отрицательный тренд. Примечательно, что в динамике годового стока наносов на основных притоках Байкала выделяются два интервала. В первый интервал динамика стока наносов на притоках определяется гидроклиматическими факторами, т.е. колебания стока наносов, в основном, синхронны колебаниям стока воды. Со второй половины 1970-х годов отмечается тенденция сокращения объемов взвешенных наносов на фоне повышенной водности рек. Такая тенденция обусловлена геолого-геоморфологическими, гидро-климатическими и антропогенными факторами, которые в разных частях бассейна озера проявляются с различной степенью интенсивности.

В бассейнах рек Селенга и Баргузин причиной снижения стока наносов явились социальноэкономические процессы, которые с большей интенсивностью проявились в бассейне Баргузина. На Верхней Ангаре к изменению объемов наносов привело сочетание природных процессов и антропогенного воздействия на ландшафты в бассейне реки. Решающее значение в тенденции снижения объемов наносов на реках Хара-Мурин и Утулик принадлежит природным условиям и процессам. Процессы глобального потепления климата, наиболее интенсивно проявившиеся во второй половине 1970-х годов, должны были способствовать усилению испарения и уменьшению стока воды, и, как следствие, сокращению стока наносов. Однако, на фоне прогрессирующего потепления на преобладающей части России отмечается фаза повышенной водности (Шикломанов и др., 2010), обусловленной в значительной степени интенсификацией циркуляционных процессов в Северной Атлантике. В работе (Шимараева и др., 2002) отмечается также увеличение притока воды в оз. Байкал, связанное с изменением типа процессов атмосферной циркуляции над регионом. Однако, на фоне повышенной водности - в притоках оз. Байкал наблюдается сокращение стока наносов. Имеющийся материал позволяет полагать, что в бассейне Байкала приоритет в снижении стока речных наносов принадлежит природным процессам, которые в разных частях региона в большей или меньшей степени корректируются антропогенными факторами.

В связи с произошедшими изменениями в стоке наносов основных притоков Байкала полученные нами ранее результаты по балансу наносов в дельте Селенги, по выносу наносов из притоков в озеро и распространению их в прибрежной зоне (Потемкина 1985, 1993,1998) потребуют, вероятно, уточнений и дополнительных исследований. Представленная работа, при этом, послужит информационноаналитическим материалом для дальнейшего изучения и прогноза изменений стока наносов в бассейне оз. Байкал.

ZONES OF LAKE BAIKAL POOLLUTION IN THE AREA OF BAIKALSK PULP AND PAPER PLANT (BPPP) BY THE RESULTS OF HYDROCHEMICAL, GEOCHEMICAL AND HYDROBIOLOGICAL OBSERVATIONS IN 2000 – 2009

Reznikov S.A., Matveev A.A., Anikanova M.N., Arakelyan V.S., Yakunina O.V.

Hydrochemical Institute, 198, Stachki av., Rostov-on-Don 344090, Russia

ghi@aaanet.ru

Information base of the assessment of Lake Baikal state in the BPPP area are the results of seasonal observations in lake water area by Irkutsk Hydrometeorological Survey in 2000–2009 and survays of pollution of snow cover and precipitations in Baikalsk town.

Atmosphere. Overall, particularly strong pollution of the near-shore territory of the Southern Baikal is manifested in such areas as Kultuk settl., Slyudyanka town, Baikalsk town and along the road from Baikalsk town to Kabansk town. By the results of hydrochemical surveys of the snow cover at the area of ca. 400 sq.km, maximal pollution in the BPPP area is observed in the area of >100 sq.km. Abrupt improving by some priority proxies occurred in 2009 - 5-fold decrease of minerals income from the atmosphere, including 15-fold one of sulfates. However, in 2009, in comparison with 2008, one noticed in the southern part of the lake a 2-fold increase of organic and sparingly soluble matter income. In the area of Baikalsk town, precipitation of sparingly soluble matter reached maximal since 1999 value.

Lake. In comparison with data of perennial observation in the area of discharge of BPPP waste waters obtained in 2000-2009, the results of control of non-sulfate sulfur compounds content in Lake Baikal water concerned the regime of medial pollution. The results of hydrochemical surveys in 2008 in lake water area within the controlled territory (35 sq.km), as well as in 2009 at control location in 100 m from waste waters discharge considerably differ from previous years data. In 2008, after the earthquake in the Southern Baikal, the concentrations of non-sulfata sulfur increased everywhere up to 0.2-0.9 mg/l (average one was 0.4 mg/l), and the frequency of their detection – up to 41% (9–27%, 2007). In 2009, after stopping of discharges from the BPPP in the area of dispersion deep discharge of industrial and household wastes, 3-4-fold decrease of maximal concentrations of phenols, chlorides and sulfates is noticed. Maximal allowed concentration (MAC) exceeds were observed only in phenols and suspended matter up to 3 and 1.4 MAC, respectively.

Bottom sediments. Polluted bottom sites were revealed by a set of proxies determined in the water impregnating the upper layer of bottom sediments – by content of dissolved oxygen, nitrogen and phosphorus mineral compounds, volatile phenols, and in the sediments – by sulfide sulfur, carbon and organic nitrogen, easy- and uneasy hydrolyzed hydrocarbons and lignin-humus bulk. The values of dissolved oxygen <6.0 mg/l (background is 9.0-10.0 mg/l) were more often determined in the eastern part of the controlled area. It is noticed here as well maximal content of sulfide sulfur – 0.008%, in other part – not more than 0.005%. The sizes of a polluted bottom site at the depths up to 300 m during last 10 years were observed within 3.6–7.4 sq.km. By technical reasons, the surveys of bottom sediments at large depths were not performed. It is to notice that a complex geomorphological structure of the area studied, the availability with a tilt up to 80 degrees results in migration of a part of sedimentary material down to large lake depths.

Hydrobiology. Waste waters of the plant impact the hydrobionts in different ways. Zooplankton and zoobenthos abundance, in many cases – one of phytoplankton and microflora growth decrease. Average for last 10 years abundance of heterotrophs over all the controlled area was 370 cells/ml, in the end of 90ies - 150 cells/ml. In the zone of a hard pollution (9.8 sq.km), mean abundance is 1100 cells/ml, out of the zone (background) – 120 cells/ml. In 2000-2008, overall increase of hydrocarbon oxidizing bacteria occurred: 10 times in the surface water layer and 100 times in the surface layer of bottom sediments. The same situation was observed by pulp destroying bacteria. Pulp destroying bacteria were found at all the water area and controlled bottom area. In the end of 90ies, this kind of bacteria occurred at 30-50% of polygon area.

By phytoplankton, mean perennial value of pollution zone area was 12.4 sq.km, at mean abundance in it 820 thous.cells/l, out of the zone - 200 thous.cells/l. By the whole controlled site, mean abundance increased from 35 (1997-1998) to 390 thous.cells/l.

Among alga species there dominated Chroomonas acuta, Monoraphidium griffithii and Chrysidalis peritaphnera, their part is 19-53% of total phytoplankton abundance.

Mean perennial pollution area in 2000-2007 by total zooplankton biomass was 12.6 sq.km. Abrupt oscillation of epishchura biomass occurred. E.g., in 1998, it was 130-380 mg/cubic meters, and in 2003-2004 – 0.3-7 mg/cubic meter. Wastewaters also weaken the defense reaction of epishchura to a parasitic fungus saprolegnia. In the pollution zone, specimens affection was 3.5%, in background area – not more than 1.5% of total zooplankton abundance.

The abundance of bacterial benthos in the pollution zone is considerably higher than on the background site, mean characteristics are respectively 48 thous.cells/g and 10 thous. cells/g.

The analysis of zoobenthos samples taken at the area of 0.5 sq.km near sewage discharge at the depth of 10-150 m shows a considerable change in the biocenosis – endemic species are replaced by sparse species with a high ecological valence. Mean zoobenthos biomass decreased almost twice from 18.4 g/sq.m before starting of BPPP functioning to 10.2 g/sq.m (in 2000-2007), and the abundance increased from 1830 specimens/sq.m to 4870 specimens./sq.m.

Conclusion. The area of Baikalsk town remains the most polluted site of the Southern Baikal. It is probable that pollutants which incame into the environment in that area will impact Lake Baikal ecosystem during many years.

ЗОНЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОЗ. БАЙКАЛ В РАЙОНЕ БАЙКАЛЬСКОГО ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО КОМБИНАТА (БЦБК) ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ, ГЕОХИМИЧЕСКИХ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ 2000 – 2009 ГГ.

Резников С.А., Матвеев А.А., Аниканова М.Н., Аракелян В.С., Якунина О.В.

ГУ Гидрохимический институт, 198, пр. Стачки, Ростов-на-Дону 344090, Россия

Информационной основой оценки состояния Байкала в районе БЦБК служат результаты сезонных наблюдений проведенных на акватории озера Иркутским УГМС в 2000 – 2009 и съемки загрязнения снежного покрова и атмосферных выпадений в г. Байкальске.

Атмосфера. Повсеместное, особенно сильное, загрязнение прибрежной территории южного Байкала проявляется в районах п. Култук, г. Слюдянка, г. Байкальск и вдоль трассы г. Байкальск – г. Кабанк. По результатам гидрохимических съемок снежного покрова на площади около 400 кв.км. максимальное загрязнение в районе БЦБК наблюдается на площади более 100 кв.км. Резкие изменения в лучшую сторону по некоторым приоритетным показателям произошли в 2009 г. - 5-кратное снижение поступления из атмосферы минеральных веществ, в том числе 15-кратное сульфатов. Вместе с тем в 2009 г. в сравнении с 2008 г. в южной части озера отмечено 2-кратное увеличение поступления органических и труднорастворимых веществ. В районе г. Байкальска выпадения из атмосферы труднорастворимых веществ.

Озеро. В сравнении с данными многолетних наблюдений в районе сброса сточных вод БЦБК полученные в 2000-2009 гг. результаты контроля содержания соединений несульфатной серы в воде Байкала относились к режиму среднего загрязнения. Результаты гидрохимических съемок 2008 г. на акватории озера в пределах контролируемой площади (35 кв. км.), а также 2009 г. на контрольном створе в 100 м от выпуска сточных вод существенно отличаются от предшествующих лет. В 2008 г. после землетрясения в южном Байкале повсеместно возросли концентрации несульфатной серы до 0,2 - 0,9 мг/л (средняя 0,4 мг/л) и частота их обнаружения до 41% (9 – 27%, 2007 г.). В 2009 г. с прекращением сбросов БЦБК в районе рассеивающего глубинного выпуска производственных и коммунальных стоков отмечено снижение в 3 – 4 раза максимальных концентраций фенолов, хлоридов и сульфатов. Превышения ПДК наблюдались только по фенолам и взвешенным веществам до 3 и 1,4 ПДК соответственно.

Донные отложения. Загрязненные участки дна выявлялись по комплексу показателей определяемым в воде пропитывающей верхний слой донных осадков - содержанию растворенного кислорода, минеральных соединений азота и фосфора, органических кислот, летучих фенолов и в осадке - сульфидной сере, углерода и азота органического, легко и трудногидролизуемых углеводов и лигниногумусового комплекса. Величины растворенного кислорода ниже 6,0 мг/л (фон 9,0 – 10,0 мг/л) чаще определялись в восточной части контролируемого полигона наблюдений. Здесь же отмечено максимальное содержание сульфидной серы – 0,008%, в остальной части - не выше 0,005%. Размеры загрязненного участка дна на глубинах до 300 м в последние 10 лет наблюдались в пределах 3,6 – 7,4 кв. км. По техническим причинам съемки донных отложений на больших глубинах не проводились. Следует отметить, что сложное геоморфологическое строение исследуемого района, наличие здесь каньонов с уклоном до 80 градусов способствует скатыванию части осадочного материала на большие глубины озера.

Гидробиология. Сточные воды комбината оказывают разноплановое воздействие на гидробионтов. Снижается численность зоопланктона, зообентоса, в ряде случаев фитопланктона и рост

численности микрофлоры. Средняя за последние 10 лет численность гетеротрофов по всему контролируемому району была 370 кл/мл, в конце 90-х годов 150 кл/мл. В зоне сильно загрязнения (9,8 кв.км.) средняя численность 1100 кл/мл, вне зоны (фон) – 120 кл/мл. В 2000-2008 гг. произошло повсеместное увеличение численности углеводородокисляющих бактерий: в 10 раз в поверхностном слое воды и в 100 раз в поверхностном слое донных осадков. Такая же ситуация наблюдалась и по целлюлозоразрушающим бактериям. Целлюлозоразрушающие бактерии обнаруживались на всей акватории полигона и контролируемой площади дна. В конце 90-х годов этот вид бактерий встречался на 30-50 % площади полигона.

По фитопланктону среднемноголетняя величина площади зоны загрязнения составила 12,4 кв.км, при средней численности в ней 820 тыс.кл/л, вне зоны - 200 тыс.кл/л. По всему контролируемому участку средняя численность возросла с 35 (1997-1998 гг.) до 390 тыс.кл/л.

В видовом составе водорослей доминировали Chroomonas acuta, Monoraphidium griffithii и Chrysidalis peritaphnera, доля которых составляет 19-53 % от общей численности фитопланктона.

Среднемноголетняя площадь загрязнения в 2000-2007 гг. по общей биомассе зоопланктона составляла 12,6 кв.км. Происходило резкое колебание биомассы эпишуры. Например, в 1998 г. она составляла 130-380 мг/куб.м, а в 2003-2004 гг. 0,3-7 мг/куб.м. Сточные воды ослабляют так же защитную реакцию эпишуры к поражению паразитическим грибком сапролегнией. В зоне загрязнения поражение особей составляло 3,5%, в фоновом районе не более 1,5 % от общей численности зоопланктона.

Численность бактериобентоса в зоне загрязнения значительно выше, чем на фоновом участке, средние характеристики, соответственно 48 тыс.кл/г и 10 тыс.кл/г.

Анализ проб зообентоса, отбираемых на площади 0,5 кв.км у выпуска стоков на глубине 10-150 м, показывает существенное изменение в биоценозе – эндемичные виды заменяются немногочисленными видами с высокой экологической валентностью. Средняя биомасса зообентоса снизилась почти в 2 раза: с 18,4 г/кв.м в допусковой период БЦБК до 10,2 г/кв.м (в период 2000-2007 гг), а численность возросла: с 1830 экз./кв.м до 4870 экз./кв.м.

Заключение. Район г. Байкальска остается наиболее загрязняемым участком Южного Байкала. Не исключено, что попавшие в окружающую среду в этом районе загрязняющие вещества будут оказывать влияние на экосистему озера Байкал долгие годы.

THE DEVELOPMENT OF THE SYSTEMS OF STRATIFIED CURRENTS AND THE TRANSFORMATIONS OF CHLOROPHILL-"A" DISTRIBUTION IN TELETSKOE LAKE

Samolyubov B.I.

Department of Physic of Sea and Inland Waters, Faculty of Physics, Lomonosov Moscow State University, GSP-1, Leninskie Gory, Moscow 119991, Russia

samolyubov@phys.msu.ru

Water dynamics and diffusion of admixtures in stratified lakes are extensively determined by the development of systems of currents. System of currents is a complex of flows that appear at different depths and interact with each other. These systems consist of near-bottom flows, jets and other currents. They are studied for the solution of fundamental and applied problems, including ecological ones (De Cesare, Boillat, 2003; Samolyubov, 2007; Selegei V.V., Selegei T.S., 1978; Samolyubov, Kirillova, 2010). The purposes of this study are: 1) the revelation of the regularities of the transformations of distributions of velocity and parameters of water composition; 2) the advancement of mathematical models of systems of currents and the transport of admixtures in these currents.

Presented results were obtained by expeditions of the MSU in 2003–2006 in the latitudinal part of Lake Teletskoe (Samolyubov, 2007; Selegei V.V., Selegei T.S., 1978). The stratification of waters was mainly thermal. At the longitudinal crossings there were registered the profiles of current velocity and water composition parameters. The equipment is described in (Samolyubov, 2007). To determinate chlorophyll-"a" concentrations, water samples were taken.

The main revealed transformations of current velocity field are the gravity acceleration of near-bottom current, confluences and bifurcations of two intermediate jets in the thermocline region, and also an intensification of the flow-current near the source of Biya River.

The simulation of currents was made using the theory from (Samolyubov, 2007) modified in this study. The distribution of chlorophyll-"a" at the upper boundary of near-bottom current was compared with theoretical one based on the dependence of concentration of chlorophyll-"a" on the coefficient of turbulent exchange (Samolyubov, Kirillova, 2010). The concentrations of chlorophyll-"a" near the water surface and at the upper boundary of near-bottom current are inversely proportional.

The ratio of chlorophyll-"a" concentrations at these levels decreased with an increase of the turbulence intensity in the intermediate jet. This testifies to the transport of chlorophyll-"a" into deep layers.

The main results of the investigations are the following.

1. The discovered system of stratified currents consists of near-bottom density current, intermediate jet and flow-current.

2. The distributions of the velocities of currents forming the system agree with the ones calculated by the model modified in this study. The modification consists of dependences determining: a) the trajectories and

thicknesses of jets; b) the entrainment functions for near-bottom flow and velocity on its upper boundary; c) the velocity of the flow–drift current; d) the relationship of velocities of the near-bottom flow and the jet flow.

3. Vertical exchange intensification in intermediate jets leads to alignment of chlorophyll-"a" concentrations in these currents and hence, to the enrichment of deep waters with nutrient elements.

4. A model for calculation of the longitudinal distribution of the oxygen concentration in the near-bottom flow has been verified. The dependence of chlorophyll-"a" concentration in the upper boundary of the flow on exchange coefficients has been obtained.

This work was supported by RFBR (project 08-05-00574).

РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ТЕЧЕНИЙ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ХЛОРОФИЛЛА-«А» В ТЕЛЕЦКОМ ОЗЕРЕ Самолюбов Б.И.

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, физический факультет, кафедра физики моря и вод суши, д. 1, стр. 2, Ленинские горы, Москва 119991, Россия

Динамика вод и диффузия примесей в стратифицированных озерах в значительной мере определяется процессами развития систем течений, существующих в водоеме. Под системой течений понимается совокупность потоков, развивающихся на разных глубинах от поверхности до дна и взаимодействующих между собой. В такие системы входят придонные, струйные и другие потоки. Они изучаются для решения ряда фундаментальных и прикладных, в том числе экологических, проблем геофизической гидродинамики (De Cesare&Boillat, 2003; Самолюбов, 2007; Селегей В.В., Селегей Т.С., 1978; Самолюбов, Кириллова, 2010). Цели данной работы: 1) выявление закономерностей преобразований распределений скорости и параметров состава воды над сложным рельефом дна; 2) развитие математических моделей систем стратифицированных течений и транспорта примесей в этих потоках.

Исследования проведены экспедициями физического факультета МГУ в 2003 - 2006 г.г. в широтной части Телецкого озера (Горный Алтай), одного из основных источников р. Обь. Глубина - до 325 м, длина - 78 км, ширина - до 5,2 км (Самолюбов, 2007; Селегей В.В., Селегей Т.С., 1978). Плотностная стратификация вод – преимущественно термическая. Изучалось развитие течений и перенос примесей в широтной части озера, до истока р. Бия на участке с локальными перепадами глубин от 11 до 38 м. На продольно-осевых разрезах по 10 створам регистрировались профили скорости, температуры, электропроводности, концентраций взвеси и кислорода. Аппаратура (зонды и градиентные установки) представлена в (Самолюбов, 2007). Отбирались пробы воды для определения концентрации хлорофилла-«а» у поверхности и на верхней границе придонного потока.

Выявлены преобразования течений, связанные с неоднородностями поля плотности воды и рельефа дна. К этим преобразованиям относятся гравитационные ускорения придонного течения, слияния и разделения двух промежуточных струй в зоне термоклина и усиление роли стокового течения в финальной части разреза у истока р. Бия из озера.

При математическом моделировании течений применялась модифицированная в данной работе теория из (Самолюбов, 2007) для всех потоков, входящих в систему. Продольное распределение хлорофилла-«а» на верхней границе придонного потока сопоставлялось с теоретическим, построенным по выявленной зависимости удельного содержания хлорофилла-«а» от коэффициента турбулентного обмена (Самолюбов, Кириллова, 2010). Показано, что концентрации хлорофилла-«а» у поверхности и у верхней границы придонного потока обратно пропорциональны. Соотношение этих концентраций убывает от 3 до 1 с ростом стандарта вертикальной компоненты пульсаций скорости течения, среднего для двух промежуточных струй. Это свидетельствует о выравнивании концентраций с усилением обмена и переносе хлорофилла-«а» в глубинные слои.

Основные результаты исследований сводятся к следующим.

1. Установлено, что обнаруженная система стратифицированных течений включает придонный плотностной, промежуточные струйные и стоковый потоки.

2. Показано, что распределения скорости потоков, входящих в систему, согласуются с построенными по математической модели, модифицированной в данной работе. Модификация включает зависимости, определяющие: а) траектории и толщины внутренних струй; б) функцию вовлечения для придонного потока и скорость на его верхней границе; в) скорость стоково-дрейфового течения; г) связь скоростей придонного и струйного потоков.

3. Установлено, что усиление вертикального обмена в промежуточных струях приводит к выравниванию концентраций хлорофилла-«а» в зоне действия этих течений и таким образом способствует обогащению глубинных вод питательными веществами.

4. Проверена модель для расчета продольного распределения концентрации кислорода в придонном потоке. Получена зависимость концентрации хлорофилла-«а» на верхней границе потока от коэффициента обмена.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 08-05-00574).

ON THERMOBARIC STABILITY AND LE CHATELIER PRINCIPLE IN NATURAL DEEP WATERS: LAKE BAIKAL AS AN EXAMPLE

Sherstyankin P.P., Cherkashin A.K.* Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

*Institute of geography SB RAS, 1, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

ppsherst@lin.irk.ru

According to the definition, vertical density stability of natural waters is achieved when water density increases with depth, and water temperature of maximal density T_{md} should be a natural temperature boundary of stable temperature stratification. However, it is partly true, as approximation of natural water temperatures to T_{md} should be accompanied, as a rule, by cooling. Stable density stratification at some depths (for fresh waters it is 200-300 m) is observed under other thermobaric conditions. In 1925, G.Yu. Vereshchagin (1927) observed during the first precision measurements of water temperature at Lake Baikal that temperature difference $\Delta T=T-T_{md}$ grew with the increase of pressure P or depth Z. However, he was unable to explain this effect. G.Yu. Vereshchagin (1927, 1936) applied temperature difference $\Delta T=T-T_{md}$ in his deepwater measurements of water temperature considering it to be very significant. Therefore, this difference may bear his name - ΔT^{Ver} .

Temperature difference $\Delta T^{Ver}(P)=T(P)-T_{md}(P)$ possesses a number of unique properties: for pressure P transformation within molecular structures is preserved not only for T_{md} but also for the whole temperature bar $\Delta T^{Ver}(P)$ or for Chen and Millero's equation of state with $T_{md}\approx 4^{\circ}C$ from -4 to 26°C; thermodynamic parameters for $\Delta T^{Ver}(P)$ and equidistant T_{md} are similar and differ at different pressures P only in correction for pressure. Temperature adjustment $T_{adj}(P \rightarrow P_0)$ from pressure P to normal surface pressure P_0 comes to addition of temperature of maximal density $T_{md}(P_0)$ (Sherstyankin et al., 1998; Sherstyankin et al., 2001, 2002, 2003): $T_{adj}(P \rightarrow P_0) = \Delta T^{Ver}(P) + T_{md}(P_0)$. (1)

H. Eklund (1965) studying regularities of ΔT changes (he was unaware of Vereshchagin's works) was the first who saw a new form of the highest stability and demonstrated it from pure mathematical considerations. However, these regularities were quantitatively precise. O.I. Mamaev (1997) explained vertical profiles of deep temperatures at Lake Baikal from philosophical viewpoint: such behaviour of temperature $T_{in situ}$ was "energetically more efficient". Sherstyankin and Kuimova (2002) showed that with the increase of depth Z (pressure P), when there is transformation within molecular water structures with reduction of T_{md} (Zatsepina, 1974) warming with equivalent temperature of aquatic environment takes place for preserving temperatures $T_{in situ}$ at approximately constant level. However, the authors could not find explanation for it.

To explain this effect it is necessary to consider conditions for preserving thermodynamic equilibrium of some amount of natural water with change of depth (pressure). Let us assume that pressure increased (or depth) for some amount of water, then T_{md} decreased, water density increased, and mechanical and thermodynamic equilibrium was disturbed. It will continue till this amount of water reaches the bottom. It does not occur in reality. Why? Because Le Chatelier principle works here (Landau, Livshits, 2001; Cherkashin, 1997): if a system is in equilibrium state, any process caused by outer effect is directed in such a way that it tends to eliminate changes caused by outer effects. I.e., cooling of water molecules caused by intra-molecular transformation results in compaction and absorption of thermal energy. Water molecules gain compensating heat from the thermodynamic system. On the whole, intra-molecular structures do not change their thermal state, and $\Delta T=T-T_{md}$ increases with the rise of pressure or depth.

G.Yu. Vereshchagin (1927) tried to set a rule for obtaining temperature reduced from any pressure P to a normal P₀ above sea level. For example, he obtained T_{adj} (1000 \rightarrow 0) equal to 5.49°C for the temperature 3.36°C at a depth of 1000 m in Southern Baikal. His result of temperature adjustment (5.49°C) was misunderstood for a long time. We checked thoroughly his inference and found out that it corresponds completely to formula (1) as the discrepancy existed (our result is 5.386°C) is attributed to more precise calculations (Shersyankin, 2003).

Our inference of $\Delta T^{Ver}(P)=T(P)-T_{md}(P)$ rise with the increase of pressure P (depth Z) and the use of Le Chatelier principle allow us to understand thermodynamic processes occurring in the natural water with the change of pressure P or depth Z in a different way

The work was supported by RFBR Grant No. 08-05-00395.

О ТЕРМОБАРИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ И ПРИНЦИПЕ ЛЕ-ШАТЕЛЬЕ В ГЛУБОКИХ ПРИРОДНЫХ ВОДАХ НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ Шерстянкин П.П., Черкашин А.К.*

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия *Институт географии СО РАН, 1, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Вертикальная плотностная устойчивость природных вод, по определению, достигается тогда, когда плотность воды возрастает с глубиной, и естественной температурной границей устойчивой температурной стратификации должна стать температура максимальной плотности воды T_{md}. Но это верно лишь отчасти, так как стремление температур природных вод к T_{md} должно сопровождаться, как правило, охлаждением. Устойчивая плотностная стратификация с некоторых глубин (для пресных вод это 200-300 м) наступает при других термобарических условиях. Г.Ю. Верещагин (1927) при первых глубоководных прецизионных измерениях температуры воды на озере Байкал в 1925 г. заметил, что

разность температур ΔT =T-T_{md} растет с увеличением давления Р или глубины Z, но объяснить этот эффект не смог. Разность температур ∆Т=Т-Т_{ти} Г.Ю. Верещагин (1927, 1936) применял при каждом глубоководном измерении температуры воды, придавал ей большое значение и с полным основанием эта разность может называться его именем - ΔT^{Bep} .

Разность температур $\Delta T^{Bep}(P)=T(P)-T_{md}(P)$ обладает рядом уникальных свойств: для давления P перестроение внутри молекулярных структур сохраняется не только для T_{md}, но и для всей линейки температур ∆Т^{Вер}(Р) или для уравнения состояния Chen, Millero (1986) с Т_{тd}≈4°С от -4 до 26°С; термодинамические параметры для $\Delta T^{Bep}(P)$, эквидистантных T_{md} - одинаковы (подобны) и для различных давлений Р отличаются только поправкой на давление. Приведение температуры Т_{прив}(Р→Р₀) от давления Р к нормальному поверхностному давлению Р₀ сводится к добавке температуры максимальной плотности T_{md}(P₀) (Sherstyankin et al. 1998; Шерстянкин и др. 2001, 20002, 2003):

(1).

$$T_{\Pi D \mu B}(P \rightarrow P_0) = \Delta T^{Bep}(P) + T_{md}(P_0)$$

Eklund H. (1965), изучая закономерности изменений ∆Т (работы Г.Ю. Верещагина ему не были известны), одним из первых увидел в этом новую форму проявления наибольшей стабильности и показал это из чисто математических соображений, но количественно они были не точны. О.И. Мамаев (1997) вертикальные профили глубинных температур на Байкале объяснил с чисто философских подходов: такое поведение температуры Т_{in situ} «энергетически выгоднее». Шерстянкин и Куимова (2002) показали, что при увеличении глубины Z (давления P), когда идет перестроение внутри молекулярных структур воды с уменьшением Т_т (Зацепина, 1974), для сохранения на приблизительно постоянном уровне температур Т_{іл situ} происходит эквивалентный по температуре нагрев водной среды, но объяснить это не удалось.

необходимо Для объяснения ЭТОГО эффекта рассмотреть условия сохранения термодинамического равновесия некоторого объёма природной воды при изменении глубины (давления). Действительно, допустим, что для некоторого объёма воды давление повысилось (глубина стала расти), Т_{md} уменьшилась, плотность воды увеличилась и механическое и термодинамическое равновесие нарушилось, и так будет до тех пор, пока рассматриваемый объём воды не достигнет дна. На самом деле этого не происходит. Почему? Потому, что здесь действует принцип Ле-Шателье (Ландау, Лифшиц, 2001; Черкашин, 1997): если система находится в устойчивом (равновесном) состоянии, то всякий процесс, вызванные в ней внешним воздействием всегда бывает направлен таким образом, что он стремиться уничтожить изменения, произведённые внешним воздействием. Т.е., охлаждение молекул воды, вызванное внутримолекулярным перестроением,, приводящее к уплотнений (за счет давления) и поглощением тепловой энергии, приводит к тому, что молекулы воды получают из термодинамической системы компенсирующее тепло и в целом внутри молекулярные структуры и молекулярные не меняют своего теплового состояния, а ∆T=T-T_{md} с увеличением давления или глубины растёт.

Г.Ю. Верещагин (1927) пытался получить правило для получения температуры, приведенной от какого-либо давления Р к нормальному на уровне моря Р₀. Так он для температуры на глубине 1000 м в Южном Байкале в 3,36°С получил Т_{прив}(1000→0), приведённую к поверхности, равную 5,49°С. Долгое время такой результат приведения температуры был не понятым. Мы тщательно проверили ход рассуждений Г.Ю. Верещагина (1927) для получения приведенной температуры 5,49°С и обнаружили, что ход этих рассуждений полностью соответствует формуле (1), так как имеющееся расхождение (у нас 5,386°С) объясняется более точными расчётами, Шерстянкин 2003. Данное нами объяснение роста ∆Т^{Вер}(Р)=Т(Р)-Т_{мd}(Р) с увеличением давления Р (глубины Z) и

применение принципа Ле-Шателье даёт новое понимание термодинамических процессов, происходящих в природной воде при изменении давления Р или глубины Z.

Работа поддержана РФФИ, грант № 08-05-00395.

ON THERMODYNAMIC PROPERTIES OF WATERS IN THE AREA OF LAKE BAIKAL MAXIMAL DEPTHS **BY OBSERVATIONS FROM "MIR-2" DURING SPRING THERMAL BAR** Sherstyankin P.P., Fialkov V.A.*, Chernyaev Ye.S.**, Sagalevich A.M.**, Ivanov V.G., Potemkin V.L., Kuimova L.N.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

*Baikal Museum of ISC of RAS SB, 1, Academicheskaya St., Listvyanka settl. 664520, Irkutsk Region, Russia **P.P. Shirshov Institute of Oceanology of RAS, 36, Nakhimov av., Moscow 117997, Russia ppsherst@lin.irk.ru

Temperature and pressure (depth) measurements with CTD probe MCTD3.5" attached to an outer bracket of Deep-water manned apparatus "MIR-2" were carried out near Izhimey Cape in the Central Baikal on July 5, 2009 during the spring thermal bar, new results were obtained. The observation were done while submersing in 4 km and while surfacing in 10-11 km towards South-East from Izhimey Cape and during underwater nearbottom tack 6 km long.

Briefly about the peculiarities of temperature profiles: from the surface to 78 m there was reversal temperature stratification (water temperature T is less than temperature of maximal density T_{md} ,

 $T-T_{md} < 0$), at the depth of 78 m $T=T_{md}$, and deeper $T>T_{md}$, $T-T_{md} > 0$. In the layer of 78 -300 m,

temperatures T were close to T_{md} , at the depths of >384 m, the difference $T - T_{md}$ became >0.25°C and increased with depth. In the depth of 900-1500 m, vertical gradients on the profile were minimal, and the temperatures decreased linearly with depth; at the depths of >1500 m rates (gradients) of decrease increased 7-fold. Our temperature profiles coincided practically exactly with profiles obtained before in the same area on July 17, 1988 during the spring thermal bar (Carmack, Weiss 1991 and Weiss et al. 1991). It was shown in the same papers that the layer of near-bottom, abrupt temperature decrease with a high oxygen content and with young waters age (9-16 years) suggests deep-water renewal. The comparison of temperature profiles we obtained showed that while submersing the temperatures were higher than while surfacing: near the surface by 0.1°C, near the bottom - by 0.04°C; the fluctuations were also higher: 0.16°C and 0.02°C, respectively. Fluctuation increase can be explained by the fact that the submersing occurred in the convergent zone of thermal bar front or near it, as the influence of more heated apparatus body and one of searchlights were not noticeable. Indeed, while submersing, the searchlights were turned on only since the depth of 650 m, and it did not influence temperature fluctuations at all. The presence of spring thermal bar near the Eastern coast of Ol'khon Island is confirmed by earlier observations (Sherstyankin, 1973; Carmack, Weiss, 1991). Increase of water temperature fluctuation from 0.2 to 0.6°C in the front of the spring thermal bar were noticed while describing them first in Lake Baikal (Sherstyankin, 1964).

It is seen from temperature records at the near-bottom tack 9 km long at the depth of > 1610 m that the near-bottom temperature changes at the height of 2.5 m from the bottom from 3.135 to 3.076°C with irregularities ca. 2 km wide.

The assessment of near-bottom waters of deep-water (>1500 m) basin of the Central Baikal covered by an abrupt temperature decrease, taking into account data by E. Carmack, R. Weiss (1991) in the section Izhimey Cape – Gremyachiy Cape in the bar 1 km wide is ca. 15 km³, for the basin with depths of > 1500 m, taking into account data by De Batist et al. 2002 is <148 km³.

We present here the Table of thermodynamic parameters of Baikal waters from the surface to the depth of >1500 m for temperature T for temperature of maximal density T_{md} , for difference of Mendeleev

temperatures $\Delta T^{M} = T - T_{md}$, for thermal dilatation factor α and for adiabat parameter $\kappa = c_{p} / c_{v}$. Not large thickness of the layer of the reversal temperature stratification (78 m) we observed on Lake Baikal is like a temperature structure in surface layers of under-ice ocean on Europe, Jupiter's moon, where the same layer is 200 m thick (Melosh et al. 2004), or, in Earth scale, it is 200/7=28.6 meters.

This work is done with organizing and financial support of the Foundation for Lake Baikal Protection, of "Metropol" companies and of RFBR grant No 08-05-00395.

О ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ВОД В РАЙОНЕ МАКСИМАЛЬНЫХ ГЛУБИН ОЗЕРА БАЙКАЛ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ С МИР-2 В ПЕРИОД ВЕСЕННЕГО ТЕРМОБАРА Шерстянкин П.П., Фиалков В.А.*, Черняев Е.С. **, Сагалевич А.М.**, Иванов В.Г., Потемкин В.Л., Куимова Л.Н.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия *Байкальский музей ИНЦ СО РАН, 1, ул. Академическая, пос. Листвянка 664520, Россия **Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 36, Нахимовский пр., Москва 117997, Россия

Измерения температуры и давления (глубины) СТD зондом МСТD3.5", закрепленным на внешней подвеске ГОА МИР-2, были проведёны у мыса Ижимей в Среднем Байкале 5 июля 2009 г. в период весеннего термобара и получены новые результаты. Наблюдения проводились при погружении в 4 км, всплытии в 10-11 км к юго-востоку от мыса Ижимей и во время подводного придонного галса длиной 9 км.

Краткие особенности профилей температуры: от поверхности до 78 м наблюдалась обратная температурная стратификация (температура воды Т меньше температуры максимальной плотности $T_{_{md}}$, $T-T_{_{md}}<0$), на глубине 78 м было $T=T_{_{md}}$ и глубже $T>T_{_{md}}$, $T-T_{_{md}}>0$. В слое 78-300 м температуры T были близки к T_{md} , на глубинах более 384 м разность $T-T_{md}$ стала больше 0,25°С и возрастала с глубиной. В слое 900-1500 м вертикальные градиенты были минимальными на профиле и температуры линейно уменьшались с глубиной и на глубинах свыше 1500 м скорости (градиенты) убывания возрастала в 7 раз. Наши профили температуры практически точно совпали с профилями, полученными ранее в этом же районе 17 июля 1988 г. в период весеннего термобара (Carmack, Weiss 1991 и Weiss et al. 1991). В этих же работах было показано, что слой придонного резкого уменьшения температуры с высоким содержанием кислорода и небольшим от 9 до 16 лет возрастом вод говорит об обновлении глубинных вод (deep-water renewal). Сравнение полученных нами профилей температуры показало, что при погружении температуры были выше, чем при всплытии на 0,1°C у поверхности и на 0,04°С у дна; более высокими были и флуктуации: 0,16°С и 0,02°С соответственно. Повышенные флуктуации можно объяснить тем, что погружение проходило в конвергентной зоне фронта термобара или близко от нее, так как влияние более прогретого корпуса ГОА и прожекторов было незаметно.

Действительно, при погружении прожектора были включены только с глубины 650 м и это никак не сказалось на флуктуациях температуры. Наличие весеннего термобара у восточного берега о. Ольхон подтверждается более ранними наблюдениями (Шерстянкин, 1973; Carmack, Weiss, 1991). Повышенные флуктуации температуры воды от 0,2 до 0,6°С во фронте весеннего термобара были отмечены при их первом описании на озере Байкал (Шерстянкин, 1964).

По записям температуры на придонном галсе длиной 9 км на глубине более 1610 м видно, что придонная температура на высоте 2,5 м от дна меняется от 3,135 до 3,076°C с неоднородностями шириной около 2 км.

Оценка объёмов придонных вод глубоководной (глубже 1500 м) котловины Среднего Байкала, охваченных резким понижением температуры, с учетом данных Е. Carmack, R. Weiss (1991) по разрезу м. Ижимей – м. Гремячинск в полосе шириной 1 км – около 15 км³, для котловины с глубинными свыше 1500 м с учетом данных (De Batist et al., 2002) менее 148 км³.

Приведена таблица термодинамических параметров байкальских вод от поверхностных до глубинных более 1500 м для температуры T, температуры максимальной плотности T_{md} , разности

температур Менделеева $\Delta T^M = T - T_{md}$, коэффициента термического расширения α и параметра

адиабаты $\kappa = c_p / c_v$.

Небольшая толщина слоя обратной температурной стратификации (78 м) при наших наблюдениях на озере Байкал напоминает температурную структуру в поверхностных слоях подлёдного океана на спутнике Юпитера Европе, где такой же слой имеет толщину 200 м (Melosh et al. 2004) или в земных масштабах 200/7=28.6 метров.

Работа выполнена при организационной и финансовой поддержке Фонда содействия сохранению озера Байкал, группы компаний «Метрополь», гранта РФФИ 08-05-00395.

ON MESOTHERMAL TEMPERATURE MAXIMUM OF DISCOVERED BY G.YU. VERESHCHAGIN IN WINTER UNDER THE ICE IN THE SOUTHERN BAIKAL Sherstyankin P.P., Ivanov V.G., Kuimova L.N.

Limnological Institute of SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

ppsherst@lin.irk.ru

The mesothermal temperature maximum (MTM), according to G.Yu. Vereshchagin's definition (1936), appears at the boundary of reversal and direct temperature stratification (RTS μ and DTS), where water temperatures T are the highest in vertical profiles and must be approximately equal to the temperature of maximal density T_{md} .

MTM is a climatic phenomenon, a necessary condition for its generating is the existence of RTS. Temperature variability in surface waters of the Southern Baikal was studied by observations at a site in Listvyanka settl. since 1965. RTS period, when $T < T_{md}$ was 9 days longer than DTS period in 1965, when

 $T > T_{md}$, and 6 days longer in 2009, i.e., it is predominant suggesting the importance of its study.

Depth of bedding of MMT zone is close to the cross-point of the profiles T and T_{md} or to the depth

 $T = T_{md}$, in this case maximums of temperature T can be some tens meters above or below the point

 $T = T_{md}$ (Hohman et al. 1996), or T can cross many times the line T_{md} (Sherstyankin et al., 2005). Calculations using isothermal models taking into account anomalous temperature and density features of water show that for the isotherms of 3.5 and 2°C, bedding depths of MTM would be 245 and 967 m, respectively(Sherstyankin, Kuimova 2009), i.e., for the increase of MTM depth, stronger cooling of upper water layers is required (Vereshchagin, 1927, 1936; Shimaraev et al., 1995, etc.). Vereshchagin G.Yu. (1927) wrote: «vertical transition of water masses covers considerable depths; it occurs mainly in late autumn, when the winds on Lake Baikal are especially strong and continuous». Conditions of MMT formation, depths of its bedding are determined by mixing intensity in autumn and depend on winds activity (Shimaraev et al., 1995), this is also due to a low level of solar radiation resulting from low position of the Sun. The efficiency of wind cooling can be manifested by MEDOC convection, when a strong mistral decreases the temperature of waters in North-Western part of Mediterranean Sea more than by 10°C in a layer ca. 1 km (MEDOC group, 1970). On Lake Baikal, average wind velocity is maximal in November-December (Verbolov et al., 1965), it influences MTM formation.

Spatial observations of vertical profiles of temperature and MTM in the Southern Baikal were mainly carried out at the cross-section from Ivanovsky Cape, 10 km towards Murino settl., temporal ones – in the ice camp of Neutrino Telescope (3.5 km). Average spatial values of bedding depths of MMT in 1998, 2005 and 2007 varied from 219, 166 to 189 m; at temporal and spatial variation of bedding depths, there are sometimes maximums with exceeding above adjacent stations or with series up to 40 m. In such sites, surface waters outburst into deep layers is observed (Sherstyankin et al., 2009). At the stations situated more closely to the

coast, the maximums of real temperature are situated up to 60 m above the point $T = T_{md}$, and waters temperature of upper layers is lower up to 0.5° C than far from the coast. The dynamics of the site of temperature maximum formation is complicated due to the fact that in the area of MTM, buoyancy forces are insignificant, as the modulus of thermal dilatation factor $|\alpha|\approx 0$, some forces which are difficult to be taken into account participate in its formation; the MTM layer itself moves sometimes more rapidly than layers above and below it (Sokol'nikov, 1964). In the MTM layer, as it is noticed by Sokol'nikov (1964), «two heat flows are combined: radiating one, via the ice cover, and geothermal one, incoming into the water from the subsoil». Let us notice that combination can be understood as compensation of these flows, so, bedding depth of MTM at $T=T_{md}$ can be considered as a measure of the depth of lake waters cooling.

The work is being done according a Priority Project VII. 62 and is supported by RFBR grant No. 08-05-00395.

О МЕЗОТЕРМИЧЕСКОМ МАКСИМУМЕ ТЕМПЕРАТУРЫ, ОТКРЫТОМ Г.Ю. ВЕРЕЩАГИНЫМ, В ЗИМНИЙ ПЕРИОД ПОДО ЛЬДОМ В ЮЖНОМ БАЙКАЛЕ Шерстянкин П.П., Иванов В.Г., Куимова Л.Н.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Мезотермический максимум температуры (ММТ) по определению Г.Ю. Верещагина (1936) возникает на границе обратной и прямой температурной стратификации (ОТС и ПТС), где температуры воды *Т* являются наивысшими в вертикальном профиле и должны быть, приблизительно, равны температуре максимальной плотности T_{md} .

МТМ является климатическим явлением, необходимым условием его появления является существование ОТС. Изменчивость температуры поверхностных вод Южного Байкала изучалась по наблюдениям на пункте в пос. Листвянка, начиная с 1965 г. Период ОТС, когда $T < T_{md}$, в 1965 г. был на 9 дней больше периода ПТС, когда $T > T_{md}$, в 2009 г. на 6 дней, т.е. он является преобладающим, что указывает на важность его изучения.

Глубина залегания зоны ММТ близка к точке пересечения профилей T и T_{md} или глубине T = T_{md}, при этом максимумы температуры T могут быть на несколько десятков метров выше или ниже точки $T = T_{md}$ (Hohman et al. 1996) или T может многократно пересекать линию T_{md} (Шерстянкин и др. 2005). Расчёты на изотермических моделях с учётом аномальных температурно-плотностных свойств воды показывают, что для изотерм 3,5 и 2°C глубины залегания ММТ ($T=T_{md}^{}$) были бы 245 и 967 м (Шерстянкин, Куимова, 2009), т.е. для увеличения глубины ММТ требуется более сильное охлаждение верхних слоев вода (Верещагин, 1927, 1936; Шимараев и др., 1995 и др.). Г.Ю. Верещагин (1927) писал: «вертикальное перемещение водных масс охватывает значительные глубины и что происходит оно, главным образом, поздней осенью, когда с особенной силой и продолжительностью дуют на Байкале ветры». Условия формирования ММТ, глубины его залегания определяются интенсивностью перемешивания в осенний период и зависит от ветровой активности (Шимараев и др., 1995), чему способствует также низкий уровень солнечного излучения из-за малой высоты Солнца. Об эффективности ветрового выхолаживания можно судить по MEDOC конвекции, когда свирепый ветер Мистраль понизил температуру вод северо-западной части Средиземного моря более чем на 10°С в слое порядка одного км (MEDOC group, 1970). На Байкале средние скорости ветра максимальны в ноябре-декабре (Верболов и др., 1965), что сказывается на формировании ММТ.

Пространственные наблюдения за вертикальными профилями температуры и ММТ в Южном Байкале проводились в основном на разрезе от м. Ивановского до 10 км в направлении на Мурино, временные – в ледовом лагере Нейтринного Телескопа (3,5 км). Средние пространственные значения глубин залегания ММТ в 1998, 2005 и 2007 гг. изменялись от 219, 166 до 189 м, на временном и пространственном ходе глубин залегания иногда появляются максимумы с превышением над соседними станциями или сериями до 40 м. В таких местах прослеживается прорыв поверхностных вод в глубинные слои (Шерстянкин и др., 2009). На станциях, расположенных ближе к берегу, максимумы реальной температуры располагаются до 60 м выше точки $T = T_{md}$, а температура вод верхних слоев ниже до 0,5°C, чем вдали от берега. Динамика места формирования максимума температуры сложна тем, что в области ММТ силы плавучести ничтожны, так как модуль коэффициента термического расширения |α|≈0, в его формировании участвуют трудно учитываемые силы; сам слой ММТ иногда движется быстрее выше и ниже лежащих слоёв (Сокольников, 1964). В слое ММТ, как отмечал Сокольников (1964) «совмещаются два потока тепла: радиационного, через ледяной покров, и геотермического, идущего через воду из недр земли». Отметим, что под совмещением можно понимать компенсацию этих потоков и тогда глубину залегания ММТ при T=T_{md} можно считать, как меру, глубину охлаждения вод озера.

Работы проводятся по Приоритетному направлению VII. 62 и поддержаны грантом РФФИ № 08-05-00395.

HYDROPHYSICAL REGIME OF LAKE BAIKAL SITUATED IN A RIFT DEPRESSION FROM ITS APPEARING TILL NOWADAYS Sherstyankin P.P., Sankov V.A. *

Limnological Institute of SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia *Institute of the Earth's Crust SB RAS, 128, Lermontov st., Irkutsk 664033, Russia ppsherst@lin.irk.ru

The main peculiarity of Lake Baikal is its position in a basin of rift type, it started generating 55-65 My ago, its development is continuing up to nowadays (Logachev, 2003). The hydrophysical regime of Lake Baikal is determined by the temperature of its waters, by the climate of surrounding territories contributing mainly in the vertical stability, in buoyancy frequency and, respectively, in the convective structure of its waters. Finally, the hydrophysical regime determines abiotic lake background, and a constant convection makes the water environment favourable for biota development. The main geological process which is in the base of generating and development of Baikal Depression and Lake Baikal is Cenozoic continental rift genesis. In the formation of Baikal Depression, several tectonic stages are distinguished (Nagor'ya..., 1974; Logachev, 2003; Mats et al., 2001, 2010, etc.) which are characterized by different rates and relations of amplitudes of vertical and horizontal movements. Together with climate, it determined the conditions of formations and sizes of lakes at the site of future Baikal Rift. At the initial stage (Paleocene - Eocene), when horizontal movements dominated, shallow-water lakes formed in shallow and wide basins. Mean annual air temperatures T_{eo30} during that period were ca. 20°C, and the depths varied from ~200 m (Popova et al., 1989). The start of formation of a large lake itself in Southern Baikal Depression can be related to Oligocene - 30-35 My ago (Logachev, 2003). The lake deepening gradually and some hundreds of meters deep existed under the conditions of humid subtropical climate with mean annual temperatures from +15 to +20°C (Popova et al., 1989). With time climate slightly varied, and by 3.5 - 2.4 My ago, there was already in Pre-Baikal dry subtropical climate with characteristic for it mean annual temperatures. The rates of vertical movements considerably increased resulting both in lifting of ranges and in bending of depressions bottoms «rapid rifting» by N.A.Logachev (2003). V.D. Mats et al. (2001) relates it to Ol'khon tectonic phase (4-3 My ago). The lifting of mountain structures and general cooling resulted in glaciations which, according to Kuz'min et al. (2001), are noticed first ca. 2.8-2.4 My ago. Depths close to modern ones (>1000 m) were reached due to new forcing of vertical movements which had begum ca. 1.2 My ago, according to V.D. Mats, this is «Primorsky tectonic phase».

Believing that water temperature at all stages of Lake Baikal basin and water body development, as well that modern analogous lakes for different stages of lake development are known, we made calculations on the example of natural water with anomalous temperature and density properties (Sherstyankin et al., 2010) for isothermal models of sustainability E and of buoyancy frequency N as N² (Sherstyankin, Kuimova, 2009). For subtropical climate, at mean annual air temperatures of 20÷10°C, in the case of equilibrium adiabatic regime, E_{ad} and N²_{ad} which are always >0, increase slightly with pressure increase. With closing to temperature of maximal density T_{md} from water temperatures T>T_{md} (direct temperature stratification) or from T<T_{md} (reversal temperature stratification), E_{ad} and N^2_{ad} behave non-linearly due to the pressure, and at T=T_{md} (for lake Baikal T_{md}≈4°C) have a minimum of several decimal orders as a particular point, cuspidal point called "spike". The depth at which the minimum E_{ad} and N^2_{ad} is realized depends on remoteness of T from T_{md} or on difference $\Delta T=T-T_{md}$ and at $\Delta T=0$, -0.5, -1 and -2°C it is equal to 0, 227, 483 and 967 m. The strongest cooling of surface waters of Lake Baikal occurred during the transition from subtropical climate to moderate modern one ca. 2.5 My ago, when mean annual air temperatures dropped up to -10°C. The transition accompanied by hurricane winds like Mistral, generating Mediterranean convection with vertical rates 10-12 km/days (MEDOC group, 1970). Minimum of E_{ad} and N²_{ad} corresponds to well studied mesothermal maximum of temperature discovered on Lake Baikal by G.Yu. Vereshchagin (1927). Non-linearities of E_{ad} and N_{ad}^2 with approximation to T_{md} with depth variation are generated by anomalous temperature-density properties of natural water, in Southern and Central Baikal they are noticeable up to the depths of 900 m, in the Northern Baikal – up to the bottom.

The work is supported by RFBR, grant No 08-05-00395.

ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ОЗЕРА БАЙКАЛ, РАСПОЛОЖЕННОГО В РИФТОВОЙ ВПАДИНЕ, ОТ ЗАРОЖДЕНИЯ ДО НАШИХ ДНЕЙ

Шерстянкин П.П., Саньков В.А.*

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия *Институт земной коры СО РАН, 128, ул. Лермонтова, Иркутск 664033, Россия

Основной особенностью озера Байкал является то, что оно расположено в котловине рифтового типа, возникновение которой началось 55-65 миллионов лет т.н. и развитие продолжается до наших дней (Логачев, 2003). Гидрофизический режим озера Байкал определяется температурой его вод, климатом окружающих территорий, дающих основной вклад в вертикальную устойчивость, частоту плавучести и, соответственно, в конвективную структуру его вод. В конечном итоге, гидрофизический режим, определяет абиотический фон озера, а постоянно идущая конвекция делает водную среду благоприятной для развития биоты. Главным геологическим процессом, лежащим в основе рождения и развития Байкальской впадины и озера Байкал, является кайнозойский континентальный рифтогенез. В

формировании Байкальской впадины выделяются несколько тектонических этапов (Нагорья..., 1974; Логачев, 2003; Мац и др., 2001, 2010 и др.), которые характеризуются различными скоростями и соотношениями амплитуд вертикальных и горизонтальных движений. В сочетании с климатом, это определяло условия образования и размеры озер на месте будущего Байкальского рифта. На начальной стадии (палеоцен-эоцен), когда превалировали горизонтальные движения, в неглубоких и обширных котловинах формировались мелководные озера. Среднегодовые температуры воздуха T_{возд} в этот период были порядка 20°С и глубины ~200 м (Попова и др., 1989). Собственно начало образования крупного озера в Южнобайкальской впадине может быть отнесено к олигоцену - 30-35 млн. лет т.н.) (Логачев, 2003). Постепенно углублявшееся озеро, глубиной сотни метров, существовало в условиях влажного субтропического климата со среднегодовыми температурами от +15 до +20°С (Попова и др., 1989). Со временем климат несколько менялся, и к рубежу 3,5 – 2,4 млн. лет т.н. в Прибайкалье уже существовал сухой субтропический климат с характерными для него среднегодовыми температурами. Значительно увеличились скорости вертикальных движений, выразившиеся как в поднятии хребтов, так и в прогибании днищ впадин, «быстрый рифтогенез» по Н.А.Логачеву (2003). В.Д.Мац и др. (2001) связывает это с Ольхонской тектонической фазой 4-3 млн. лет т.н. Рост горных сооружений и общее похолодание привело к проявлению оледенений, которые, согласно Кузьмину и др. (2001), впервые отмечены около 2,8-2,4 млн. лет т.н. Близкие к современным глубины (более 1000 м) были достигнуты в результате нового усиления вертикальных движений, начавшихся порядка 1,2 млн. лет т.н., «приморская тектоническая фаза» по В.Д.Мацу (2001).

Считая, что температуры воды на всех стадиях развития котловины и толщи вод озера Байкал, а также современные озера-аналоги для различных стадий развития озера известны, были рассчитаны на примере природной воды с аномальными температурно-плотностными свойствами (Шерстянкин и др., 2010) для изотермических моделей устойчивости E, частоты плавучести N в форме N² (Шерстянкин, Куимова, 2009). Для субтропического климата при среднегодовых температурах воздуха 20÷10°С в случае равновесного адиабатического режима E_{ad} и N²_{ad}, которые всегда больше нуля, слабо увеличиваются с ростом давления. С приближением к температуре максимальной плотности T_{md} со стороны температур воды T>T_{md} (прямая температурная стратификация), или со стороны T<T_{md} (обратная стратификация) Е_{ad} и N²_{ad} от давления Р ведут себя нелинейно и при T=T_{md} (для Байкала T_{md}≈4°C) имеют минимум на несколько десятичных порядков в виде особой точки, точки возврата «остриё». Глубина, при которой реализуется минимум E_{ad} и N²_{ad}, зависит от удаления T от T_{md} или от разности ∆T=T-T_{md} и при ∆T=0, -0,5, -1 и -2°С равна 0, 227, 483 и 967 м. Самое сильное охлаждение поверхностных вод Байкала произошло в период перехода от субтропического к умеренному современному климату примерно 2,5 миллиона лет т.н., когда среднегодовые температуры воздуха упали до -10°С. Переход сопровождался ураганными ветрами, типа Мистраля, вызывающего средиземноморскую конвекцию с вертикальными скоростями 10-12 км/сутки (MEDOC group, 1970). Минимум E_{ad} и N²_{ad} соответствует хорошо изученному мезотермическому максимуму температуры, открытому на Байкале Г.Ю. Верещагиным (1927). Нелинейности E_{ad} и N²_{ad} с приближением к T_{md} с изменением глубины вызваны аномальными температурно-плотностными свойствами природной воды, в Южном и Среднем Байкале заметны до глубин 900 м, в Северном – до самого дна.

Работа поддержана РФФИ, грант № 08-05-00395.

DEEP INTRUSIONS AND OXYGEN VENTILATION OF NEAR-BOTTOM WATERS OF LAKE BAIKAL Shimaraev M.N., Granin N.G., Zhdanov A.A., Gnatovsky R.Yu., Blinov V.V.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

shimarae@lin.irk.ru

Intrusions of cold waters emerging in spring and at the end of the year under conditions of inverse temperature stratification are one of the major processes that provide renewal of deep and near-bottom waters of Lake Baikal. Their emergence is caused by thermobaric instability in water layers with temperature close to temperature of maximal density T_{md} . In the general case, it is connected with the lowering effect of T_{md} with the rise of hydrostatic pressure (Weiss et al., 1991; Shimaraev, Granin, 1991). This instability may be caused by atmospheric effect on the water column (Weiss et al., 1991), processes occurring at thermobar fronts (Shimaraev et al., 1993; Shimaraev et al., 1996), differences in mineralization, and by "chimney"-type phenomena (Wuest et al., 2005). Intrusions induce cooling of the near-bottom layer (Weiss et al., 1991; Shimaraev, Granin, 1991; Shimaraev et al., 1993; Shimaraev et al., 1993; Shimaraev et al., 1993; Shimaraev et al., 1993; Shimaraev et al., 1996).

Simultaneous measurements of temperature and oxygen concentrations were performed in June and July of 1997 and in 2006-2007 with a probe SBE-25 and a sensor SBE-43 to estimate the intrusion effect on oxygen ventilation of near-bottom waters. Data on temperature in the near-bottom layer of the southern and central basins of the lake were evidence of large scales of cooling $\Delta Q_{(-)}$ and significant rise of oxygen content to the bottom. Cooling values were calculated from the equation $\Delta Q_{(-)} = \rho c_p 0.5 h (T_{bf} - T_{bh})$, where T_{bf} and $T_{bh} - factual and hypothetical water temperature at the bottom (given the undisturbed distribution), h – thickness of cold near-bottom layer. Positive increments of O₂ reserves were determined as <math>\Delta O_{2(+)} = 0.5 \times h (O_{2f} - O_{2h})$,

where O_{2f} and O_{2h} – factual and hypothetical element concentrations at the bottom. Values $\Delta Q_{(-)}$ and $\Delta O_{2(+)}$ are given in Table 1.

Empirical dependence was determined from the calculations of $\Delta Q_{(-)}$ and $\Delta O_{2(+)}$ for transect stations in 1997, 2006 and 2007: $\Delta O_{2(+)} = -1.60 \Delta Q_{(-)} + 10.1$ (R²=0.61, p<0.001, n=31), where $\Delta O_{2(+)}$ in gO²/m², $\Delta Q_{(-)}$ in MJ/m². Intrusion fluxes were calculated from dependence and data on $\Delta Q_{(-)}$ in separate basins in 1993-2007 (Fig. 1).

Peculiar features of oxygen ventilation of near-bottom zone are its irregularity in time and asynchronism in different parts of the lake. It occurred more often in Southern Baikal (9 years from 14), more seldom – in Central (6 years) and Northern Baikal (7 years). In the study period (1993-2007), average intrusion oxygen flux into the near-bottom zone of Southern Baikal (9.3 gO^2/m^2 a year) appeared to be larger than in Southern (6.7) and Northern Baikal (5.4 gO^2/m^2 a year).

The work was supported by RFBR Grant No. 09-05-00222.

Table 1. Values $\Delta Q_{(-)}$ and $\Delta O_{2(+)}$ calculated for central transect stations in Southern Baikal, 11-13 July of 2007 (Результаты расчета $\Delta Q_{(-)}$ и $\Delta O_{2(+)}$ для центральных станций поперечных разрезов в Южном Байкале 11-13 июля 2007 г.).

,	St. 1	St. 2	St.3	St. 4	St.5	Average	
	11.07	11.07	11-12.07	12.07	13.07		
H, m	1256	1242	1284	1422	1434		
H, m	96	152	204	166	246	172	
$\Delta Q_{(-)} MJ/m^2$	-5.36	-18.21	-33.26	-25.9	-36	-23.7	
T _{min} °C	3.3258	3.2962	3.256	3.2636	3.2788	3.256	
$\Delta O_{2(+)} gO^2/m^2$	16,1	24.77	42.7	75.9	43	40.5	

Note: St. 1 – 15 km off Kultuk, St. 2 – transect Marituy-Solzan, St. 3 – transect Cape Tolsty-Snezhnaya River, St. 4 – transect Listvyanka-Tankhoy, St. 5 – transect Cape Kadilny-Mishikha River. H – depth (m), h – thickness of near-bottom layer, T_{min} – temperature at the bottom (ст. 1 – 15 км от пос. Култук, ст. 2 – разрез Маритуй-Солзан, ст. 3 – разрез м. Толстый- р. Снежная, ст. 4 – разрез пос. Листвянка - пос. Танхой, ст. 5 – разрез мыс. Кадильный – р. Мишиха. H – глубина (м), h – толщина придонного слоя, Т_{мин} – температура у дна).

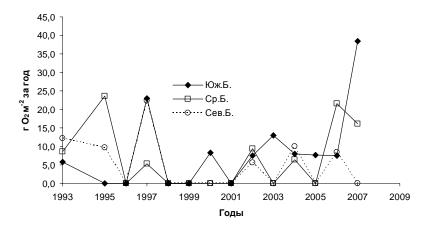


Fig. 1. Values $\Delta O_{2(+)}$ in the basins from the survey data in 1993-2007 (Значения $\Delta O_{2(+)}$ в котловинах по данным съемок в 1993-2007 гг.).

ГЛУБИННЫЕ ИНТРУЗИИ И АЭРАЦИЯ КИСЛОРОДОМ ПРИДОННЫХ ВОД ОЗЕРА БАЙКАЛ Шимараев М.Н., Гранин Н.Г., Жданов А.А., Гнатовский Р.Ю., Блинов В.В.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Интрузии холодных вод, возникающие весной и в конце года в условиях обратной температурной стратификации, являются одним из основных процессов, обеспечивающих обновление глубинных и придонных вод озера Байкал. Их появление вызывается термобарической неустойчивостью в слоях воды с температурой, близкой к температуре максимальной плотности Т_{мп} и в общем случае связано с эффектом понижения с ростом гидростатического давления Т_{мп} (Weiss et al., 1991; Шимараев и др., 1991). Причиной неустойчивости могут быть атмосферные воздействия на водную толщу (Weiss et al., 1991), процессы на фронте термобаров (Shimaraev et al., 1993; Шимараев и др., 1996), различия в минерализации, явления типа «чимни» (Wuest et al., 2005). Интрузии вызывают охлаждение придонного слоя (Weiss et al., 1991; Shimaraev et al., 1993; Шимараев и др., 1996; Wuest et al., 2005) и, одновременно, повышение в нем концентрации кислорода (Weiss et al., 1991; Шимараев и др., 1996).

Для оценки влияния интрузий на аэрацию придонных вод кислородом использованы одновременные измерения температуры и концентрации O_2 зондом SBE-25 с сенсором SBE-43 в июне и июле 1997 и 2006-2007 гг. Данные о температуре в придонном слое южной и средней котловин указывали на большие масштабы охлаждения Δ Q₍₋₎ и заметное возрастание ко дну содержания

кислорода. Величины охлаждения рассчитана по уравнению $\Delta Q_{(-)} = \rho c_p 0.5 h (T_{d\phi} - T_{dr})$, где $T_{d\phi}$ и T_{dr} – фактическая и гипотетическая (при условии не нарушенного распределения) температура воды у дна, h толщина холодного придонного слоя. Положительное приращения запаса O_2 определено как $\Delta O_{2(+)} = 0.5 \times h (O_{2\phi} - O_{2r})$, где $O_{2\phi}$ и O_{2r} – фактическая и гипотетическая концентрация элемента у дна. Характерные значения $\Delta Q_{(-)}$ и $\Delta O_{2(+)}$ приведены в табл. 1 (Table 1).

По результатам расчета $\Delta Q_{(-)}$ и $\Delta O_{2(+)}$ для станций продольного разреза в 1997, 2006 и 2007 гг. получена эмпирическая зависимость: $\Delta O_{2(+)}$ = -1,60 $\Delta Q_{(-)}$ +10,1 (R²=0.61, p<0.001, n=31), где $\Delta O_{2(+)}$ в гО²/м², $\Delta Q_{(-)}$ в МДж/м². На основе зависимости и данных о $\Delta Q_{(-)}$ в 1993-2007 гг. определены интрузионные потоки кислорода в отдельных котловинах (Fig. 1).

Особенностью аэрации придонной зоны кислородом является ее нерегулярность во времени и не одновременность в разных частях Байкала. Наиболее часто (в 9 годах из 14) она имела место в Южном Байкале, реже – в Среднем (6 лет) и Северном Байкале (7 лет). Средний за 1993-2007 гг. интрузионный поток кислорода в придонную зону Южного Байкала (9,3 гО²/м² за год) оказался выше, чем для Среднего (6,7) и Северного Байкала (5,4 гО²/м² за год).

Работа выполняется при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант 09-05-00222.

ON CIRCULATION MECHANISMS OF MODERN OSCILLATIONS OF CLIMATIC AND HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS IN LAKE BAIKAL Shimaraev M.N., Sizova L.N.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia shimarae @lin.irk.ru

Methods and material

Indices of the major mechanisms of atmosphere circulation in the Northern Hemisphere from NOAA data (USA) were used for the analysis: I_{NAO} , I_{AO} – indices of zonal circulation activity, I_{POL} – Polar-Eurasian, I_{SCAND} – Scandinavian, I_{EA} – East-Atlantic, I_{EAWR} – East-Atlantic-West-Russian, I_{PNA} – Pacific-North-American, I_{WP} – West-Pacific, and I_{SOI} – index of south oscillation. We estimated separate and total effects of these mechanisms on air temperature, atmospheric precipitation and river flow into Lake Baikal for the period of 1954-2008, as well as on ice phenomena in 1951-2010. We also analyzed correlation of elements with indices (*r*), coefficients of determination (R²) and multiple correlation (R) in the equations of multiple linear regression. Comparative contribution of some mechanisms to element changes was estimated.

Results

AO plays a leading role in the rise of annual and seasonal air temperature (except summer), whereas SCAND, blocking the zonal transfer over North Eurasia, affects its lowering. In summer, negative SCAND effect remains. Positive changes are connected with EA. Circulation processes affect changes in temperature of a year, winter, spring and autumn (R=0.68 \div 0.76) by 46-58%, whereas in summer their contribution reduces to 21% (R=0.46).

Relationship between <u>atmospheric precipitation</u> and circulation indices for different seasons and a year is, as a rule, insignificant except that with POL in autumn (r=-0.334) and with AO (r=0.38) and SCAND (r=-0.319) for a year. Multiple linear regression equations are significant for spring, autumn and a year and describe about 20-26% of precipitation changeability with the AO contribution (56%) to the total effect of all factors.

Circulation processes significantly influence the <u>total annual inflow</u> from June to November ($R^2 = 0.31 \div 0.36$, R=0.56 $\div 0.60$). AO is the major contributor (44-69%) to inflow changes, whereas EAWR (22-47%) and SCAND (12-22%) contribute less. Multiple correlation coefficients of annual inflow and annual circulation indices increase at the shift (lag) of the latter 1 and 2 years back (from R₀=0.43 to R_{.1}=0.53 and R_{.2}=0.54). Among major tributaries the inflow of the Barguzin River reacts more to circulation changes ($R^2 = 0.30$, R=0.55) than that of the Rivers Selenga ($R^2 = 0.15$, R=0.39) and Upper Angara ($R^2 = 0.14$, R=0.38). However, relationship becomes stronger at a lag of one year for the Selenga River ($R^2 = 0.25$, R=0.50) and of 2 years for the Upper Angara River ($R^2 = 0.26$, R_{.2}=0.51).

<u>Ice phenomena</u>, like air temperature, also react to oscillations of atmospheric circulation. Multiple correlation equation of freezing terms near Listvyanka in 1951-2010 with circulation indices in November and December ($R^2 = 0.49$, R=0.70, error ± 7.5 days) describes most of the years with noticeable anomalies of freezing dates (Fig. 1a). Years of late freezing correspond to elevated activity of AO, NAO, EA and EAWR and weakened activity of SCAND and POL. In years of early freezing, the relationship is reverse. Close connections are observed between AO (*r*=-0.42) and SCAND (*r*= 0.37), SCAND contribution to the changeability described by the equation being 64%.

Circulation processes in winter (December-February) affect the inter-annual and intrasecular changeability of <u>ice thickness</u> (H_n). Coefficients of pair correlation revealed significant effect of H_n reduction at AO (*r*=-0.464), NAO (*r*=-0.352) and EAWR (*r*=-0.278) and its rise at SCAND (*r*= 0.578). Multiple regression equation takes into account about 44% of H_n changeability at R=0.66 with an error of ±11.2 cm and explains the H_n reduction trend in 1969-1995 and in years with anomalously thick ice cover (1969, 1977, 1985, 2001, 2010) (Fig. 1b).

Results of studies showed that long- and short-term oscillations of winter air temperature and ice phenomena at Lake Baikal, including anomalous years, were caused by changes of atmosphere circulation. Its influence on atmospheric precipitation and river inflow was revealed in scales of average- and long-term oscillations (from 5-10 to 10-20 years). Major mechanisms of circulation significantly affect all elements of AO, NAO and SCAND.

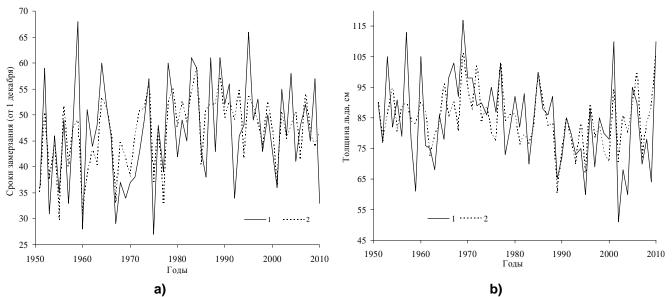


Fig. 1. Freezing terms (a) and ice thickness (b) from observations (1) and calculations of regression dependences (2) (Сроки замерзания (а) и толщина льда (б) по наблюдениям (1) и расчетам по регрессионным зависимостям (2)).

О ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ МЕХАНИЗМАХ СОВРЕМЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ КЛИМАТИЧЕСКИХ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БАЙКАЛА Шимараев М.Н., <u>Сизова Л.Н.</u>

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Методика и материалы

Для анализа привлекались индексы основных механизмов циркуляции атмосферы в северном полушарии по данным NOAA (США): I_{NAO}, I_{AO}, - показатели активности зональной циркуляции, полярноевразийский I_{POL}, скандинавский I_{SCAND}, восточно-атлантический I_{EA} и восточно-атлантический–западнороссийский I_{EAWR}; тихоокеанско – северо-американский I_{PNA}, западно–тихоокеанский I_{WP}, а также индекс южной осцилляции I_{SOI}. Оценено раздельное и суммарное влияние этих механизмов на температуру воздуха, атмосферные осадки и речной приток в Байкал в 1954-2008 гг., на ледовые явления в 1951-2010 гг. Анализировались корреляция элементов с индексами (*r*), коэффициенты детерминации (R²) и множественной корреляции (R) в полученных уравнениях множественной линейной регрессии. Определен сравнительный вклад отдельных механизмов в изменчивость элементов.

Результаты

Ведущую роль в повышении годовой и сезонной <u>температуры воздуха</u> (кроме летней) играет АО, а в её понижении – SCAND, блокирующий зональный перенос над Северной Евразией. Летом сохраняется отрицательное действие SCAND, положительные изменения связаны с ЕА. Циркуляционные процессы объясняют на 46-58% изменение температуры года, зимы, весны и осени (R=0,68÷0,76), летом их вклад снижается до 21% (R=0,46).

Связь <u>атмосферных осадков</u> с отдельными индексами циркуляции для разных сезонов и для года, как правило, незначима, кроме связи с POL осенью (*r*=-0,334), и с AO (*r*=0,38) и SCAND (*r*=-0,319) для года. Уравнения множественной линейной регрессии значимы для весны, осени и года и описывают около 20-26% изменчивости осадков с долей АО в суммарном влиянии всех факторов, равной 56%.

Преобладающее влияние на суммарный годовой приток оказывают процессы циркуляции в месяцы с июня по ноябрь ($R^2 = 0,31 \div 0,36$, $R = 0,56 \div 0,60$). Основной вклад в изменения притока вносит AO (44-69%), в меньшей степени EAWR (22-47%) и SCAND (12-22%). Коэффициенты множественной корреляции годового притока и годовых индексов циркуляции возрастают при смещении (лаге) последних на 1 и 2 года назад от $R_0=0,43$ до $R_{-1}=0,53$, и $R_{-2}=0,54$. Из главных притоков заметнее реагирует на изменение циркуляции сток р. Баргузин ($R^2 = 0,30$, R=0,55) и в меньшей степени рек Селенги ($R^2 = 0,15$, R=0,39) и В. Ангары ($R^2 = 0,14$, R=0,38), для которых, однако, связь усиливается при лаге в 1 год для Селенги ($R^2 = 0,25$, $R_{-1}=0,50$) и в 2 года для В. Ангары ($R^2 = 0,26$, $R_{-2}=0,51$).

<u>Ледовые явления</u>, как и температура воздуха, чутко отзываются на колебания атмосферной циркуляции. Уравнение множественной корреляции <u>сроков замерзания</u> у пос. Листвянки в 1951-2010 гг. с индексами циркуляции в ноябре и декабре (R² =0,49, R=0,70, ошибка ±7,5 суток) описывает

большинство лет с заметными аномалиями дат замерзания (Fig. 1a). Годы позднего замерзания соответствуют повышенной активности AO, NAO, EA и EAWR и ослабленной – SCAND и POL, в годы раннего замерзания соотношение между ними меняется на противоположное. По тесноте связи ведущее место занимают AO (*r*=-0,42) и SCAND (*r*= 0,37), причем вклад SCAND в описываемую уравнением изменчивость сроков замерзания достигает 64%.

Межгодовую и внутривековую изменчивость <u>толщины ледяного покрова</u> (H_n) определяют процессы циркуляции зимой (декабрь-февраль). Коэффициенты парной корреляции выявили значимое влияние на уменьшение H_n AO (*r*=-0,464), NAO (*r*=-0,352) и EAWR (*r*=-0,278), а на ее возрастание SCAND (*r*= 0,578). Уравнение множественной регрессии учитывает около 44% изменчивости H_n при R=0,66 с погрешностью ±11,2 см и объясняет тренд уменьшения H_n в 1969-1995 г. и годы с аномально большой толщиной льда (1969, 1977, 1985, 2001 и 2010 гг.) (Fig. 1b).

Результаты анализа показали, что долго- и короткопериодные колебания температуры воздуха зимой и ледовых явлений на Байкале, включая аномальные годы, вызывались изменением циркуляции атмосферы. Её значимое влияние на атмосферные осадки и речной приток проявлялось на масштабах средне – и долгопериодных (от 5-10 до 10-20 лет) колебаний. Учет основных механизмов циркуляции выявил основную роль в изменении всех элементов АО, NAO и SCAND.

ON THE ACCURACY OF SOME BALANCE ASSESSMENTS OF LAKE BAIKAL Sinyukovich V.N., Kurbatova N.N.*

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia *CHMS-R, 76, Partisanskaya St., Irkutsk 664047, Russia

<u>sin@lin.irk.ru</u>

The assessment of matter and energy cycling in lakes and water reservoirs are based mainly on data on water income and outcome registration in the water bodies. Thus, the accuracy of Lake Baikal water balance elements calculation initially determines the quality the results of calculation of income and outcome from the lake of different compounds of solutions and suspensions, heat energy, etc.

The analysis of materials on water income and outcome in Lake Baikal for the periods of its normal exploitation (1962-2008) done after a preliminary correction of data which was required because formally Lake Baikal water balance is attached by Russian Hydrometeorological Survey to Irkutsk Hydroelectric Power Plant power site (i.e., it includes Irkutsk water reservoir) allowed to reveal the ratio of its element and to assess their convergence. For calculation period, annual water income into the lake is in average 76.0 km³, 63.6 km³ of them (84 %) income with rivers. In outcome part which is 73.6 km³ per year, main volume belongs to the Angara River outflow – 58.9 km³ (80 %).

The presented data suggest predominance of income part of water balance vs. outcome one. Average value of the imbalance for the period considered taking into account the accumulation is 2.3 km³/year, it is equal to a water layer ca. 7 m high, and maximal one reaches 5-6 km³/year (20 cm). Among 47 considered years, the imbalance was positive in 37 cases. Within a year, minimal convergence of water income and outcome is characteristic for summer months.

The characterized situation is a consequence of an insufficient accuracy of determination of Lake Baikal water balance elements and, first of all, of its main compounds – income and outcome. The researchers' opinion on this matter is different: some prefer to believe determination of water income into the lake incorrect, other ones believe that the reason is underestimation (decrease) of the outflow via Irkutsk Hydroelectric Power Plant. While balance establishing, either the income decreases, or outcome increases by the imbalance value.

To eliminate this uncertainty, it is necessary at least to perform a natural calibration of Irkutsk Hydroelectric Power Plant turbines, although other elements of Lake Baikal water balance also need some specification. In particular, the reliability of income measurements decreased due to reduction of observation sites amount and of their technical equipment. Up to now there is a question on including into the balance of an underground income into the lake which is, by B.I. Pisarsky 1.64 km³/year, and the standards for calculation of heat and humidity cycle are developed for plane water bodies in the European part of Russia.

The above cited circumstances are to be taken into account while performing balance calculations of such matter and energy in Lake Baikal which are intermitted via compounds of water income and outcome.

О ТОЧНОСТИ НЕКОТОРЫХ БАЛАНСОВЫХ ОЦЕНОК ОЗ. БАЙКАЛ Синюкович В.Н., Курбатова Н.Н.*

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск, Россия *Иркутский ЦГМС-Р, 76, ул. Партизанская, Иркутск 664047, Россия

Оценки круговорота вещества и энергии в озерах и водохранилищах базируются преимущественно на данных об учете прихода и расхода воды в водоемах. Таким образом, точность расчета элементов водного баланса Байкала заведомо определяет качество результатов подсчета поступления и выноса из озера различных компонентов растворенного и взвешенного вещества, тепловой энергии и др.

Анализ материалов по приходу и расходу воды в оз. Байкал за период его нормальной эксплуатации (1962-2008 гг.), выполненный после предварительной корректировки данных, потребовавшейся в связи с тем, что формально водный баланс оз. Байкал приведен Росгидрометом к створу Иркутской ГЭС (т.е. в него включено Иркутское водохранилище), позволил выявить соотношение его элементов и оценить их сходимость. За расчетный период ежегодный приход воды в озеро в среднем составляет 76,0 км³, из них 63,6 км³ (84%) поступает с реками. В расходной части, составляющей 73,6 км³ в год, основной объем приходится на сток р. Ангары – 58,9 км³ (80%).

Представленные данные указывают на преобладание приходной части водного баланса над расходной. Средняя величина невязки баланса за рассматриваемый период с учетом аккумуляции составляет 2,3 км³/год, что эквивалентно слою воды высотой около 7 см, а максимальная достигает 5-6 км³/год (20 см). Из 47 рассматриваемых лет невязка в 37 случаях была положительной. Внутри года наименьшая сходимость прихода-расхода воды характерна для летних месяцев.

Охарактеризованная ситуация является следствием недостаточной точности определения элементов водного баланса оз. Байкал и, в первую очередь, его основных компонентов – притока и стока. Мнение исследователей по этому поводу не совпадает: одни склонны считать некорректным определение притока воды в озеро, другие видят причину в недоучете (занижении) стока через Иркутскую ГЭС. При сведении баланса, в зависимости от этого, на величину невязки либо уменьшается приток, либо увеличивается сток.

Для устранения указанной неопределенности, необходимо, как минимум, проведение натурной тарировки турбин Иркутской ГЭС, хотя в уточнении нуждаются и остальные элементы водного баланса Байкала. В частности, надежность измерений притока снизилась из-за сокращения числа пунктов наблюдений и их технического оснащения. До сих пор остается открытым вопрос о включении в баланс подземного притока в озеро, составляющего по Б.И. Писарскому 1,64 км³/год, а стандарты расчетов тепло- и влагооборота разработаны для равнинных водоемов европейской части России.

Указанные обстоятельства следует учитывать при выполнении балансовых расчетов тех видов вещества и энергии в Байкале, которые опосредованы через составляющие прихода и расхода воды.

CURRENT CHEMICAL OUTPUT OF THE ANGARA RIVER Sorokovikova L.M., Sinyukovich V.N., Domysheva V.M.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia lara@lin.irk.ru

The Angara River flows out from Lake Baikal and throughout 1779 km flows into the Yenisei River. The output of solutes with the riverine waters in the Angara origin is well studied being better known as the chemical output from the lake. According to the published materials it is estimated to be 5-6 million tons / year having relatively small interannual and seasonal variations that occur in response to the changes in the water content. Slight variability in the chemical riverine output is a consequence of the stable ion composition of Baikal waters for which the published differences in the concentrations of individual elements during different periods are often caused by using different methods of examination.

Downstream the Angara River, its hydrochemical regime and the water chemistry were studied mainly for reservoirs, whereas the total output of ions in the river's mouth is, according to the published data available (Resursy. .., 1972), 10.6 million tons / year. However, this estimate is not consistent with the increasing content of total dissolved solids (TDS) from the river's source to its lower reaches from 95-96 to 150-160 mg / l, reported by some authors (Glazunov, 1963; Egorova, Strizhova, 1985; Sorokovikova, 1993). Even while maintaining the original (Baikal) TDS of the Angara river water, the chemical output must be at least 15 million tons / year due to 2.5 times increased water content at the river mouth.

Our investigations of the chemistry of riverine water in the area of the future Boguchanskiy reservoir and the downstream part of the river allow us to estimate the current chemical output of the Angara River. Some transformation of the water quality, which may occur after the completion of the Boguchanskiy reservoir would affect mainly the contents of nutrients. As to the major ions, the water transformation will be expressed predominantly in the smoothing of seasonal and interannual differences in their concentrations.

The data on the ions output with the Angara River at its source calculated from the published data (Koval et al, 2005; Domysheva, 2009) were compared with our estimates made for the alignment of the Boguchanskaya hydroelectric power station (HPS) located 455 km upstream the point where the Angara is flowing into the Yenisei River (Table). These estimates show that in the alignment area the output of riverine solutes already exceeds 15 million tons / year. In the lower reaches of the Angara, the output of chlorides, sulfates, sodium and potassium ions significantly increases due to higher concentrations of these components resulted from the water input with tributaries and man-made factors.

The output of silicon has increased 1.8 times, however its value is less than what would be expected from the increased water content and the concentrations recorded in the waters of flowing into tributaries. The relative decrease in the output of silicon, nitrogen, and phosphorus is associated with their consumption by the phytoplankton, actively developing in the reservoirs of the Angara cascade (Vorobyeva, 1995).

To assess the chemical output of the Angara River in its mouth, we used the increase in water content in the river part from the alignment of the Boguchanskaya HPS to the confluence of the Yenisei, the water

chemistry of the Angara River in its mouth (Sorokovikova, 1993) and of the tributaries flowing into at the lower part of the river. The water chemistry of the Taseevo River, the major tributary supplying almost 2 / 3 of the growth of water content, was estimated from the corresponding parameters of the Rivers Uda and Birusa, whose junction formes the Taseevo River. There is similar absolute and relative content of chemical components in the waters of the Rivers Angara and Taseevo. The results of calculations show that the Angara River enter about 20 million tons / year of dissolved substances into the Yenisei River, which is almost twice higher compared to the previously reported (Resursy.., 1972) data.

The aligement /	Major ions, mln tons/year / Главные ионы, млн т/год						Nutrients, ktons/year / Биогенные элементы, тыс. т/год			
Створ	HCO ₃	SO4 ²⁻	Cl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	The total amount of ions	NO ₃ P	PO4 ³⁻	Si
River head / Исток ¹	3,68	0,33	0.03	0.86	0,19	0,24	5,34	20 ²	1,8 ²	65 ²
river head / Исток ³	3,85	0,31	0,02	0,95	0,18	0,25	5,56	21	2,0	67
Boguchanskaya HPS / Богучанская ГЭС	9,30	1,69	0,62	2,32	0,58	0,98	15,5	24	2,4	120

Table 1. The current chemical out	put of the Angara River ((Современный химический сто	ок р. Ангары).

¹ - Koval et al., 2005; ² - averaged from the published data; 3 - Domysheva, 2009 (¹ - Коваль и др., 2005; ² - осредненные по литературным источникам; ³ – Домышева, 2009)

ХИМИЧЕСКИЙ СТОК Р. АНГАРЫ В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД Сороковикова Л.М., Синюкович В.Н., Домышева В.М.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Река Ангара вытекает из оз. Байкал и через 1779 км впадает в Енисей. Вынос растворенных веществ рекой достаточно хорошо изучен в ее истоке и больше известен как химический сток из оз. Байкал. По литературным данным он оценивается в 5-6 млн. т в год и отличается сравнительно небольшими межгодовыми и сезонными колебаниями, происходящими в соответствии с изменениями водности. Незначительная вариабельность химического стока реки является следствием стабильности ионного состава байкальских вод, для которых различия в содержании отдельных элементов в разные периоды зачастую обусловлены использованием авторами различных методов определения компонентов.

Ниже по течению Ангары ее гидрохимический режим и состав воды исследованы в основном для водохранилищ, а общий ионный сток реки по имеющимся литературным данным (Ресурсы..., 1972) в устье составляет 10,6 млн т/год (10,7 -10,8 млн т с пересчетом на гидрокарбонаты). Однако данная оценка не согласуется с наблюдающимся (Глазунов, 1963; Егорова, Стрижова, 1985; Сороковикова, 1993) ростом минерализации воды р. Ангары от истока к низовьям от 95-96 до 150-160 мг/л и с этих позиций представляется явно заниженной. В действительности, даже при сохранении исходной (байкальской) минерализации ангарских вод химический сток реки только за счет увеличения в 2,5 раза ее водности должен составлять к устью не менее 15 млн т/год.

Проведенные нами исследования химического состава воды р. Ангары в зоне будущего Богучанского водохранилища и на нижележащем участке, позволяют оценить химический сток реки в современный период. Некоторая трансформация качества вод, которая может иметь место после заполнения Богучанского водохранилища, больше коснется содержания биогенных элементов, а для основных компонентов ионного состава будет выражаться преимущественно в выравнивании сезонных и межгодовых различий их концентраций.

Ниже приведены сравнительные данные по ионному стоку р. Ангары в истоке, рассчитанные по результатам исследований (Коваль и др., 2005; Домышева, 2009), с полученными нами оценками для створа Богучанской ГЭС, из которых видно, что вынос рекой растворенных веществ за 455 км до впадения в Енисей составляет уже порядка 16 млн т/год. В нижнем течении Ангары значительно увеличивается сток хлоридов, сульфатов, натрия и калия, что обусловлено повышением концентраций этих компонентов за счет поступления с водами притоков и антропогенных факторов.

Из биогенных элементов значительно увеличился вынос кремния в 1,8 раза, но его величины меньше тех, которые можно было ожидать из объемов увеличения водности и концентраций в воде, впадающих притоков. Снижение объемов стока кремния, азота и фосфора связано с потреблением их фитопланктоном, развитие которого в водохранилищах ангарского каскада достигает значительных величин (Воробьева, 1995).

Для оценки химического стока р. Ангары (в устье) мы исходили из объема увеличения водности реки от створа Богучанской ГЭС до впадения в Енисей, химического состава вод р. Ангары в устье (Сороковикова, 1993) и притоков, впадающих в нее на нижнем участке. Химический состав воды основного притока, р. Тасеевой, на которую приходится почти 2/3 прироста водности, оценен по соответствующим параметрам рр. Уды и Бирюсы, после слияния которых и образуется р. Тасеева. Абсолютное и относительное содержание химических компонентов в воде рр. Ангары и Тасеевой близкое. В результате, расчеты показали, что с водами р. Ангары в Енисей поступает около 20 млн т/год растворенных веществ. Современный химический сток р. Ангары.

PECUIARITIES OF FORMATION OF THE MIXING ZONE OF RIVERINE AND LAKE WATERS IN THE BARGUZIN BAY OF LAKE BAIKAL

Sorokovikova L.M., Tomberg I.V., Sinyukovich V.N., Sez'ko N.P., Dolya I.N.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

<u>kaktus @lin.irk.ru</u>

Transformation of the waters of the Barguzin River at its flowing into Lake Baikal is determined by a complex of hydrometeorological factors, including the water input, the content of total dissolved solids (TDS), and temperature of mixed waters. The influence of each factor is characterized by substantial variability over time, which determines specific features of the formation of the zone of riverine and lake waters mixing in the Barguzinsky Bay.

The content of TDS in the Barguzin River waters mostly (except for high floods) exceeds that in Lake Baikal: 120-210 and 96 mg / L, respectively. Riverine waters entered the bay are carried by the constant current from the the river mouth along the north-eastern and northern shores towards the cape Nizhnee Izgolovie of the Svyatoi Nos peninsula. The prevailing wind conditions in the area also help to keep the main flow of the riverine waters near the northern shore of the bay.

In June, penetration of riverine waters into the central part of the bay is limited by the thermal bar. As the water warms, a direct thermal stratification is established contributing to the spread of the warm Barguzin waters along the bay surface for rather long distance from the river mouth. The penetration of colder Baikal waters into the bay leads to decrease of the mixing zone. In autumn, the Barguzin waters are again blocked in the coastal strip due to the autumn thermal bar.

Specific features of the mixing zone formation in the Barguzinsky Bay were revealed when analyzing the data obtained in periods (July 2004 and July 2007), characterized by different water contents in the Barguzin River. The completeness of the transformation of riverine water masses into the lake waters was estimated via a share of lake water (K_{oz}) involved in the mixing (Sinyukovich et al., 2008). At some point of the mixing zone, K_{oz} depends on the concentration of the given conservative component measured at this point (C_{mix}), on its initial concentration in the riverine (C_R) and lake (C_L) waters:

$$K_{oz} = (C_R - C_{mix}) / (C_R - C_L).$$

It was revealed that the concentrations of major ions in the mixing zone vary linearly with increasing K_{oz} , suggesting the predominant mechanism of mixing to be a simple dynamic mixing of water masses. With regard to nutrients, their content (except for silicon) often varies linearly with distance from the the river mouth, pointing to the likelihood of its biological consumption, which is confirmed by the data on biomass and abundance of the phytoplankton (Sorokovikova et al., 2005).

The results of calculations show that the set of hydrometeorological conditions and peculiarities of the chemical composition of water masses involved in mixing, define the local distribution of riverine and mixed waters in the Barguzinsky Bay. The most intensive transformation of the chemistry of riverine waters occurs at a distance of no more than 1-3 km from the river mouth. Other things being equal, the more water discharge of the Barguzin river, the more intrusion of the riverine waters into the bay. Differences in both temperature and TDS of riverine and lake waters result in appearance of vertical and spatial inhomogeneities within the mixing zone.

This approach allowed us to estimate the extent of mixing zone and its fluctuations in the areas of major tributaries of Lake Baikal (Tomberg, 2008) as well as to reveal the most representative indices, which characterize the chemistry of riverine and lake waters: the concentrations of sulfates and the total content of ions. When there is insufficient contrast between C_p and C_{mix} , it is advisable to use another controllable parameter or additional characteristics of the water (temperature, turbidity, etc.). Understanding of the processes occurring within the zone of riverine and lake waters mixing allows to evaluate the direction of possible ecological changes both in the areas near the rivers' mouths and in adjacent regions of the lake.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОНЫ СМЕШЕНИЯ РЕЧНЫХ И ОЗЕРНЫХ ВОД В БАРГУЗИНСКОМ ЗАЛИВЕ БАЙКАЛА

Сороковикова Л.М., Томберг И.В., Синюкович В.Н., Сезько Н.П., Доля И.Н.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск, Россия

Трансформация вод р. Баргузин при впадении в оз. Байкал определяется целым комплексом гидрометеорологических факторов, среди которых важное место принадлежит объему речного стока, минерализации и температуре смешиваемых вод. Влияние каждого из факторов отличается существенной изменчивостью во времени, что определяет сложный характер формирования зоны смешения речных и озерных вод в Баргузинском заливе.

Минерализация воды р. Баргузин в основном, за исключение высоких паводков, выше байкальской - 120-210 и 96 мг/л соответственно. Речные воды в заливе переносятся постоянным течением от устья вдоль северо-восточного и северного берегов к м. Ниж. Изголовье полуострова Святой Нос.

Преобладающие в районе ветровые условия также способствуют удержанию основного потока речных вод у северного берега залива.

В июне проникновение речных вод в центральную часть залива ограничивается термобаром. По мере прогрева вод устанавливается прямая температурная стратификация, способствующая распространению теплых баргузинских вод по поверхностности на значительное расстояние от устья реки. Проникновение более холодных байкальских вод в залив приводит к уменьшению зоны смешения в центральной его части. В осенний период воды р. Баргузин вновь блокируются в прибрежной полосе в связи с развитием осеннего термобара.

Проведен анализ особенностей формирования зоны смешения речных и озерных вод в Баргузинском заливе при различной величине водного стока в июле 2004 и 2007 гг. Полнота трансформации речных водных масс в озерные оценивалась через долю озерной воды в некоторой точке зоны смешения в зависимости от измеренной концентрации (С_{см}) заданного консервативного компонента в данном месте, его исходного содержания в речной (С_р) и озерной (С_{оз}) воде

$$K_{o3} = (C_p - C_{cM})/(C_p - C_{o3}),$$

где К_{оз} – доля озерных вод, участвующих в смешении (Синюкович и др., 2008).

Анализ полученных материалов показал, что концентрации компонентов основного ионного состава в зоне смешения по мере увеличения доли озерной воды изменяются по линейному закону, свидетельствуя о преобладании механизма простого динамического перемешивания водных масс. Содержание же биогенных элементов, за исключением кремния, с удалением от устья реки чаще всего меняется нелинейно, указывая на возможность потребления данных ингредиентов, в частности фитопланктоном, что подтверждают данные о его биомассе и численности (Сороковикова и др. 2005).

Результаты выполненных расчетов показывают, что совокупность гидрометеорологических условий и особенности химического состава водных масс, участвующих в смешении, определяют локальное распределение речных и смешанных вод в Баргузинском заливе. Наиболее интенсивное преобразование химического состава речных вод происходит на расстоянии, не превышающим 1-3 км от устья реки. При прочих равных условиях, их интрузии в залив увеличиваются вместе с ростом расходов воды р. Баргузин. Различия в температуре и минерализации речных и озерных вод обусловливают наличие вертикальных и пространственных неоднородностей в пределах зоны смешения.

Данный подход позволил оценить линейные масштабы зон смешения и их динамику в районах влияния стока других крупных притоков Байкала (Томберг, 2008), а также выявить наиболее репрезентативные для индикации озерных и речных вод показатели их количественного состава концентрации сульфатов и суммарное содержание ионов. Кроме того, в периоды недостаточного контраста С_р и С_{оз} показана целесообразность перехода на другой контролируемый показатель, или использования дополнительных характеристик их состояния (температура, мутность и др.). Кроме того, направленность процессов в зоне смешения речных и озерных вод, позволяют оценить направление развития возможных экологических изменений как в приустьевой области рек и прилегающих районах озера.

THE STATUS OF INHERENT OPTICAL PROPERTIES (IOP) OF THE BAIKAL NEUTRINO TELESCOPE WATER ENVIRONMENT RESEARCHES

Tarashchansky B.A., Mirgazov R.R., Ryabov E.V., Yagunov A.S.

Applied Physics Institute, Irkutsk State University, 1, K. Marx St., Irkutsk 664003, Russia

The Baikal neutrino telescope NT200+ purposes to study natural flows of high-energy and super high-energy cosmic particles. A functioning body of the telescope is the Baikal deep waters, inherent optical properties (IOP) of them are used in model calculations during data procedure. The paper presents a short description of methods and equipment we used, main obtained results, tendency of IOP behaviour and some data still not explained.

Absorption coefficient

The coloured area in Fig. 1 exhibits limits of likely variations in the light absorption coefficient spectrum of NT200+ water environment obtained still 1987. For comparison, the spectra of the "pure" water (Tam, Patel) and pure marine water (Pelevin, Rostovtseva) are given. An abrupt (almost twice) decrease of the blue-green part of the spectrum (Fig. 1, curves 1992y and 2001y) was detected with 4-5-year period.

An absorption coefficient gradient, measured during the expedition, was not exceeded as a rule 20% along the depth, but sometimes it could reach 100%, maximal at up to the 50m depth.

Dissolved organic matter absorb mainly in the short wavelength part of the spectrum. The main contribution to the light absorption in the red spectral part was caused by the "pure" water, but sometimes $\alpha(691)$ exceeded α p.w.(691) = 0.5 by 10-20% as well as we met cases when light absorption coefficient in the Baikal water were lower than 0.5 and out the statistical errors.

Scattering coefficient

A diapason of likely changes in the scattering length for the blue-green light in the water medium close to NT200+ is 70 to 100 m. The total gradient of its depth dependence can reach 30. At depths of 800 to 1000 m

we detected local short-lived decreases of the scattering length equal to 20-30 m. The scattering spectrum is approximated by the function λ^{-1} and sometimes significant local extremes appear on the spectrum.

Twice in 1997 and 2002, we observed long-lived decreases of the scattering length. In the first case, 4 to 6 m, its duration equalled 8 months and in the other case, 15 to 20 m, 4 months. It is peculiar that the absorption length was almost constant in its growth phase. This testified to a fact that suspended particles were large and low-absorbed light.

Scattering phase function

The phase function reflexes dependence between scattering probability of non-polarised light and angle. An average cosine of scattering angles for the water medium close to NT200+ has been found to equal 0.85±0.05 while an asymmetric coefficient varied in limits of 5 to 10. But the latter can reach several hundreds. The scattering phase function is a fast decreasing function which exhibits its fine structure at angle resolution enough high and this fine structure depends on the light wave-length. Also it is possible to consider a scattering spectrum at a fixed angle.

Devices and results

All the main results were obtained using the device ASP-15. Because it needed to be substituted, we tested a new device, BAIKAL-4D (deep), intended to measure continuous absorption and scattering spectra. Fig. 2 shows fragments of the two scattering spectra prepared one hour one after other at the 80m depth. The obtained results exhibit their due fine structures and high resolution. We plan to develop it farther and design its more simple modification.

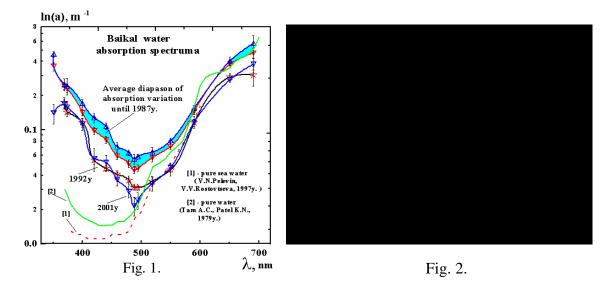
These devices are not able to function within the photic zone as well as in laboratory conditions. So we found in principle different physical and technical solution allowed us to create a universal device for measuring all the optical characteristics.

Conclusion

During the works on this topic, new methods of long-term monitoring of the water-medium and measurement its optical properties were developed and the experimental data were collected. Their analysis shows that there are rare periods when the optical properties are significantly changed that relates to the biological activity of Lake Baikal.

Model calculations, using temporal average values of IOP good fit to the experimental telescope data.

Our intension toward measurements of optical properties in details is dictated from necessity to get more information about processes in natural water-bodies that is important in order to effectively use natural resources. To day, our measurements become more full, more informative, and methodically more perspective to carry out the monitoring.



СТАТУС ИССЛЕДОВАНИЙ ГИДРООПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДНОЙ СРЕДЫ БАЙКАЛЬСКОГО НЕЙТРИННОГО ТЕЛЕСКОПА Таращанский Б.А., Миргазов Р.Р., Рябов Е.В., Ягунов А.С.

ГОУ ВПО "Иркутский Государственный Университет", НИИ прикладной физики, 1, ул. К. Маркса, Иркутск 664003, Россия

Байкальский нейтринный телескоп HT200+ предназначен для исследования природных потоков космических частиц высоких и сверхвысоких энергий. Рабочим телом телескопа является глубинная байкальская вода, оптические свойства которой закладываются в модельные расчеты при обработке данных. В статье кратко изложены используемые методы и приборы, рассмотрены основные полученные результаты и закономерности в поведении ПГХ, а также данные, не нашедшие окончательного объяснения.

Показатель поглощения

Окрашенная область, приведенная на Рис.1 (Fig. 1), демонстрирует пределы наиболее вероятных изменений спектра показателя поглощения света в водной среде HT-200+, наблюдаемые с 1987г. Для сравнения приведен спектр для «чистой воды» (Tam, Patel) и для наиболее чистой морской воды (Pelevin, Rostovtseva).

С периодичностью 4-5 лет наблюдается резкое (почти в два раза) уменьшение показателя поглощения в коротковолновой части спектра (Fig. 1. кривые 1992у и 2001у.).

Градиент показателя поглощения с глубиной, измеряемый в экспедиционный период, как правило, не превышает 20%, но иногда может достигать 100%, максимальный градиент наблюдается на глубинах до 50м.

Растворенная органика, ответственна за поглощение, в основном в коротковолновой области. Главный вклад в поглощение света в красной области спектра дает "чистая вода", однако, не редко $\alpha(691)$ превышало α p.w.(691) = 0,5 на 10-20%, а также отмечены случаи, когда показатель поглощения света в байкальской воде был меньше 0,5 на величину, превышающую статистическую погрешность.

Показатель рассеяния

Диапазон наиболее вероятных изменений длины рассеяния сине-зеленого света в водной среде NT-200+ составляет 70 – 100м. Общий градиент глубинной зависимости может достигать 30. На горизонтах 800м – 1000м наблюдались кратковременные уменьшения длины рассеяния до 20 - 30м. Спектр рассеяния апроксимируется функцией $\lambda_{..}^{.1}$ иногда на спектре проявляются заметные локальные экстремумы.

Дважды (1997г. и 2002г.) нами наблюдалось продолжительное уменьшение длины рассеяния. Так в первом случае она составляла 4 - 6м в течение 8-ми месяцев, во втором – 15 -20м в течение 4-х месяцев. Характерно, что показатель поглощения в период роста рассеяния практически не менялся, это свидетельствует о том, что взвесь крупная и слабо поглощает свет.

Индикатриса рассеяния

Индикатриса отражает зависимость вероятности рассеяния неполяризованного света от угла. Средний косинус угла рассеяния водной среды HT200+ лежит в интервале 0,85±0,05, коэффициент асимметрии колеблется в пределах 5 – 10. В поверхностных водах коэффициент асимметрии может достигать нескольких сотен. Индикатриса рассеяния является быстропадающей функцией, в которой при достаточно высоком угловом разрешении проявляется заметная тонкая структура, которая в свою очередь зависит от длины волны падающего света. Можно также рассматривать спектр рассеяния на фиксированный угол.

Приборы и результаты

Все основные результаты были получены с помощью прибора ASP-15, который нуждается в замене. В 2010г. прошел успешные испытания новый прибор BAIKAL-4D (deep), предназначенный для измерения непрерывных спектров поглощения и рассеяния. На Рис.2 (Fig. 2) показаны фрагменты двух спектров рассеяния, измеренные с интервалом ~1 час на глубине 80м. Полученные результаты говорят о наличие ожидаемой тонкой структуры и о высокой чувствительности прибора. Планируется его дальнейшее совершенствование, а также разработка более простой модификации.

Данные приборы не могут работать в фотической зоне, а также в лабораторных условиях, поэтому найдено принципиально иное физическое и техническое решение, позволяющее создать универсальный прибор для измерения всего комплекса оптических характеристик.

Выводы

За время работ по данной тематике найдены методы долговременного мониторинга оптических свойств водной среды, накоплен некоторый экспериментальный материал, из анализа которого следует, что существуют редкие периоды заметных изменений оптических свойств, связанных с биологической активностью озера.

Модельные расчеты с подстановкой средних за определенный период времени оптических свойств, неплохо согласуются со средними же экспериментальными данными телескопа.

Стремление к детализации оптических измерений продиктовано необходимостью получить наиболее полную картину процессов, происходящих в природных водоемах, что важно в целях эффективного природопользования. На сегодняшний день наши измерения являются наиболее комплексными, наиболее информативными и методически наиболее перспективными для мониторинга.

PHYSICAL AND CHEMICAL PROCESSES WITHIN THE MIXING ZONES "RIVER-LAKE" IN BAIKAL Tomberg I.V., Sorokovikova L.M., Popovskaya G.I., Chebykin E.P., Bashenkhaeva N.V.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia kaktus@lin.irk.ru

The concept of the geochemical barrier zone is designed for conditions of interaction within the "river - sea" system, where the substances entered with the riverine waters are intensively transformed under the influence of physical, chemical, and biological processes (Lisitsyn, 1994). At this, the waters significantly different in their chemistry and the content of total dissolved solids (TDS) are mixed. In case of the input of riverine waters into

fresh water body, transformation of their composition has its own peculiarities, which are the subject of this study.

The comprehensive studies in the areas of confluence of major Lake Baikal tributaries - the Rivers Selenga, Barguzin, and Upper Angara - were conducted in 2003-2007. Lake Baikal is the ultra fresh water body, the TDS content in its waters remains fairly constant during a year and does not exceed 96 mg/L. At the same time, TDS in fluvial waters of the Rivers Selenga and Barguzin varies 90 to 280 mg/L during a year, depending on the water content and conditions of feeding; in the waters of the Upper Angara River TDS varies 60 to 120 mg/L.

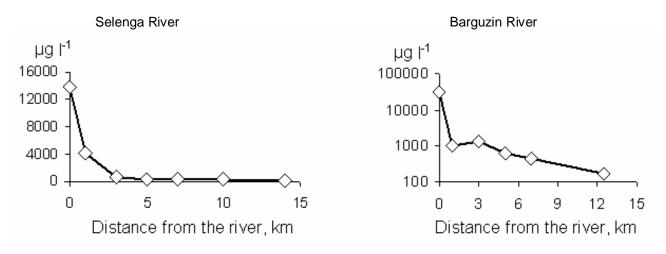
The input of riverine waters into the lake was accompanied by a decrease in the rate of drain current and formation of hydrodynamic barrier (Sherstyankin et al., 2007), which resulted in "avalanche sedimentation" of suspended paticles entering with riverine waters (Fig. 1). Within the first kilometer off shore from the mouth of the Kharauz River, a channel of the Selenga River delta, the content of suspended particles has decreased 3.5 times in comparison with the Selenga water. In the Barguzinsky Bay, the system of currents leads to the water transfer from the mouth mostly along the northern shore. Therefore, the amount of suspended particles at 1 km distance from the mouth of the river reduced 30 times, while at the same distance in the jet of major flow it decreased 7 times.

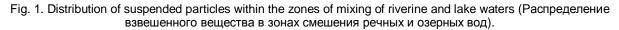
Reducing of the currents velocity, the release of water masses from suspended particles, as well as increasing water transparency contribute to creation of favorable conditions for the plankton development. As a result, at a distance 1-2 km from the rivers mouths, a biological barrier was formed, which is characterized by the maximum number and biomass of phytoplankton and the lowest concentrations of nutrients compared with the river and adjoin areas of the lake (Fig. 2).

Increased number and biomass of phytoplankton has resulted in qualitative and quantitative changes in the composition of organic matter in shallow water. In summer, share of easily hydrolyzed organic matter reached 70% within the mixing zone. In winter, the concentrations of nitrogen and phosphorus compounds within the mixing zone have increased approximately 20-40%. This may be because of degradation of organic matter, as well as due to the nutrients input with the underflow discharge, which occurrs, according to (Mizandrontsev et al., 1964), in a zone of sands distribution within the delta.

In summer, up to 30% of nitrate nitrogen and 50% of inorganic phosphorus were involved into biological cycle through the consumption by phytoplankton and thus the lake received the waters, depleted in these components. Similar changes in the concentrations of nitrogen and phosphorus were observed in the zone of mixing of the Upper Angara and Baikal waters, where up to 65% of nitrogen and up to 55% of the mineral phosphorus were involved in summer biological cycle. In the mixing zone of the Barguzin River, the concentration of nitrate nitrogen decreased by 30%, inorganic phosphorus by 80%. Variations in the silicon concentrations within the near mouth area were determined by dynamic mixing of riverine and lake waters, thus indicating the insignificant influence of diatom algae on the dynamics of dissolved silicon in the mixing zone.

Thus, in the zones of mixing of low-mineralized riverine and lake waters, deposition of suspended particles occurrs as a result of the drain current decay. Fluctuations in the concentrations of major ions and silicon are determined mainly by dynamic mixing of water masses, whereas the concentrations of nitrogen and phosphorus are strongly affected by biological processes.





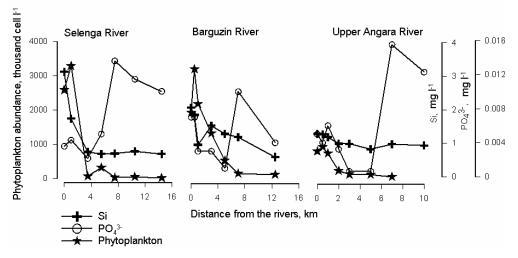


Fig. 2. The concentrations of nutrients and abundance of the riverine phytoplankton in the zone of mixing of riverine and lake waters (Изменение концентраций биогенных элементов и численности речного комплекса фитопланктона в зоне смешения речных вод с озерными).

ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЗОНАХ СМЕШЕНИЯ ВОД ПРИТОКОВ И ОЗ. БАЙКАЛ Томберг И.В., Сороковикова Л.М., Поповская Г.И., Чебыкин Е.П., Башенхаева Н.В.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск, Россия

Представление о геохимической барьерной зоне на переходе от суши к водоему разработано для условий взаимодействия в системе «река – море», где под влиянием физических, химических и биологических процессов осуществляется активная трансформация веществ, поступающих с речным стоком (Лисицын, 1994). При этом происходит смешение вод, существенно различающихся по химическому составу и уровню минерализации. В случае поступления речных вод в пресный водоем преобразование их состава имеет свои особенности, которые послужили предметом данных исследований.

Байкал - ультрапресный водоем, минерализация его вод в течение года остается практически постоянной и не превышает 96 мг/л.

Комплексные исследования в районах впадения главных притоков озера - Селенги, Баргузина и Верхней Ангары проводились в 2003-2007 гг. Минерализация вод р. Селенги и р. Баргузин в зависимости от водности и условий питания изменялась в течение года от 90 до 280 мг/л, а р. Верхней Ангары – от 60 до 120 мг/л.

Поступление речных вод в озеро сопровождалось снижением скорости стокового течения и образованием гидродинамического барьера (Шерстянкин и др., 2007), что вызывало в зоне смешения «лавинную седиментацию» взвешенных веществ, поступающих с речным стоком (Fig. 1). В пределах первого километра от устья протоки Харауз содержание взвесей по сравнению с таковым в воде р. Селенги снизилось в 3,5 раза. В Баргузинском заливе система течений приводит к переносу вод р. Баргузин от устья в основном вдоль северного берега. В связи с этим при удалении на 1 км от устья к центру залива количество взвеси снижается в 30 раз, тогда как на том же расстоянии в струе основного потока – в 7 раз.

Снижение скорости течения, освобождение водных масс от взвеси и повышение прозрачности воды, способствовало созданию благоприятных условий для жизнедеятельности планктона. В результате на расстоянии 1-2 км от устьев рек формировался биологический барьер, где в сравнении с рекой и участками открытого Байкала отмечена максимальная численность и биомасса фитопланктона и наименьшая концентрация биогенных элементов (Fig. 2).

Увеличение численности и биомассы фитопланктона обусловило качественные и количественные изменения в составе органического вещества на мелководье. В зоне смешения доля легкогидролизуемого органического вещества (по отношению БПК₅/ХПК) в летний период достигала 70%.

Данные о распределении азота и фосфора в зоне смешения речных вод с озерными позволили дать количественные оценки их изменений. В зоне смешения вод р. Селенги и озерных в зимний период наблюдалось увеличение концентрации азота и фосфора приблизительно на 20-40 %, что может быть связано с деструкцией органического вещества, а также с поступлением их с подрусловым стоком, разгрузка которого происходит в зоне песков авандельты (Мизандронцев и др., 1964). В летний период в результате потребления фитопланктоном до 30 % нитратного азота и 50 % минерального фосфора вовлекалось в биологический круговорот, и в озеро поступали воды, обедненные их минеральными формами.

Аналогичные изменения концентраций азота и фосфора отмечены в зоне смешения вод Верхней Ангары и Байкала, где летом в биологический круговорот вовлекалось до 65 % нитратного азота и до 55

% минерального фосфора. В зоне смешения вод р. Баргузин концентрации нитратного азота снижались на 30 %, минерального фосфора на 80%. Изменение концентраций кремния в приустьевой области определялось динамическим перемешиванием речных и озерных вод. Это позволило сделать вывод о небольшом влиянии диатомовых водорослей на динамику растворенного кремния в зоне смешения.

Таким образом, в зонах смешения маломинерализованных речных и озерных вод происходит осаждение взвешенных веществ в результате затухания стокового течения. Изменения концентраций главных ионов и кремния определяются в основном динамическим перемешиванием водных масс, а на концентрации азота и фосфора значительное влияние оказывают биологические процессы.

UPWELLINGS IN LAKE BAIKAL

Troitskaya E.S., Shimaraev M.N., Zhdanov A.A., Zhdanova R.N., Salva E.V., Gnatovsky R.Yu., Ivanov V.G., Blinov V.V., Budnev N.M.*

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia *Applied Physics Institute, Irkutsk State University, 1, K. Marx St., Irkutsk 664003, Russia troitca@lin.irk.ru

It is presented research results of upwelling zones forming in the coastal and pelagic areas of Lake Baikal in this paper. Information about temporal and spatial scales of upwelling, the values of temperature decrease in upwelling zones and typical velocities of geostrophic currents is obtained. Areas, where upwelling develop mostly, are determined and reasons of upwelling zones generation in Lake Baikal are discussed.

Analysis carried out with water temperature data, getting during expeditions around the all lake Baikal in 2002-2009; water temperature measurements from three mooring stations located near Baikal deepwater neutrino telescope NT-200+ in 2004-2009; long-term (1941-2005) water temperature observations at the pier of LIN SB RAS in Listvyanka settlement (Southern Baikal); transect measurements in Listvenichnoye bay carried out four times every day of May-December 1957; satellite data during shipping season of 1996-1999 years and August 2002.

This work was supported by the Program of the Fundamental Research of RAS Presidium (Project 20.11), RFBR Grant 09-05-00222 and the Federal Target Program "Research and Training Specialists in Innovative Russia, 2009-2013" (Contract GK 02.740.11.0018, P1242, P2504).

АПВЕЛЛИНГИ В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ

Троицкая Е.С., Шимараев, М.Н., Жданов А.А., Жданова Р.Н., Сальва Е.В., Гнатовский Р.Ю., Иванов В.Г., Блинов В.В., Буднев Н.М.*

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия ГОУ ВПО "Иркутский Государственный Университет", НИИ прикладной физики, 1, ул. К. Маркса, Иркутск 664003, Россия

В докладе приводятся результаты исследования зон апвеллинга, формирующихся в прибрежных областях и в пелагиали озера Байкал. Получена информация о временных и пространственных масштабах явления, величине понижения температуры в зонах подъема вод и характерных скоростях геострофических течений. Определены районы, где апвеллинги развиваются чаще всего и обсуждаются основные причины формирования зон апвеллинга на Байкале.

Для анализа использованы данные о температуре воды, полученные в 2002-2009 гг. во время проведения экспедиционных работ по всему озеру Байкал; измерения температуры воды на трех буйковых станциях в районе Байкальского глубоководного нейтринного телескопа HT-200+ в 2004-2009 гг.; многолетние (1941-2005 гг.) наблюдения за температурой воды у пирса ЛИН СО РАН в пос. Листвянка (Южный Байкал); ежесуточные 4-х срочные измерения на разрезе в мае-декабре 1957 г. в заливе Лиственничный; данные спутниковых наблюдений в навигационный период 1996-1997 гг. и в августе 2002 г.

Работа выполнена в рамках проекта №20.11 программы фундаментальных исследований Президиума РАН и при финансовой поддержке РФФИ №09-05-00222 и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг. (ГК № 02.740.11.0018, П1242, П2504).

NUMERICAL MODELING IN STUDIES OF MECHANISMS FORMING CIRCULATION, TEMPERATURE REGIME, AND ADMIXTURE DISTRIBUTION IN LAKE BAIKAL Tsvetova E.A.

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 6, Lavrent'ev av., Novosibirsk 630090, Russia

E.Tsvetova@ommgp.scc.ru

While modeling natural processes, main problems arise due to considerable difference in their horizontal and vertical scales. Thus, one should take into account that these scales for Lake Baikal differ from 70 to 600 times. It is meaningful that the lake is narrow and one horizontal scale is less than another by a factor of 10. More over, specific feature of the deep freshwater lake is in the fact that variations in the vertical temperature distribution of tenth and even hundredth of degree prove to be critical and define the water exchange in large

scales. It is seen that special demands to mathematical models as well as to the quality of their numerical realization should be required.

In the presentation numerical models of different complexity developed in ICMMG CB RAS are described. They are intended for studies of hydrodynamics and admixture transport in Lake Baikal.

The models of hydrodynamics of incompressible fluid are realized in two versions: hydrostatic and nonhydrostatic approximations. In the hydrostatic one the equation of vertical velocity is replaced by hydrostatic balance relation. Whereas the full equation are used in the nonhydrostatic version and there is a possibility of including two components of the Coriolis force. All other models' components are identical. These are the 3D non-stationary models with a free surface. Density changes dependent on temperature and pressure are considered in the nonlinear equation of state. Heat flux at the surface is calculated via the heat balance equation with the use of atmospheric data. Volume heat absorption in water is included. The conditions of dynamical interaction between the atmosphere and water are given by wind stress at the surface. The influence of input of big rivers and Angara outflow are taken into account. The processes of turbulent exchange are parameterized or calculated by known models.

There are a few models for admixture transport. As dictated by the statement of the problem, the processes of hydrodynamics and transport of admixtures are considered separately or jointly. In former case the admixture is considered as a tracer which has no influence on hydrodynamics. In latter case the presence of admixture changes the hydrodynamic characteristics of the surroundings. This is essential if solid, soluted or gas substances are considered. To assess the lake pollution, the transport models are used in Lagrangean and Eulerian statements in forward and inverse (adjont) modes.

In the presentation the results of numerical experiments with different models and different combination of parameters are given. In particular, such processes and phenomena as thermal bar, natural and forced convection, appearance and destruction of mid-depth temperature maximum, deep-water renewal, etc. are discussed.

The scenarios for calculation of large scale circulation and temperature distribution in Lake Baikal under variable time-space atmospheric impact are shown. Monte-Carlo method is used to form the scenarios of alternation and duration of typical wind fields. Unlike to a widespread opinion on the existence of "the stationary circle currents" in Lake Baikal, our numerical results with the use of all accessible data do not confirm their permanent presence. Wind is the main factor that defines the surface currents. It has very intense space-time variability. Therefore it is worth to say only about the systems of temporary changing circulation spatially bounded by natural shores of the lake.

Some results of calculations are demonstrated as computer animations.

The work is supported by Presidium of RAS under Program No 20, Mathematical Department of RAS under Program No 3, and RFBR grant 07-05-00673.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МЕХАНИЗМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ЦИРКУЛЯЦИИ, ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ ВОЗЕРЕ БАЙКАЛ Цветова Е.А.

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 6, пр. Лаврентьева, Нвосибирск 630090, Россия

Основные проблемы при моделировании природных процессов возникают из-за существенной разницы в их горизонтальных и вертикальных масштабах. Так, при моделировании гидродинамики озера Байкал приходится учитывать тот факт, что эти масштабы различаются примерно от 70 до 600 раз. Существенно также и то, что горизонтальные размеры озера различаются практически на порядок. Специфика этого уникального глубокого пресного водоема состоит еще и в том, что изменения температуры по вертикали в десятые и сотые доли градуса, оказываются критическими и определяют процессы водообмена в значительных масштабах. Из этих примеров видно, что возникают специальные тербования к математическим моделям и качеству их реализации на ЭВМ.

В докладе представлены численные модели различной степени сложности, разработанные в ИВМиМГ СО РАН, предназначенные для изучения гидродинамики и процессов переноса примесей в озере Байкал, а также приводятся некоторые результаты сценарных и тестовых расчетов по этим моделям.

Модели гидродинамики несжимаемой жидкости реализованы в двух вариантах: гидростатическом и негидростатическом приближениях. В гидростатическом приближении уравнение для вертикальной компоненты вектора скорости заменено на соотношение гидростатического баланса. Тогда как в негидростатическом варианте используется полное уравнение для вертикальной скорости и поэтому имеется возможность учета двух компонентов силы Кориолиса. Все остальные составляющие моделей совпадают. Это трехмерные нестационарные модели несжимаемой жидкости со свободной поверхностью. Нелинейное уравнение состояния учитывает изменение плотности в зависимости от температуры и давления. Приток тепла на поверхности водоема рассчитывается через тепловой баланс на границе раздела вода-воздух по атмосферным данным. Учитывается также объемное поглощение тепла водной толщей. Условия динамического взаимодействия с атмосферой задаются напряжением ветра на поверхности. Учтено также влияние крупных притоков, а также сток Ангары. Процессы турбулентного обмена либо параметризуются, либо рассчитываются по известным моделям.

Имеется несколько моделей переноса примесей. В зависимости от постановок задач процессы гидродинамики и переноса примесей рассматриваются как по отдельности, так и вместе. В первом случае примеси рассматриваются как трассер, не оказывающий влияния на гидродинамику. Во втором случае присутствие примесей изменяет гидродинамические характеристики среды. Это существенно, когда в качестве примесей рассматриваются твердые, растворенные и газовые субстанции. Для оценок загрязнения озера используются модели переноса примесей в рамках Эйлеровой и Лагранжевой формулировок в прямой и обратных (сопряженных) модах.

В докладе представлены результаты численных экспериментов с различными моделями и при различных сочетаниях параметров, участвующих в моделях. В частности, обсуждаются результаты моделирования термобара, естественной и вынужденной конвекции, возникновения и разрушения мезотермического максимума, процессы обновления глубинных вод и др. Обсуждаются сценарные расчеты по воспроизведению циркуляции и изменения поля температуры под действием изменяющихся в пространстве и времени атмосферных воздействий. Метод Монте-Карло используется для формирования сценариев чередования и продолжительности действия типовых ветровых полей. В отличие от сложившегося мнения о наличии в Байкале системы «постоянных круговых течений», математическое моделирование по нашим моделям с использованием всей доступной информации не подтверждает их постоянного присутствия. Главным фактором, определяющим поверхностные течения, является ветер, который, по имеющимся сведениям, обладает сильной пространственно-временной изменчивостью. Поэтому имеет смысл говорить лишь о системах временных изменяющихся циркуляций, пространственно ограниченных естественными геометрическими границами озера.

Некоторые результаты расчетов демонстрируются в виде компьютерных анимаций.

Работа выполняется по Программам РАН № 20 и ОМН РАН № 3, поддержана РФФИ (проект № 07-05-00673).

REGISTRATION OF CURRENTS WITH FREE-FLOATING DRIFTERS Zhdanov A.A., Granin N.G., Makarov M.M., Kucher K.M., Aslamov I.A. Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia andy @lin.irk.ru

A buoy (drifter) was designed and tested for measuring velocities of currents and surface and subsurface waves. The buoy consists of a microcontroller module, SD flash card for recording information, GPS receiver providing information on the buoy location, cell phone transmitting information from the buoy to the Internet, accelerometers for obtaining information on turbulence, and a thermistor chain of temperature sensors for providing information on subsurface waves (Fig. 1). Moreover, the buoy is equipped with underwater sail for measuring currents at different sites of the upper water layer of the lake.

Algorithm of the microcontroller module is as follows. After switching on the module, the controller starts up the GPS receiver and watches the readout of true coordinates and precise time. The controller activates GPSR terminal and registers in the Internet. Then every minute it transmits its coordinates and data on temperature from the thermistor chain to the server. Data from the accelerometer are collected with the 10 Hz frequency and archived into the intrinsic memory of the device. At the same time, UDP-stack operates on the controller. It reacts to the data from the Internet and interprets them as commands. This makes it possible to operate this autonomous module remotely.

The first launching of the drifter occurred at 3 p.m. in the middle of the transect Baikalsk-Matiruy on September 11 of 2008 (point 1, Fig. 2a). Measurements were stopped at 8 p.m. on September 12 (point 3). The drifter was twice at point 2 – at 10 a.m. on September 12 and 2 p.m. on September 9. The buoy performed two complete classical inertial loops with the shift towards the south-east for 29 hours of observations. The lake was calm during the first launching of the buoy. At 2 p.m. on September 12, the south-western wind slightly intensified (up to 1 m/s) causing insignificant turbulence of the lake. Current velocities were calculated from changes of the buoy coordinates (the depth of the underwater sail was 3 m). During the first experiment, they varied from 5 to 25 cm/s (the average velocity was 9 cm/s). Current directions changed with the inertial period of about 15 hours.

Two series of launching were carried out during the second experiment (Fig. 2b): first – 1 and 2 km off Bolshiye Koty, second – 7 and 9 km. During the first series buoys operated for 18 hours. During that time, they covered about 15 km along the shore towards Listvyanka. Despite the fact that the wind (5-10 m/s) changed its direction several times (first south-western, then north-western, and finally north-eastern), the buoys were drifting in accordance with the cyclonic circulation prevailing at that time of the year, i.e. the buoys drifted upwind. The current velocities reached 57 cm/s, average velocity of the first buoy (launched 1 km off the shore) was 20 cm/s, and of the second buoy (3 km off the shore) – 29 cm/s.

In the second series, buoys operated for 40 hours. The first buoy covered longer distance (7 km) than the second one: 30 and 22 km, respectively. During the first 20 hours, the lake was calm. Then the north-eastern wind intensified up to 7-8 m/s. Current velocities reached 65 cm/s, the average velocity of the first buoy (7 km)

being 25 cm/s and the second buoy (9 km) - 18 cm/s. Some changes of currents with the inertial period were recorded in the drift trajectory of the second buoy.

Thus, buoy launching in 2008-2009 showed that the currents with inertial periods prevail at low wind in the pelagic part of the lake. General cyclonic circulation dominates in the littoral zone of the lake when the water moves counterclockwise. The intensification zone of velocity current is located 3-7 km off the shore. Inertia of water movement occurs in drifts. In this case, however, inertial loops are open.

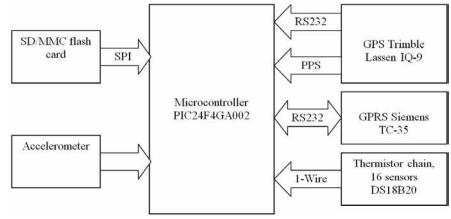


Fig. 1. Block scheme of autonomous microcontroller module (Блок схема автономного микроконтроллерного модуля).

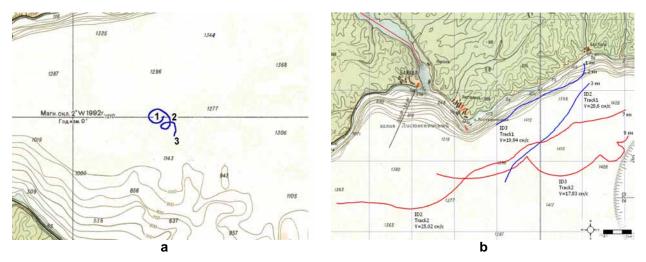


Fig. 2. Trajectory of buoy drift: **a** –in the middle of the transect Baikalsk-Marituy on 11-12 September of 2008, **b** – near Bolshiye Koty on August 30-September 2 (Траектория движения буя: **a** – 11-12.09.2008 г. на середине разреза г. Байкальск-п. Маритуй, **b** – 30.08-2.09.2009 г. у пос. Большие Коты).

РЕГИСТРАЦИЯ ТЕЧЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВОБОДНО ПЛАВАЮЩИХ ДРИФТЕРОВ Жданов А.А., Гранин Н.Г., Макаров М.М., Кучер К.М., Асламов И.А.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск, Россия

Сконструирован и опробован буй (дрифтер), который используется для измерения скорости течений, а также поверхностных и внутренних волн. Оборудование буя состоит из микроконтроллерного модуля, SD флэш карты для записи информации, GPS приемника, дающего информацию о положении буя, сотового телефона, позволяющего передавать информацию с буя в сеть интернет, датчиков ускорения, позволяющих получать информацию о волнении, и косы датчиков температуры, дающих информацию о внутренних волнах. Кроме того, для измерения течений на разных горизонтах верхнего слоя водной тощи озера буй снабжен подводным парусом.

Алгоритм работы микроконтроллерного модуля заключается в следующем. После включения модуля, контроллер запускает GPS приемник и ждет показаний истинных координат и точного времени. Затем контроллер активирует GPRS терминал и проводит регистрацию в интернет. После того как контроллер «выходит» в интернет, он начинает ежеминутно передавать на сервер свои координаты и данные о температуре с термокосы. Данные с акселерометра собираются с частотой 10 Гц и архивируются во внутреннюю память прибора. Одновременно на контроллер работает UDP-стек. Он реагирует на данные из интернета и интерпретирует их как команды, что позволяет удаленно управлять автономным модулем.

Первый запуск дрифтера был произведен в 15 часов 11.09.2008 (точка 1 на Fig. 2a) на середине разреза г. Байкальск – п. Маритуй, окончены измерения в 20 часов 12.09 (точка 3). В точке 2 дрифтер был дважды: сначала в 10 часов 12.09, затем в 14 часов 12.09. За 29 часов наблюдений буй почти полностью описал две классические инерционные петли со сдвигом на юго-восток. Во время первого запуска буя были штилевые условия. В 14 часов 12.09 произошло небольшое (до 1 м/с по среднечасовым значениям) усиление юго-западного ветра, что привело к незначительному усилению волнения. По изменениям координат буя (глубина подводного паруса 3 м) рассчитаны скорости течения. За время первого эксперимента они изменялись от 5 до 25 см/с при средней скорости 9 см/с. Изменения направления течений происходят с инерционным периодом около 15 часов.

Во время второго эксперимента (Fig. 2б) было произведено две серии запусков: первая – в 1 и 3 км от пос. Большие Коты, вторая – в 7 и 9 км. В первой серии буи отработали 18 часов. За это время они прошли около 15 км вдоль берега в сторону Листвянки. Несмотря на то, что ветер (5-10 м/с) за время наблюдений менял свое направление несколько раз (вначале юго-западный, затем северо-западный и в конце северо-восточный), дрейф буев проходил в полном соответствии с преобладающей в это время года циклонической циркуляцией, т.е. временами буи плыли против ветра. Скорости течения достигали 57 см/с, при средней скорости первого буя (запущен в 1 км от берега) 20 см/с, а второго (запущен в 3 км от берега) – 29 см/с.

Во второй серии буи отработали около 40 часов. При этом первый буй (7 км) проплыл больше второго:30 и 22 км, соответственно. Первые 20 часов второй серии стояло маловетрие, затем северовосточный ветер усилился до 7-8 м/с. Скорости течения достигали 65 см/с, при средней скорости первого буя (7 км) 25 см/с, а второго (9 км) – 18 см/с. В траектории движения второго буя прослеживаются изменения течений с инерционным периодом.

Таким образом, запуски буев в 2008-2009 гг. показали, что при маловетрии в пелагической части озера преобладают течения с инерционным периодом. В прибрежной части озера доминирует общая циклоническая циркуляция, при которой вода движется против часовой стрелки. При этом зона усиления скорости течения проходит в 3-7 км от берега. Инерционность движения воды проявляется и при дрейфовых течениях, однако в этом случае инерционные петли становятся незамкнутыми.

7. LACUSTRINE, MARINE AND GLACIAL HIGH-RESOLUTION RECORDS OF PALEOCLIMATES. ОЗЕРНЫЕ, МОРСКИЕ И ЛЕДОВЫЕ ВЫСОКОРАЗРЕШАЮЩИЕ ЛЕТОПИСИ ПАЛЕОКЛИМАТОВ.

RARE-EART AND RADIOACTIVE ELEMENTS IN BOGGY AND LACUSTRINE DEPOSITS OF HOLOCENE Bobrov V.A.

Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, 3, ac. Koptug av., Novosibirsk, 630090, Russia <u>bobr@uiggm.nsc.ru</u>

The distribution of natural radioactive (U, Th, K, ²¹⁰Pb), synthetically-radioactive ¹³⁷Cs, and rare-earth elements (lanthanide, Y, Sc) in buggy-lacustrine deposits (peat, sapropel) has been studied. The targets of investigations are the upland Bakchar-1 bog (the Large Vasyugan bog), valley (water) Elovochnoe bog (Ob'–Tom' interfluve), Kirek Lake (on the Ob' right bank), Beloe Lake (on the Ob' left bank). The first three targets are in the forest zone, and the fourth one is in the forest-steppe zone.

The time interval for revealing ²¹⁰Pb in peat and sapropel (determination with applied spectrometric instrumentation by gamma-line 46 kev) is assumed to be 100 years. Distributions of ²¹⁰Pb in peat layers from the valley bog and from sapropel allow one to recognize horizons of the XX century and subdivide these horizons into the first (prenuclear) half and the second (nuclear) one. The deposits recognized by us do not exceed 10-15 cm.

The distribution of ²¹⁰Pb in peat from the Bakchar-1 upland bog does not allow recognition of an interface between deposits of XIX and XX centuries due to seepage of atmospheric water (rainwater) in the upper weakly compacted horizons ("active layer"). In turn, the distribution of ¹³⁷Cs is controlled by the ash content and biochemical processes in surface (green) peat swamp layers, which mobilizes ¹³⁷Cs as well as ⁴⁰K needed for plants from lower horizons. The abnormal increases in ¹³⁷Cs in horizons with elevated ash content that is observed up to now (delivery of mineral substance by dust storms from Kazakhstan) causes us to relate these increases to the time of testing on the Semipalatinsk test ground, i.e., to the time from the late 1959s to early 1960s.

Stability of the ratio of uneven to even lanthanides (yttrium and scandium) in Holocene deposits evidences not only their inactivity to biochemical processes, but also geochemical characteristics of an atmospheric source of the mineral substance.

On the background of «stability» of rare-earth elements and thorium, uranium displaying the high mobility in exogenous processes responds to anaerobic environment in bottom horizons of the peat bench in the Bakchar bog.

The work was financially supported by Russian Foundation for Basic research (grants N° 04-05-65168 and 08-05-00392).

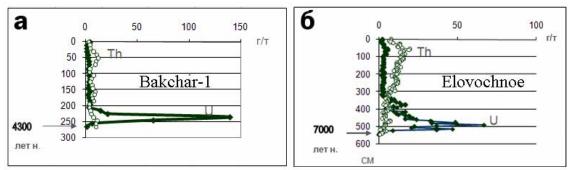


Fig. Uranium in ash of peat from bogs: a) Bakhchar-1, б) Elovochnoe. (Уран в золе торфов болот: a) «Бакчар-1», б) Еловочное).

РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ И РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В БОЛОТНЫХ И ОЗЕРНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ГОЛОЦЕНА

Бобров В.А.

Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, 3, пр. ак. Коптюга, Новосибирск 630090, Россия

<u>bobr@uiggm.nsc.ru</u>

Изучено распределение естественно-радиоактивных (U, Th, K, ²¹⁰Pb), искусственно-радиоактиного ¹³⁷Cs и редкоземельных элементов (лантаноилы, Y, Sc) в болотно-озерных органогенных отложениях (торф, сапропель). Объекты исследования: верховое болото «Бакчар-1» (Большое Васюганское болото); пойменное (заливное) болото «Еловское» (междуречье Обь-Томь); оз. Кирек (правобережье р. Обь); оз. Белое (левобережье р. Обь). Первые три объекта расположены в лесной зоне, четвертый – в лесостепной.

Временной диапазон обнаружения ²¹⁰Pb в торфе и сапропеле при примененной спектрометрической аппаратуре (по гамма-линии 46 kev) принимается в 100 лет. Распределения ²¹⁰Pb в слоях торфяника заливного болота и сапропелях позволяет выделить горизонты XX века, а по распределениям ¹³⁷Cs разделить эти горизонты на первую половину (доатомную) и вторую половину (атомную). Выделенные нами отложения XX века не превышают 10-15 см.

Распределение ²¹⁰Pb в торфянике верхового болота «Бакчар-1» не дает возможности установить границу XIX-XX веков в силу просачивания атмосферной воды (дождя) в малоуплотненных верхних горизонтах («деятельный слой»). В свою очередь, распределение ¹³⁷Cs контролируется зольностью и биохимическими процессами в поверхностных (зеленых) слоях торфяника, мобилизующими его из более низких горизонтов, как и ⁴⁰K, необходимого растениям. Сохраняющееся к настоящему моменту аномальное повышение ¹³⁷Cs в горизонтах с повышенной зольностью (привнос минерального вещества пыльными бурями из Казахстана) дают основание связать это повышение со временем испытаний на Семипалатинском полигоне, т.е. к концу 50-х и началу 60-х годов. Устойчивость соотношения нечетных и четных лантаноидов (иттрия и скандия) в голоценовых отложениях свидетельствуют не только об их пассивности к биохимическим процессам, но и о геохимической характеристике атмосферного источника минерального вещества.

На фоне «устойчивости» редкоземельных элементов и тория уран, проявляя высокую подвижность в экзогенных процессах, реагирует на анаэробную обстановку в подошвенных горизонтах торфяной пачки Бакчарского болота.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты № 04-05-65168 и 08-05-00392).

HIGH-RESOLUTION RESPONSES OF THE OKHOTSK SEA ON CLIMATE CHANGES AT THE ORBITAL AND MILLENNIAL SCALES

Goldberg E.L.*'***, Gorbarenko S.A.**, Chebykin E.P.***, Zhuchenko N.A.***, <u>Panov V.S.</u>*'*****, Sushenzeva N.N.*, Sryvkina Yu.V.*, Stepanova O.G.***, Bosin A.A.**, Harada N.****

*Archaeological Institute SB RAS, 17, Ak. Lavrent'eva av., Novosibirsk 630090, Russia **V.I. II'ichev Pacific Oceanological Institute (POI) FAB RAS, 43, Baltiiskaya st., Vladivostok 690041, Russia

***Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

**** Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), 2-15 Natsushima-Cho,

Yokosuka-city, Kanagawa 237-0061, Japan

*****Novosibirsk's Pedagogical University, Chem. Department, 28, Vilyuskaya st., Novosibirsk 630126, Russia <u>pvs7zeitlos@gmail.com</u>

The unique geographical position of the Okhotsk Sea (OS) between the Siberian High and Aleutian Low atmospheric centers is the reason of highly sensitive environment responses to global climate changes because of the variability in East Asian monsoon activity, river runoff, sea level and ice covering. Evidence of the abrupt millennium scale (DO) and Heinrich (H) oscillations during the last 80 kyr has been reported in the

OS environment (Gorbarenko et al., 2004; Ono et al., 2005; Goldberg et al., 2005; Harada et al., 2006; Gorbarenko et al., 2007). The aim of the work is new insight into climate changes at orbital and millennial scales via the investigations of the geochemical sedimentary records in central OS during the last 150 kyr.

We investigated the sediments of the PC-7R core received in 2007 by joint Japan-Russian expedition from the central part of OS (51°16.87' N, 149°12.57' E; water depth 1256 m; core length 1722 cm). The resolution of the obtained records is each one cm (~ ca 200 y). ICP-MS was used for the investigations of elemental composition of inorganic part of sediments and CNH analyzer for the organic one.

We obtained the records of biogenic Ba (Ba_bio), C_{org} and N_{org} as the proxies of total bioproductivity; biogenic CaCO3 (CaCO3_bio) as a proxy of carbonate productivity; biogenic silica productivity (BiSi) and chlorine content (product of the chlorophyll-a transformation in the sediment) as a proxy of total photosynthetic activity in upper layer of OS. The PC-7R age model have been published recently by Malakhov et al. (2009) and Gorbarenko et al (2010) and it was constructed by matching the dated series of relative paleointensity lows recognized in geomagnetic intensity records and tephrochronology. The "peak-to-peak" matching of elemental records, obtained in our investigation, to marine δ^{18} O isotope index (SPECMAP) provide the identical age model. Ash layers in the core were clearly revealed via Yb/La or Zr/Nb and several other ratios.

The OS bioproductivity proxies (fig. 1) shows that almost all H events coeval with prominent coolings, which have been observed in N.Atlantic and Greenland on millennial scale took place in the OS, too. On orbital scale, BiSi lag behind CaCO3 and CaCO3 in turn lag behind total bioproductivity and photosynthetic activity during both glacial-interglacial transitions. The lags are about 3-5 kyr. U/Th ratio (a proxy of R.Amur discharge) is simultaneous with BiSi record, practically. Thus, sequence in OS productivity changes is following, picoplankton (cyanobacteria) and nanoplankton (coccoliths) photosynthetic activity during deglaciation, carbonaceous planktonic foraminifera and then diatoms developing simultaneously with an increasing of R.Amur discharge during interglacial. The interpretation is logical as a whole, but there is one difficult problem here. The U/Th ratio, BiSi and biogenic CaCO3 have only single peaks during MIS 5.5 (from 115 -133 kyr), while total organic productivity (Ba_bio, Hlorin, C_{org}, N_{org}; photosynthetic cyanobacteria) in the OS appeared high during all warm interstadials of MIS 5 (MIS 5.1, 5.3 and 5.5; 75-133 kyr). We speculate, system of surface water currents and turbulence in upper layer of the OS might be changed during MIS 5. Perhaps, ventilation of upper layer of the OS was strong during MIS 5.5 and weakened after MIS 5.5.

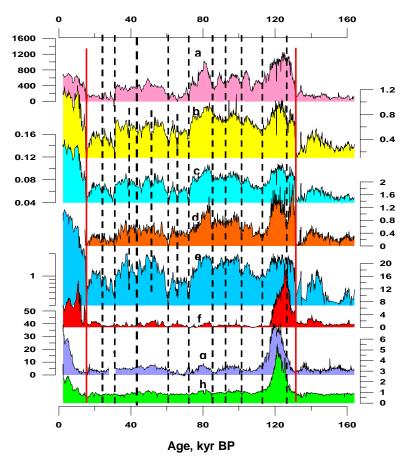


Fig. 1. Bioproductivity proxies from the core of central part of OS during the past 160 kyr. **a**- biogenic Ba, ppm; **b**- Corg, %; **c** – Norg, %; **d** –chlorophyll-a derivatives, a.u.; **e**- iodine (log scale, a.u.); **f**- bicarbonates, %; **g**- biogenic silica (BiSi), %; **h** – U / Th ratio in the sediments (a.u.). The black intermittent lines mark H-events and deep coolings in N. Atlantic and Greenland. Red lines mark the glacial-to-interglacial transitions (Индикаторы биопродуктивности OM за последние 160 тысяч лет. **a**- биогенный барий, ppm; **b**- Corg, %; **c** - Norg, %; **d** - хлорин, отн. ед; **e**- йод (log шкала, отн. ед); **f**- карбонаты (CaCO3_bio), %; **g**- биогенный кремнезем (BiSi), %; **h** – U/Th отношение (отн. ед). Черные пунктиры маркируют H-события и заметные похолодания в С.Атлантике и Гренландии. Красные линии маркируют конец оледенении - переход к межледниковью).

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ, ЗАПИСАННЫЕ В ОСАДКАХ ОХОТСКОГО МОРЯ, НА ОРБИТАЛЬНОЙ И ТЫСЯЧЕЛЕТНЕЙ ШКАЛАХ

Гольдберг Е.Л.*,*** , Горбаренко С.А.**, Чебыкин Е.П.***, Жученко Н.А.***, <u>Панов В.С.</u>*,*****, Сушенцева Н.Н.*, Срывкина Ю.В.*, Степанова О.Г.***, Босин А.А.**, Харада Н.****

*Институт археологии и этнографии СОРАН, 17, пр. Ак. Лаврентьева, Новосибирск 630090, Россия **Тихоокеанский океанологический институт океанографии им. В.И. Ильичева ДВО РАН,

43, ул. Балтийская, Владивосток 690041, Россия

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия *Японское агентство морских и наземных исследований и технологий (JAMSTEC),

2-15 Нацушима-Чо. Юкосука-сити. Канагава 237-0061. Япония

*****Новосибирский педагогический университет, институт естественных наук, 28, ул. Вилюйская, Новосибирск 630126. Россия

Уникальное расположение Охотского моря (ОМ) между центром высокого давления (Сибирского Антициклона) и областью пониженного давления (Алеутского Минимума) является причиной его высокочувствительного отклика на климатические изменения. Отклик ОМ модулируется изменениями Юго-Восточных Азиатских муссонов, водностью рек, уровнем океана и развитием сезонного ледового покрова моря. Следы резких климатических сдвигов в ОМ по типу событий Дансгора-Эшгера и Хейдрича были обнаружены ранее (Gorbarenko et al., 2004; Ono et al., 2005; Goldberg et al., 2005; Harada et al., 2006; Gorbarenko et al., 2007). Целью данной работы является получение новых высокоразрешающих записей изменений климата и среды ОМ за последние 150 тысяч лет.

Мы исследовали осадки колонки PC-7R (51°16.87' N, 149°12.57' E; глубина 1256 м; длина 1722 см), поднятой в 2007 году в центральной части ОМ совместной японско-российской экспедицией. Разрешение записей каждый 1 см (~ 200 лет). Элементный состав неорганической части колонки был исследован в ЛИН СОРАН методом ИСП-МС, органическая часть на CNH-анализаторе в ИАЭТ СОРАН, стабильные изотопы в ТОИ ДВОРАН.

В данной работе представлены записи биогенного бария (Ba bio), Corg и Norg, являющихся индикаторами экспорта продукции; биогенного карбоната (CaCO3 bio), как индикатора карбонатной (фораминиферы) продуктивности; биогенного кремнезема (BiSi)–индикатора диатомовой продуктивности и хлорина (продукт распада хлорофилла-А) – индикатора фотосинтетической активности в верхнем активном слое моря. Возрастная модель колонки опубликована недавно Малаховым и Горбаренко (Malakhov et al, 2009; Gorbarenko et al 2010). Эта модель основана на сравнении датированной и измеренной в колонке кривой палеонапряженности магнитного поля, а также на тефрохронологии и корреляциях δ^{18} О в планктонных фораминиферах со SPECMAP. Подгонка полученных в данной работе биогенных и абиогенных геохимических профилей со SPECMAP по принципу "пик-в-пик" приводит к тождественной шкале. Слои извержений и следы вулканического материала, принесенного с континента водами и сезонными льдами, различаются в записях по форме пиков и ясно идентифицируются по Yb/La, Zr/Nb и ряду других отношений элементов.

Индикаторы биопродуктивности ОМ показаны на рисунке 1. Можно видеть, что почти все значительные похолодания и, особенно, события Хедрича (Н-события), которые были обнаружены в С. Атлантике и Гренландии появляются одновременно (в рамках точности шкалы) и в ОМ. На орбитальной шкале, на переходах от оледенений к межледниковьям, BiSi отстает от CaCO3_bio, а расцвет карбонатной продуктивности, отстает, в свою очередь, от фотосинтетической активности на 3-5 тысяч лет. Запись U/Th отношения – индикатора палеопритока реки Амур – практически совпадает с профилем биогенного кремнезема (BiSi). Разительное несовпадение профилей U/Th отношения с индикаторами потока органики на дно (Ba_bio, Corg и Norg), показывает, что седиментация урана в осадки прямо не связана с органикой в ОМ, как, впрочем, и в оз. Байкал (Goldberg et al, 2005; Zhuchenko et al, 2007). В соответствии с нашей моделью уран в растворенном виде поставляется в ОМ вместе с растворенной кремниевой кислотой, в основном, с континента с водами единственного крупного притока ОМ – реки Амур, в водах которого концентрации SiO₂*nH₂O на 1÷2 порядка выше, чем в водах моря.

Таким образом, окончание ледниковья в ОМ и переход к межледниковью характеризуется сначала бурным расцветом фотосинтезирующего пико- и нанопланктона (цианобактерии) и гетеротрофных бактерий, которые служат пищей фораминифер. С увеличением водности притока реки Амур, запаздывающего ~ на 3-5 тысяч лет, в море развиваются диатомеи, вытесняя фораминифер. В принципе, эта интерпретации не противоречит фундаментальным законам природы, и она логична, но тогда появляется очевидный вопрос. Почему фораминиферы, диатомовые и приток Амура показывают в наших записях наличие только одного пика, во время МИС 5.5, в то время как для пико- и нанопланктона все теплые интерстадиалы МИС 5 благоприятны? Мы предполагаем, что система поверхностных течений ОМ и турбулентность (следовательно, и вентиляция) вод могли меняться во время МИС 5. Например, Восточно-Сахалинское течение было сильным в начале МИС 5, а потом ослабело. Тогда, питательные вещества (и растворенный уран), приносимые Амуром в это течение, утилизовались и оседали в осадки вдоль западного побережья о. Сахалин (что наблюдается сегодня) и они могли не доходить до центральной части ОМ, где взята исследуемая колонка. Возможны и другие трактовки.

SIZE VARIATIONS OF BAIKALIAN DIATOM CYCLOTELLA MINUTA, AS A RESPONSE TO GLOBAL CLIMATE CHANGES Goldberg E.L.*,**, Vorobyeva S.S.**

*Archaeological Institute SB RAS, 17, Ak. Lavrenteva av., Novosibirsk 630090, Russia **Limnological Institute, SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya st.3, Irkutsk 664033, Russia egoldber49@gmail.com

The explanation of diatom response at climate and environment changes on Lake Baikal is far not full. The response expressed in the increasing of diatom abundance in the sediments during the warm periods and their disappearance at glacial ages (Bezrukova et al, 1991), today is challenged by nobody, though recently the hypothesis was put forward that diatom cells were dissolved completely in waters of lake at glacial ages (Mackay, 2007). The intelligent reasons are considered as changes of temperature and waters stratification (Prokopenko et al, 2006), lake waters turbidity owing to the delivery of "glacial milk" in the lake (Bezrukova et al, 1991), sharp downturn of river inflow and streams of dissolved nutrients in the lake because of climate aridization (Chebykin et al, 2004; Goldberg et al, 2005) and all together taken reasons (Karabanov et al, 2004).

Water turbidity is not the case to be the reason of diatom disappearance since the most part of diatom taxa are Baikalian endemic one and, hence, they are saved in "refugiums" (the Small Sea, delta of R.Selenga and other) that is being in river mouths, where water turbidity have to be maximal. Dissolution of cells is not the case, too, because it is defined by water reactivity properties in well mixed lake, while the diatom cells are fine saved in the sediments of "refugiums". Besides there are numerous others "insoluble in water" proxies of low lake productivity during the ice ages, for example, the chlorophyll derivatives, isotope ratios of uranium in the sediments and oxygen in diatom cells, REE contents in the deposits etc. Downturn of temperature of waters obviously cannot influence diatom productivity since the basic diatom blooms occur at low temperatures (T <8C). Downturn of air temperature could influence diatom productivity in the lake indirectly, but through its influence on biogeochemical processes on continent (vegetation-weathering). Nevertheless, greater effect of such influence it is necessary expect owing to simultaneous climate aridization. In any case both of these reasons lead to a sharp falling of inflow of nutrients in the lake and to falling of its productivity. Within the frame of this hypothesis the existence of "refugiums" in the river mouths becomes a trivial conclusion. What is the expected response of diatom particles at gradual change of concentration of nutrients in a photic layer? Within the limits of conceptual model of diatom population survival (Munk et al, 1954) it survives, if average time of a cell division (t1) is less than its average residence time in photic zone (t2). Otherwise (t1> t2), the population "suddenly dies out" since cells sink faster than they are able to multiply. Time of division (t1) depends on diameter of a cell, diatom physiology and concentration of nutrients in waters during the growth. Residence time (t2) depends on settling velocity of particle and intensity of turbulent mixing in a photic zone. Reduction of nutrients in waters and increase in the size of a cell lead to increase of t1 and reduction of t2, and, hence, to an approach the system to a critical condition of a survival. As a consequence, one of adaptive mechanisms of diatom population survival at environment deterioration is a reduction of the cell size up to the size which is possible for the given taxa. The critical diatom cell size (d) for a survival of a population at the conditions of Lake Baikal (a diffusion mode of growth for big cells) is connected with nutrients by the following equation (Goldberg and Grachev, 2008; Goldberg 2008)

$d^n \sim C \bullet D_t \bullet D_m$

Dt, Dm are turbulent and molecular diffusion factors and $n \sim (2-4)$. It follows from the model that stratification of waters and/or downturn of nutrients should lead to reduction of the size of cells of the population if adaptive mechanisms don't forbidden to do so.

The purpose of the investigation is gualitative check of this idea. We have measured diameters of cells of Cyclotella minuta (Cyclotella praeminuta, at MIS 16-18) in the sediments where Cyclotella minuta meets in cores during the period from the present up to 700 kyr BP. Cyclotella minuta cells are observed not only during the warm periods, but also at the transitions from glaciations to interglaciations and back transitions. Sometimes, Cyclotella minuta with low abundance meets during epoch of weak warming inside of even stages MIS6, 8, 12, 14, 16, 18 (Grachev et al, 1997; Khursevich et al, 2000). Sediments of cores from the Academic ridge are investigated. They are cores of BDP-96-2, St11-PC and St2-PC. The number of the investigated horizons is 101 and for each of which sizes of 150 up to 800 cells Cyclotella minuta were measured (on average 429 measurements per one horizon). At such statistics, the errors of definition of average diameter of cells were limited by ~ 0.2-0.3 microns and we could fix diameter changes as low as 1-2 microns. The results of the measurements are presented in figure. From this figure it is clearly visible that during adverse (globally cold) periods the diameter of cells of population Cyclotella minuta really decreased up to 18 ± 0.3 microns and it reached 25-30±0.3 microns during globally warm periods. The maximal sizes of cells are observed not only during the full interglacials (odd MIS) but also during the periods of the transitions (for example, MIS6/7) when total productivity fell. Within the frames of our model it testifies that both nutrients and turbulet mixing in photic zone bring the different contribution to preservation of population of Cyclotella minuta during the different climatic periods.

The investigation was supported by projects of SB RAS (the project 106), Russian Academy of Science (the project 16) and the Russian Fund for Basic Researches (08-05-98071 r_siberia).

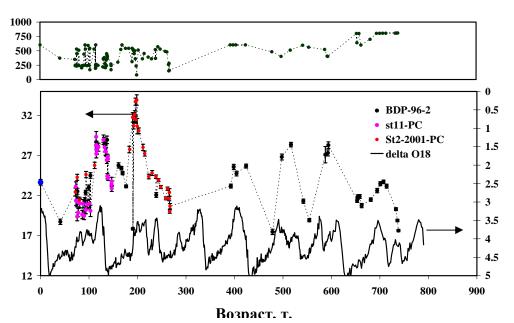


Fig. The record of cell size of *Cyclotella minuta*. Upper panel – numbers of the measurements per horizon investigated. Down panel – cell diameters (microns) on left axis and global ice volume (Lisieske & Raomo, 2005) on right axis. (Запись изменений диаметра клеток *Cyclotella minuta* в ответ на глобальные климатические изменения. Верхняя панель, число измеренных клеток на каждом из горизонтов. Нижняя панель диаметры (мкм) клеток на левой оси в сравнении с объемом глобальных льдов (правая ось, Lisieske & Raomo, 2005)).

ВАРИАЦИИ РАЗМЕРА БАЙКАЛЬСКОЙ ДИАТОМЕИ *СУСLOTELLA MINUTA*, КАК ОТКЛИК НА ГЛОБАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Гольдберг Е.Л.*,**, Воробьева С.С.**

*Институт археологии и этнографии СО РАН, 17, пр. ак. Лаврентьева, Новосибирск 630090, Россия **Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Понимание диатомового отклика при изменении климата и среды оз.Байкал пока что далеко не полное. Сам отклик, выраженный в резком повышении обилия диатомей в осадках в теплые периоды и их исчезновении в ледниковые периоды (Bezrukova et al, 1991), сегодня почти никем не оспаривается, хотя совсем недавно и выдвинута гипотеза, что створки диатомовых просто полностью растворяются в водах озера в ледниковые периоды (Mackay, 2007). В качестве осмысленных причин рассматриваются: изменения температуры и стратификации вод (Prokopenko et al, 2006), мутность вод озера, вследствие поставки в него "ледникового молока" (Bezrukova et al, 1991), резкое понижение речного притока и потока растворенных питательных веществ в озеро из-за аридизации климата (Chebykin et al, 2004;Goldberg et al, 2005) и все вместе взятые причины (Karabanov et al, 2004). Мутность вод, не может являться причиной исчезновения диатомей, т.к. большая часть таксонов являются эндемиками и, следовательно, сохраняются в "рефугиумах" (Малое Море, дельта Селенги и др), находящимися в устьях впадения рек, где мутность вод, в т.ч и в ледниковья, максимальна. Растворение створок тоже не может быть причиной, поскольку оно определяется реакционными свойствами вод хорошо перемешиваемого озера, но створки диатомовых прекрасно сохраняются в осадках "рефугиумов". Кроме того, имеются и другие "нерастворимые в воде" индикаторы низкой продуктивности озера в ледниковья, например, производные хлорофилла, изотопные отношения урана и кислорода створок, содержания РЕЕ в осадках. Понижение температуры вод заведомо не может влиять на продуктивность диатомовых, т.к. основной диатомовый блюм происходит при низких температурах (T<8C). Понижение температуры воздуха косвенно может определять продуктивность озера через ее влияние на биогеохимические процессы на континенте (растительность-выщелачивание), но еще больший эффект следует в этом случае ожидать, вследствие одновременной аридизации климата. В любом случае, обе эти причины приводят к резкому падению притока питательных веществ в озеро и падению его продуктивности. В рамках этой гипотезы, существование "рефугиумов" в устьях речных притоков становится ее тривиальным следствием.

Каков же ожидаемый отклик диатомовой частицы на постепенное изменение концентрации питательных веществ в фотическом слое? В рамках концептуальной модели выживания диатомовой популяции (Munk et al, 1954) она выживает, если среднее время деления клетки (t1) меньше среднего времени ее пребывания в фотической зоне (t2). В противном случае (t1>t2) популяция "внезапно вымирает", т.к. клетки тонут быстрее, чем могут размножаться. Время деления (t1) зависит от диаметра клетки, физиологии таксона и концентрации питательных веществ в водах в момент роста. Время пребывания (t2) зависит от скорости седиментации частицы и интенсивности турбулентного перемешивания фотического слоя. Уменьшение содержания питательных веществ в водах и

увеличение размера клетки приводят к увеличению t1 и уменьшению t2, и, следовательно, приближают систему к критическому условию выживания. Как следствие, одним из адаптивных механизмов выживания популяции при ухудшении условий среды, является уменьшение размера клетки до критически возможного значения для данного вида. Критический размер диатомовой клетки (d) для выживания популяции в условиях оз. Байкал (диффузионный режим роста крупных клеток) связан с концентрацией нутриенсов следующим соотношением (Гольдберг и Грачев, 2008; Goldberg 2008):

$d^n \sim C \bullet D_t \bullet D_m$

D_t, D_m – турбулентный и молекулярный коэффициенты диффузии, n ~ (2-4). Из модели следует, что стратификация вод и/или понижение содержания нутриенсов должны привести к уменьшению размера клеток популяции, если это не запрещено адаптивными механизмами.

Целью настоящей работы является качественная проверка этой идеи. Мы измерили диаметры клеток Cyclotella minuta (Cyclotella praeminuta, на стадиях MIS 16-18) на горизонтах, где она встречается в осадках за период от современности до 700 тысяч лет. Cyclotella minuta наблюдается не только в теплые периоды, но и на переходах от оледенения к межледниковью и обратных переходах, а, иногда в небольших количествах, и в эпохи слабых потеплений внутри четных стадий MIS6, 8, 12, 14, 16, 18 (Грачев и др. 1997; Хурсевич и др. 2000). Исследованы осадки колонок из Академического хребта: BDP-96-2, St11-PC и St2-PC. Количество исследованных горизонтов 101, для каждого из которых измерялись от 150 до 800 клеток Cyclotella minuta (в среднем по 429 измерений на горизонт). При такой статистике, ошибка определения среднего диаметра клеток составляла ~0,2-0,3мкм и мы надежно могли зафиксировать его изменения на 1-2 мкм. Результаты измерений представлены на рисунке. Из этого рисунка ясно видно, что во время неблагоприятных (глобально холодных) эпох диаметр клеток популяции Cyclotella minuta, в самом деле, уменьшался до 18 \pm 0,3 мкм и достигал 25-30 \pm 0,3мкм в глобально теплые периоды. Максимальные размеры клеток наблюдаются не только в полные межледниковья (нечетные MIS), но и в переходные периоды (например, MIS6/7), когда тотальная продуктивность падала. В рамках нашей модели, это свидетельствует о том, что оба фактора: содержание нутриенсов и турбулентность в фотическом слое вносят разный вклад в сохранение популяции Cvclotella minuta в разные климатические периоды.

Работа поддержана проектами СОРАН (проект 106), РАН (проект 16) и РФФИ (08-05-98071 р_сибирь).

HYDROCARBON GEOCHEMICAL BACKGROUND OF RECENT BOTTOM SEDIMENTS IN LAKE BAIKAL Gorishnaya A.G., Gorshkov A.G.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia gorchkov_ag@mail.ru

Data on the content and composition of organic pollutants in bottom sediments are more informative for the assessment of contamination level than the results of measurements in dissolved and dispersed forms in the water due to the fast biotransformation of the latter. Therefore, the studies of hydrocarbon fraction of bottom sediments of Lake Baikal in terms of the development of the modern system of monitoring are very topical and important. Hydrocarbons were determined in samples of recent bottom sediments obtained with the help of the deepwater manned submersible "MIR" from the abyssal zone of the maximal depths in the southern and central basins of Lake Baikal.

The content of hydrocarbons in bottom sediments ranged from 270 to 1300 μ g/g with the exception of the sample obtained from the site of natural oil seepage "Gorevoy Utes" where the concentration of hydrocarbons was 12000 μ g/g (IR-spectroscopy). Qualitative composition of hydrocarbons was mainly represented by *i*-alkanes (GC-MS). The number of *n*-alkanes did not exceed 20 μ g/g. The concentration of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) varied between 0.38 and 1.7 μ g/g, while that of priority PAH – between 0.20 and 0.66 μ g/g. The major components in the PAH fraction were naphthalenes (15-45% of the total PAH) with the exception of the sample from the site of oil seepage "Gorevoy Utes" dominated by methylated phenanthrene and anthracene. The content of oil products (OP) did not exceed 0.02 μ g/g (fluorimetry).

In order to refer hydrocarbons either to the natural geochemical background or to anthropogenic pollutants, the composition of the hydrocarbon fractions was systematized according to the following criteria: peaks of isoprenoids, n-alkanes and naphtenoaromatic hump on chromatograms, ratio of methyl substituted arenes and unsubstituted PAH, and technogenic PAH index. According to these criteria, the concentration of hydrocarbons in Baikal sediments (270-360 μ g/g) may be regarded as a natural hydrocarbon background (HB) which is comparable with the geochemical background of the World Ocean.

The content of oil hydrocarbons in bottom sediments at the site of natural oil seepage "Gorevoy Utes" was 100 times higher than the HB values and at the sites with anthropogenic load – 4 times. The contamination of sediments with OP was 10^{-5} of HB values, by priority PAH - $2 \cdot 10^{-3}$ of HB values, and by n-alkanes - $6 \cdot 10^{-2}$ of HB values.

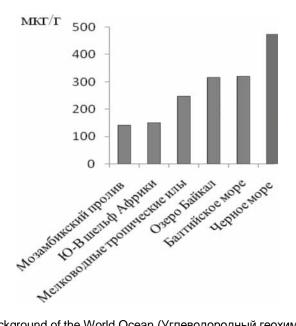


Fig. Hydrocarbon geochemical background of the World Ocean (Углеводородный геохимический фон Мирового океана).

УГЛЕВОДОРОДНЫЙ ГЕОХИМИЧЕСКИЙ ФОН СОВРЕМЕННЫХ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА БАЙКАЛ Горишная А.Г., Горшков А.Г.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия gorchkov ag@mail.ru

Для оценки загрязненности акватории органическими поллютантами данные по их содержанию и составу в донных осадках более информативны, чем результаты измерения в растворенных и диспергированных формах в воде, вследствие более быстрой биотрансформации последних. На этом основании исследование углеводородной фракции донных осадков озера Байкал в контексте разработки современной системы мониторинга имеет важное и актуальное значение. В докладе представлены результаты определения углеводородов в образцах современных донных отложений, отобранных с помощью глубоководных обитаемых станций «МИР» в абиссальной зоне наибольших глубин в двух котловинах озера – Южной и Средней.

Содержание углеводородов оценено диапазоном от 270 до 1300 мкг/г, за исключением образца донных отложений на участке естественного нефтепроявления «Горевой Утес», в котором количество углеводородов определено на уровне 12000 мкг/г (ИК-спектрометрия). Качественный состав углеводородов представлен преимущественно *н*алканами (ГХ-МС), количество *н*-алканов не превышает 20 мкг/г. Концентрации полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) найдены в диапазоне от 0,38 до 1,7 мкг/г, приоритетных ПАУ - от 0,20 до 0,66 мкг/г. Основными компонентами во фракции ПАУ являются нафталины (15 - 45% от суммы ПАУ), за исключением пробы из района нефтепроявления «Горевой Утес», в которой к доминирующим аренам отнесены метилированные фенантрены и антрацены. Количество нефтепродуктов (НП) не обнаружено выше уровня 0,02 мкг/г (флуориметрия).

Для отнесения обнаруженных углеводородов к природному геохимическому фону или антропогенным загрязняющим веществам, состав углеводородных фракций был систематизирован по следующим критериям: наличие на хроматограммах образцов пиков изопреноидов, *н*-алканов и нафтеароматичесческого горба, соотношение метилзамещенных аренов и незамещенных ПАУ, значение индекса «техногенности» ПАУ. На основании указанных критериев содержание углеводородов в байкальских осадках на уровне 270-360 мкг/г может быть принято за природный углеводородный фон (УФ), который сопоставим с геохимическим фоном Мирового океана.

По шкале в единицах значения фонового уровня содержание нефтяных углеводородов в донных отложениях в районе естественного нефтепроявления «Горевой Утес» превышает УФ в 100 раз, на участках с антропогенной нагрузкой - до 4 раз, загрязнение осадков НП оценено уровнем 10⁻⁵ УФ, приоритетными ПАУ – 2·10⁻³ УФ, *н*-алканами – 6·10⁻² УФ.

OIL IN THE ECOSYSTEM OF LAKE BAIKAL Gorshkov A.G., Khlystov O.M., Marinayte I.I., Zemskaya T.I., Khodger T.V. Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia gorchkov_ag@mail.ru

Taking into consideration the fact that Lake Baikal is a fresh water body of universal importance the presence of natural oil seeps in the lake makes research of its ecosystem an issue of a particular interest. A discovery of

a new deepwater oil seep on the beam of Cape Gorevoi Utes (Central Baikal) gave rise to studies aimed at establishing mechanisms that keep Baikal water pure under the condition of seepage of oil (up to 4 tones a year), containing a full range of oil hydrocarbons: *n*-alkanes, *i*-alkanes, alkylcyclohexanes, isoprenoids (phytane, pristane), polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and hopanes.

When the lake bottom was surveyed by deepwater manned submersibles "MIR" ozocerite-like bitumen structures were found at the oil seepage site. In order to study the ways of ingress of oil into the lake water we collected and analyzed samples of oil and oil slicks from water surface, bottom bitumen structures and bottom sediment beams. According to chromatography mass spectrometry data, the collected samples have a common source of origin and are characterized by a peculiar quantity and composition of the normal paraffins fraction. *n*-Alkanes amounted to 90% in the oil collected from water surface before forming a slick, while their content in bitumen structures ranged from 1.8 to 77%. It was found that decrease of the *n*-alkanes fraction is accompanied by changes in its qualitative composition: narrowing of homologous series and shift of its maximum to high paraffins.

The results of the research of the alkanes fraction in oil and bitumen structures samples gave grounds to apprehend a mechanism of oil seep that provides for Baikal water purity preservation in oil seepage sites. The mechanism includes oil dewaxing as the result of which heavy oil fractions form ozocerite-like bitumen structures at the bottom of the lake while a light oil fraction enriched by normal paraffins migrates in water column to the water surface where it undergoes an intensive biodegradation.

In 2006-2009 we carried out a monitoring of oil hydrocarbons (including *n*-alkanes and PAHs) by means of fluorimetry, infrared spectrometry and chromatography mass spectrometry in order to estimate the pollution of the lake by oil hydrocarbons near Gorevoi Utes as well at 84 site points in three basins of the lake. It is found that the distribution of hydrocarbons in water column and on surface is highly heterogeneous. At oil seepage sites the maximum content of oil hydrocarbons comes up to $1.3 \cdot 10^4 \,\mu$ g/L, including *n*-alkanes up to 500 μ g/L and PAHs – 20 μ g/L. Beyond oil seepage sites the content of oil hydrocarbons in surface water sharply decreases and does not exceed the maximum permissible concentration (0.1-0.8 fish industry maximum permissible concentration) that shows a limited impact of oil seepages on the Baikal water pollution. At the background site points of reference cross-section the content of oil hydrocarbons does not exceed 10 μ g/L in water column and 5-7 μ g/L in near-bottom water, including *n*-alkanes – 0.15 μ g/L, PAHs (priority compounds in total) – 0.012 μ g/L and benzo[a]pyrene ≤ 0.0007 (ten times less than the drinking water maximum permissible concentration). The total content of six PAHs to be checked in fresh water according to the EEC standards is 50 times less than the maximum permissible concentration for the EEC countries (0.2 μ g/L).

НЕФТЬ В ЭКОСИСТЕМЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Горшков А.Г., Хлыстов О.М., Маринайте И.И., Земская Т.И., Ходжер Т.В.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Наличие на Байкале естественных нефтепроявлений определяет особый интерес к изучению его экосистемы, учитывая уникальность озера как водоема пресной питьевой воды мирового значения. Открытие нового глубоководного выхода нефти на траверзе у м. Горевой Утес (Средний Байкал, 2005 г.), инициировало изучение механизмов сохранения чистоты байкальских вод в условиях разгрузки нефти (до 4 т в год), содержащей в своем составе весь спектр нефтяных углеводородов – *н*-алканы, *і*-алканы, алкилциклогексаны, изопреноиды (пристан, фитан) полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) гопаны.

При обследовании дна озера в районе нефтепроявления «Горевой Утес» с помощью глубоководных обитаемых аппаратов «Мир» на участке разгрузки нефти были обнаружены озокеритоподобные битумные постройки. Для изучения путей поступления нефтив воды озера были отобраны и проанализированы образцы нефти и нефтяных пленок с водной поверхности, битумных построек со дна озера и кернов донных отложений. По данным хроматомасс-спектрометрии отобранные образцы имеют один источник происхождения и их отличительным признаком является количество и состав фракции нормальных углеводородов. Если в нефти, собранной с водной поверхности в момент ее выхода, содержание *н*-алканов достигает 90%, то в битумных постройках *н*-алканы обнаружены в количествах от 1.8 до 77%. Отмечено что уменьшение количества фракции *н*-алканов сопровождается изменением ее качественного состава – сужением гомологического ряда и сдвигом его максимума в область высших парафинов.

Результаты исследования алкановой фракции образцов нефти и битумных построек дали основание для предположения механизма разгрузки нефти, обеспечивающий чистоту вод Байкала в районах нефтепроявлений. Предложенный механизм включает процесс депарафинизации нефти, в результате которого тяжелые фракции нефти образуют дне озера озокеритоподобные битумные постройки, а легкая фракция нефти, обогащенная нормальными углеводородами, мигрирует в водной толще озера к водной поверхности озера, где подвергается интенсивному процессу биодеградации.

Для оценки уровня загрязнения озера нефтяными углеводородами в районе м. Горевой Утес, а также на 84 станциях в трех котловинах озера в течение 2006-2009 гг. был проведен мониторинг нефтяных углеводородов, включая *н*-алканы и ПАУ, с применением методов флуориметрии, ИК спектроскопии и хроматомасс-спекрометрии. Установлено что распределение нефтяных углеводородов

в водной толще и на поверхности озера характеризуется весьма высокой неоднородностью. В районе нефтепроявлений максимальное содержание нефтяных углеводородов на водной поверхности достигает 1.3-10⁴ мкг/л, в том числе до 500 мкг/л н-алканов и 20 мкг/л ПАУ. При удалении от участков с выходами нефти содержание нефтяных углеводородов в поверхностных водах резко снижается и не превышает ПДК_{РХ} (0.1-0.8 ПДК_{РХ}), что указывает на ограниченный вклад нефтепроявлений в загрязнение вод Байкала. На фоновых станциях реперного разреза содержание нефтяных углеводородов в поверхностном слое воды не превышает уровня 10 мкг/л, в водной толще и придонном слое воды – 5-7 мкг/л, в том числе н-алканов – 0.15 мкг/л, ПАУ (сумма приоритетных соединений) – 0.012 мкг/л, бенз[а]пирена ≤ 0.0007 мкг/л (до 10 раз ниже ПДК_{ПВ}). Суммарное содержание шести ПАУ, контролируемых в питьевой воде в странах ЕЭС, до 50 раз ниже ПДК_{ЕЭС} (0.2 мкг/л).

PHOSPHORUS IN Fe / Mn CRUSTS BURIED IN BAIKAL BOTTOM SEDIMENTS Granina L.Z., Isaeva A.B.*, Zolotyh E.O.*

Limnological Institute of SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk 664033, Russia *Institute of Oceanology by P.P. Shirshov of RAS,36, Nakhimovsky pr., Moscow117997, Russia granina@gmail.com

Happening during thousands of years, diagenetic separation of Fe- and Mn-layers within the oxidized bottom sediments of Lake Baikal leads to formation of almost pure autochthonous hydroxides of Fe and MN, which provides an unique opportunity to investigate an affinity of diverse elements to the oxides of Fe or Mn using the natural object. Strong specific interaction between Fe hydroxides and phosphates is well known. The concentration of P in Baikal sediments always correlates with the Fe content. There is a chemisorption mechanism of phosphorus linking by Baikal sediments (Likhoshway, Grachev, 2006). The coefficient of phosphates sorption by iron hydroxide, evaluated in the model experiment performed under conditions similar to those in Baikal water column (temperature 4°C, the concentration about 0.01 mg P / L), is 2.59×10^{-3} (Granina, Mizandrontsev, 2006). However, not only sorption processes determine the relationship between Fe and P in Baikal sediments.

It is known that the P/Fe > 0.25 ratio in the bottom sediments can not be achieved only by adsorption (Gunnars et al., 2002). The average P/Fe = 0.17 ratio in Baikal sediments does not exceed a value typical of the lake sediments. However, in Lake Baikal, in the sedimentary layers or crusts enriched in iron, this ratio is much higher. For example, in thick Fe-layer from the surface sediments of the underwater Academichesky Ridge, it reaches 0.4. Age of this layer exceeds 8000 years, and a high P/Fe ratio indicates that in this case a significant phosphorus consumption by the sediment is caused by long process of a new mineral phase formation, i.e. the re-deposition of iron hydroxide. Calculated from the average P concentration gradient in the porewaters, diffusion flux of P within the sediment is 3.5 μ mol/m² per day (Muller et al., 2002). Based on this value and the P concentration in the crust 4.3 mol/m³, it was calculated that it takes more than 3300 years for this crust to be accumulated. Thus, a significant diagenetic phosphorus enrichment of thick Fe-layers in the sediments of Northern Lake Baikal and Academichesky Ridge is a result of long processes.

The surface Fe-layers (crusts) can be diagenetically enriched with phosphorus up to 14 times relative to the ambient sediments. However, in the area of Academichesky Ridge, at the depths of 1-3 meters below the bottom surface, phosphoprous-containing Fe/Mn formations were found with the phosphorus concentration up to 8-10% (Zhmodik et al 2001; Fagel et al. 2005). These concentrations significantly exceed not only the background concentrations (0.1-0.2%) in the ambient sediments, but also the maximum concentration (2.5%) recorded (Baturin, Granina, 2009) in Fe/Mn Baikal nodules. It is suggested (Granina et al., 2010), that such a high enrichment is not due to diagenetic accumulation of phosphorus, but because of the specific genesis of these buried formations. It is possible that these crusts are directly associated with Fe, Mn, and P ores existing on the nearby shores of the lake and their burial in the sedimentary thickness may have been caused by tectonic movements that had begun approximately 120-150 ka BP what is consistent with the age of buried relics. In this case, areal extent of these formations in the region of Academichesky Ridge is possible.

To test this hypothesis, the content of phosphorus was eximined in fifteen samples of Fe/Mn crusts, buried in the sediments of this area at the depths from 0.6 to 6 m below the bottom surface. The results obtained show that the crusts contain up to 4.2% phosphorus, 0.84% on average. The maximum concentration was recorded in a thick Fe/Mn crust, buried in the core of station 6 at a depth of 193.5 cm below the bottom surface. In this core, there are four buried crusts at depths from 171 to 197 cm, in which the average phosphorus content is 2.4%. Although the maximum enrichment of the studied crusts in phosphorus (more than 40 times) is much higher compared to that typical of the surface diagenetic Fe-layers and crusts in Lake Baikal, however it was recorded only locally. Thus, the results obtained can not confirm the hypothesis about the relation of these formations to the continental ores located on the nearby lake shores.

ФОСФОР В Fe/Mn КОРКАХ, ЗАХОРОНЕННЫХ В ДОННЫХ ОСАДКАХ БАЙКАЛА Гранина Л.З., Исаева А.Б.*, Золотых Е.О.*

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия *Институт океанологии РАН им. П.П. Ширшова, 36, Нахимовский пр-т, Москва 117997, Россия

Происходящее в течение тысяч лет диагенетическое разделение Fe- и Mn-прослоев в донных осадках Байкала приводит к образованию практически чистых автохтонных гидроксидов железа и марганца, что предоставляет уникальную возможность исследовать сродство разнообразных элементов к оксидам Fe или Mn на природном объекте. Сильное специфическое взаимодействие между гидроксидами Fe и фосфатами хорошо известно. Концентрация Р в осадках озера всегда коррелируют с содержанием Fe. Связывание фосфора байкальскими осадками происходит по механизму хемосорбции (Лихошвай, Грачев 2006). Коэффициент сорбции фосфатов на гидроксиде железа, оцененный в модельном эксперименте при условиях, близких к таковым в Байкале (температура 4°С, концентрация около 0,01 мг Р/л), составляет 2,59 ×10⁻³ (Гранина, Мизандронцев 2006). Однако связь между этими элементами определяют не только сорбционные процессы. Известно, что отношение P/Fe > 0,25 в донных осадках не может быть достигнуто только за счет адсорбции (Gunnars et al. 2002). Среднее для осадков Байкала соотношение между элементами Р/Fe = 0,17 не превышает величину, обычную для донных отложений озер. Однако в обогащенных железом прослоях (корках) это отношение бывает значительно выше. Так в мощном Fe-прослое из поверхностных отложений подводного Академического хребта оно достигает 0.4. Возраст прослоя превышает 8000 лет. и высокое отношение Р/Fe указывает на то, что в данном случае существенное поглощение фосфора осадками обусловлено длительным осаждением новой минеральной фазы, то есть переотложением гидроксида железа. Поглощение элементов Fe-прослоем (коркой) создает концентрационные градиенты в поровых водах, которые инициируют диффузионные потоки. Рассчитанный из градиента концентраций поток Р составляет 3,5 µмоль/м²/сутки (Muller et al. 2002). Исходя из содержания Р в корке (4,3 моль/м³), рассчитано, что для ее аккумуляции потребовалось более 3300 лет. Таким образом, существенное обогащение фосфором мощных Feпрослоев, образующихся в осадках Северного Байкала и Академического хребта, является итогом длительных процессов.

Поверхностные Fe-прослои (корки) могут быть диагенетически обогащены фосфором до 14 раз относительно вмещающего осадка. Однако в районе Академического хребта на глубине 1-3 м ниже поверхности дна в осадках обнаружены фосфатсодержащие Fe/Mn образования, в которых содержание фосфора достигает 8-10% (Жмодик и др. 2001; Fagel et al. 2005), что до двух порядков превышает фоновые концентрации (0,1-0,2%) во вмещающем осадке. Высказано предположение (Гранина Мац, 2010), что столь высокое обогащение обусловлено не диагенетическим накоплением фосфора, а специфическим генезисом подобных образований: не исключено, что корки непосредственно связаны с рудопроявлениями Fe, Mn и P на близлежащих берегах озера, а их захоронение в толще осадков могло быть вызвано тектоническими движениями, начавшимися 120-150 тыс. л.н., что согласуется с возрастом захороненных реликтов. В этом случае возможно площадное распространение подобных образований в районе Академического хребта.

Для проверки этой гипотезы проанализировано содержание фосфора в пятнадцати образцах Fe/Mn корок, захороненных в толще осадков из этого района на горизонтах от 0,6 до 6 м. Результаты показали, что корки содержат до 4,2% фосфора; среднее содержание 0,84%. Максимальная концентрация отмечена в мощной Fe/Mn корке, захороненной в керне станции 6 на глубине 193,5 см ниже поверхности дна. В этом керне на горизонтах от 171 см до 197 имеются четыре захороненные корки, в которых среднее содержание фосфора составляет 2,4%. Хотя максимальное обогащение исследованных корок фосфором (более 40 раз) существенно превышает характерное для поверхностных диагенетических Fe-прослоев и корок, однако оно отмечено лишь локально. Таким образом, полученные результаты не могут служить подтверждением гипотезы о связи подобных образований с континентальными рудами на берегах озера.

THE DYNAMICS OF HOLOCENE CLIMATE IN SIBERIA AS A FUNCTION OF MODERN GEOCHEMICAL RESPONSE OF LACUSTRINE SEDIMENTATION

Kalugin I.A., Daryin A.V., Babich V.V., Ovchinnikov D.V.*, Myglan V.S.*, Vologina Ye.G.**, Ptitsyn A.B.***, Reshetova S.A.***, Rudaya N.A.****

Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, 3, ac. Koptug av., Novosibirs, 630090, Russia *Institute of forest SB RAS, 28, Akademgorodok, Krasnoyarsk 660036, Russia **Institute of the Earth's Crust SB RAS, 128, Lermontov st., Irkutsk 664033, Russia ***Institute for natural resources, ecology and kryology SB RAS, 26, Butina St., Chita 672000, Russia ****Archaeological Institute SB RAS, 17, Ak. Lavrenteva av., Novosibirsk 630090, Russia ikalugin@uiggm.nsc.ru

Bottom sediments from modern lakes contain permanent records of environmental variations. Their investigations within Holocene were carried out before with a low temporal resolution due to laborious testing and analysis, therefore climatic models had a semiquantitative character. At present, in the field of environmental dynamics studies, an emphasis to investigation of high-resolution temporal series has

established – annual and seasonal ones (IPCC 2007). Nevertheless, quantitative reconstructions of annual climate variations by lacustrine sediments for last millennia are still rare. New approaches to the investigation of sedimentary records were established during last years with appearing of automatized techniques for high-resolution analysis of sediment cores *in situ*. X-ray fluorescent analysis at synchrotron radiation (XRFA SR) in the Institute for Nuclear Physics of RAS SB was manifested as the most effective one. Use of synchrotron radiation (SR) for launching of X-ray fluorescence improves drastically the power of the XRFA method, exactly: 1) small angular divergence and a permanent spectrum of SR allow to perform a monochromatic launching

convertible in a large range; 2) natural polarization of SR gives an opportunity to decrease considerably the background from dispersion on

the sample of launching radiation, and 3) a high intensity of SR beams allows to work with so-called "fine" samples, it improves the ratio signal/background and allows to perform a local analysis.

We investigated a sub-millimeter laminated structures of bottom sediments from Siberian and Mongolian lakes, as well as wood-tree-ring series at adjacent territories. On this basis, basic environmental parameters such as temperature, precipitation rate and level regime of the lakes are reconstructed in annual scale for areas of Central Asia for last millenia. The comparison of climate reconstructions by lacustrine sediments geochemistry in annual scale with dendrochronologies and ice cores in Altay Mountains revealed similar trends and correlation of temporal series.

By matter source, one differ elements related to the organic fraction of the sediments (Br, I, U) and ones usually responding to the temperature, as well as elements of mineral-debris bulk (Rb, Sr, Ti, Y, Zr, etc.) reflecting annual humidity amount and a solid drainage. In the equations of multiple regression expressing the dependence of climate of sediments geochemistry, an uneven contribution of organic and terrigenous matter is noticed. If in temperature equations the factors at organophillic elements are higher than at clastophillic ones, so the situation is quite opposite for the ewuations of precipitation rate or lake level.

The presence of basic series of several geochemical parameters expands the possibilities for quantitative reconstructions of a target feature reaslized in the following fields: extrapolation, detalization (interpolation) and combination. Temporal series of lacustrine sediments geochemistry a;;pwed to calculate the equations of regression for wood-tree-rings series and thus to *extrapolate* these relatively short chronologies. In particular, by a reconstructed temporal series of a radial wood growth reflecting the alternation of cool-humid and warm-dry climate conditions, a common trend of aridization in Trans-Baikal for last 1,900 years is revealed (Lake Arakhley). The outlined secular and shorter aridization periods do not contradict to the evolution of plants communities in the region according to palynological data. Similarly, low-resolution palynological series transformed into biomes were *detailed* up to annual chronologies after training in transfer function by elements content in the sites of pollen sampling from the same core (Lake Teletskoye, Altay). As it found out, biomes of taiga and steppe have a reversal dependence, and together they manifest an aridization trend for the last millennium increased in the XXth century.

A combined reconstruction of summer temperature was done for Mountain part of Altay using in equation calculation a multiple regression of an independent (biological) parameter together with elements content. It is more universal than separate reconstructions by sediments geochemistry or by tree-rings, although it is limited by the length of wood-tree-ring series (ca. 1,200 years). Indeed, a climatic response in wood-tree-rings series and lacustrine sediments depends both on the temperature and on precipitation rate, at least for mountain parts of Siberia.

ДИНАМИКА ГОЛОЦЕНОВОГО КЛИМАТА В СИБИРИ КАК ФУНКЦИЯ СОВРЕМЕННОГО ГЕОХИМИЧЕСКОГО ОТКЛИКА ОЗЕРНОГО ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ Калугин И.А., Дарьин А.В., Бабич В.В., Овчинников Д.В.*, Мыглан В.С.*, Вологина Е.Г.**, Птицын А.Б.***, Решетова С.А.***, Рудая Н.А.***

Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, 3, пр. ак. Коптюга, Новосибирск 630090, Россия

*Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, стр.28, Академгородок 50, Красноярск 660036, Россия **Институт земной коры СО РАН, 128, ул. Лермонтова, Иркутск 664033, Россия ***Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, 26, ул. Бутина, Чита672000, Россия ****Институт археологии и этнографии СО РАН, 17, пр. ак. Лаврентьева, Новосибирск 630090, Россия

Донные осадки современных озер содержат непрерывные записи вариаций внешних условий. Их исследования в пределах Голоцена проводились ранее с низким временным разрешением в связи с трудоемкостью опробования и анализа, поэтому климатические модели имели полуколичественный характер. В настоящее время в области изучения динамики природной среды отчетливо наметилось направление на исследование временных рядов высокого разрешения – годичных и сезонных (IPCC 2007). Тем не менее, количественные реконструкции ежегодных вариаций климата по озерным отложениям за последние тысячелетия пока еще редки. Новые подходы к исследованию осадочных записей возникли в последние годы с появлением автоматизированной техники высокоразрешающего анализа Наиболее эффективным осадочного керна in situ. методом показал себя

рентгенофлуоресцентный анализ на синхротронном излучении (РФА СИ) в Институте ядерной физики СО РАН. Использование синхротронного излучения (СИ) для возбуждения рентгеновской флуоресценции радикально улучшает возможности метода РФА, а именно:

1) малая угловая расходимость и непрерывный спектр СИ позволяют осуществлять перестраиваемое в широком диапазоне монохроматическое возбуждение;

2) естественная поляризованность СИ дает возможность значительно уменьшить фон от рассеяния на образце возбуждающего излучения и

3) высокая интенсивность пучков СИ позволяет работать с т.н. «тонкими» образцами, что улучшает отношение сигнал/фон и позволяет проводить локальный анализ.

Нами исследованы субмиллиметровые слоистые структуры донных осадков Сибирских и Монгольских озер, а также древесно-кольцевые серии на близлежащих территориях. На этой основе фундаментальные параметры природной среды – температура, количество атмосферных осадков и уровенный режим озер восстановлены на годичной шкале для районов Центральной Азии за последние тысячелетия. Сравнение реконструкций климата по геохимии озерных отложений на годичной шкале с дендрохронологиями и ледовыми кернами на Алтае выявило сходные тренды и корреляцию временных рядов.

По источнику вещества различаются элементы, связанные с органической частью осадка (Br, I, U) и обычно дающие отклик на температуру, а также элементы минерально-обломочной массы (Rb, Sr, Ti, Y, Zr и др.), отражающие годовое количество влаги и твердый сток. В уравнениях множественной регрессии, выражающих зависимость климата от геохимии осадков, отмечен неодинаковый вклад органического и терригенного вещества. Если в температурных уравнениях коэффициенты при органофильных элементах выше, чем у кластофильных, то в уравнениях количества атмосферных осадков или уровня озера – наоборот.

Наличие базовых серий нескольких геохимических параметров расширяет возможности количественных реконструкций целевого признака, реализуемых по следующим направлениям – экстраполяция, детализация (интерполяция) и комбинация. Временные ряды по геохимии озерных отложений, позволили вычислить уравнения регрессии для древесно-кольцевых серий и таким образом *экстраполировать* эти относительно короткие хронологии. В частности, по реконструированному временному ряду радиального прироста древесины, отражающему чередование прохладных-влажных и теплых-сухих климатических условий, выявлен общий тренд аридизации в Забайкалье за последние 1900 лет (озеро Арахлей). Наметившиеся вековые и более краткосрочные периоды аридизации не противоречат эволюции растительных сообществ в регионе по палинологическим данным. Аналогично палинологические ряды низкого разрешения, преобразованные в биомы, были *детализированы* до ежегодных хронологий после обучения трансферной функции по содержаниям элементов в точках опробования пыльцы того же керна (Телецкое озеро, Алтай). Как оказалось, биомы тайги и степи имеют обратную зависимость, а вместе показывают тренд аридизации в последнем тысячелетии, усилившийся в XX столетии.

Комбинированная реконструкция летней температуры была построена для Горного Алтая с использованием в расчетах уравнения множественной регрессии независимого (биологического) параметра вместе с содержаниями элементов. Она более универсальна, чем отдельные реконструкции по геохимии осадков или по древесным кольцам, хотя ограничена длиной древесно-кольцевого ряда (около 1200 лет). Действительно, климатический отклик у древесно-кольцевых серий и озерных осадков, зависит одновременно как от температуры, так и от количества атмосферных выпадений, по крайней мере, для горных районов Сибири.

HIGH-RESOLUTION RECONSTRUCTION OF SEA-ICE AND HYDROLOGICAL CONDITIONS IN THE SOUTH-EASTERN LAPTEV SEA DURING THE HOLOCENE DEDUCED FROM MICROALGAE ASSEMBLAGES

Klyuvitkina T.S., Polyakova Ye.I., Bauch H., Kassens H.

Lomonosov Moscow State University, Geographical Faculty, Leninskie Gory, Moscow 119899, Russia <u>t.klyuvitkina @mail.ru</u>

The Laptev Sea constitutes the central part of the wide Siberian shelf and is regarded as a key area for the freshwater and sea-ice balances of the Arctic Ocean. More than a quarter of the total continental freshwater runoff to the Arctic Ocean is discharged into the Laptev Sea, mainly via the Lena River (Gordeev V.V. In: E.L.Lewis et al. (eds.) The freshwater budget of the Arctic Ocean, 2000, pp. 297-322). Furthermore, the Laptev Sea polynya is a major source area for sea ice, which is transported to the Siberian branch of the Transpolar Drift (e.g., Zakharov, 1996, 213 pp.). Therefore, knowledge of the Holocene variability of the Laptev Sea hydrology is essential for understanding Arctic Ocean water circulation in the past.

Our paleoenvironmental reconstructions based on a detailed study on diatom and aquatic palynomorph assemblages and a detailed radiocarbon (AMS ¹⁴ C) chronology of sediment cores obtained from the southeastern Laptev Sea adjacent to the Lena River Delta. Established linkages between hydrographical parameters (e.g., summer surface-water salinity, sea-ice conditions, Polyakova, Ye.I. In: Stein R. et al., (eds.) Siberian River Run-off in the Kara Sea: Characterization, Quantification, Variability, and Environmental Significance,

Proceedings in Marine Sciences, 2003, pp. 375-399; Klyuvitkina T.S., Bauch H.A. Oceanology, 2006, pp. 911-921) and the composition of surface-sediment diatom and aquatic palynomorph assemblages were used to reconstruct environmental conditions under postglacial sea-level rise and climatic changes. Our records give evidences for inundation of the outer Laptev Sea shelf (> 51 m water depth) approximately 11.3 cal. ka. Riverproximal environment characterized by avalanche-like precipitation of river-loaded matter ("marginal filter") under water salinity <9. The time interval 10.7-9.2 cal. ka was marked by enhanced influence of Atlantic Water on the Laptev Sea hydrology. Because a continuously rising sea level resulted in the southward retreating coastline, surface-water salinities on the outer shelf approached modern values of about 15-16 around 8.6 cal. ka. Approximately 8.9-8.5 cal. ka, when the sea-level reached the position of the present-day isobaths of about 32-30 m, the inner-shelf was flooded. On the inner Laptev Sea shelf, modern-like environmental conditions were reached about 1 to 1.5 ky later, around 7.4 cal. ka. During the last 6 cal.ka in the area adjacent to the Lena Delta variations in surface water salinities, reconstructed using freshwater diatoms as a proxy (Polyakova, Ye.I. In: Stein R. et al., (eds.) Siberian River Run-off in the Kara Sea: Characterization, Quantification, Variability, and Environmental Significance, Proceedings in Marine Sciences, 2003, pp. 375-399) indicate the changes in the volume of the Lena River runoff through the major riverine channels Trofimovskaya, Bykovskaya and Tumatskaya. It was shown, that the Lena River outflow increased in north-eastward direction via Trofimovskaya and Bykovskaya channels 4.2-2.7 cal. ka. A general increasing trend in riverine discharge is observed between 2.7 and 1.2 cal. ka, and a steep decrease in outflow recorded for the last 1.2 cal. ka.

BOTTOM SEDIMENTS OF BAIKAL AS SIGNS OF THE EARTH CLIMATE TRANSITION **TO A GLACIAL AGE** Luzhetskiy V.G.

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics of the SB RAS, 6, Acad.Lavrentiev Av., Novosibirsk 630090, Russia

lug@omzg.sscc.ru

Nowadays so called era of warming in connection with the onset of a "greenhouse shield" is strongly propagandized. The opinions of scientists concerning this question are diametrically opposite, either citing evidence pro or contra, and, to all appearance, there could not be the rapproachement of standpoints. Moreover, the dispute is joined by politicians asserting the interests of their states.

The report is devoted to considering the question concerning the fact why bottom sediments allow one to predict the occurrence of a glacial age on the Earth in the near future. For this purpose in the beginning we analyzed data on the ice drilling core of the Antarctic "Vostok" borehole. Basing on the climatic curve one could draw the following conclusions: (1) within the range of the last 300 thousand years the cycles of four GIS (glacial-interglacial stages) consistently increased (77, 82, 102 and 113 ka); (2) there are zones of relative warming within glacial stages; (3) the lifetime values for the four interglacial stages (from GIS 7 up to GIS 1) at the average annual ambient air temperature amounting to 0 °C were estimated to be about 5; 2,5; 7 and 11 ka, respectively.

Taking into account the circumstance that we live in the era of Holocene (GIS-1), whose lifetime is to a considerable higher than the lifetime values of other interglacial stages, one could draw a conclusion that a glacial stage is approaching. May be, we are already at a descending brunch of the climatic curve. The same conclusion is indirectly confirmed by the Baikal sediments characterizing the processes of climatic change on the Earth. It is necessary for Mankind should prepare for survival under the conditions of global growing cold rather than of global warming.

In order to demonstrate a glacial stage coming we used geophysical data obtained from high-resolution seismoacoustic profiling at the Baikal Lake near to the point of BDP-99 borehole drilling. The lithological section of the borehole drilling core demonstrates a good coincidence with the time section, and there are four margins of bottom sediments distinctly observed belonging to the interglacial stages of GIS 7 - GIS 1. Within the glacial stages, there are sedimentary layers distinguished corresponding to the zones of temporal warming those are also presented on the Antarctic climatic curve. By the example of observable sedimentary margins at the GIS 1 stage one can see that the thickness of the Holocene layer is to a considerable extent higher than the thickness of the three underlying interglacial stages. This fact is caused by a considerable water-saturation of sediments, as well as by the incompleteness of the processes of gravitational condensation and chemical conversion of biological remains. In 100 and more thousand years the GIS-1 layer would become quite thin.

The thickness of the Holocene layer, unfortunately, can only qualitatively characterize the irreversibility of the Earth climate transition to the glacial stage. However nobody, to all appearance, can predict exactly how many tens or hundreds years will pass till real cold snap coming.

For obtaining a greater comparability of the climatic data with geophysical ones it should be better to drill one more research borehole at Baikal, where using modern engineering tools, models and processing software one could obtain a long-time, continuous, high-quality, reliable Baikal climatic curve in order to use it further for dating any sediments in Siberia. And it should be even better to drill a deep borehole at the Teletskoe Lake that is such ancient as Baikal.

ДОННЫЕ ОСАДКИ БАЙКАЛА, КАК ПРЕДВЕСТНИКИ ПЕРЕХОДА КЛИМАТА ЗЕМЛИ К ЛЕДНИКОВОМУ ПЕРИОДУ

Лужецкий В.Г.

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 6, пр. Лаврентьева, Новосибирск 630090, Россия

В настоящее время интенсивно ведется пропаганда эры потепления в связи с наступлением «парникового щита». Мнения ученых по этому вопросу диаметрально противоположны, те и другие приводят доказательства «за» и «против», и, по-видимому, не скоро произойдет сближение взглядов, кроме того, в спор вступают политические деятели, отстаивающие интересы своих государств.

В докладе рассматривается вопрос о том, почему донные осадки позволяют предсказать появление на Земле в скором времени ледникового периода. Для этого вначале мы анализировали данные ледового керна антарктической скважины «Восток». На основе климатической кривой можно сделать следующие выводы: (1) за время последних 300 тыс. лет циклы четырех ЛМС (ледниковомежледниковых стадий) последовательно увеличивались (77, 82, 102 и 113 тыс. лет); (2) во время ледниковых стадий присутствуют зоны относительного потепления; (3) времена существования четырех межледниковых стадий (от ЛМС 7 до ЛМС 1) при средней годовой температуре окружающего воздуха 0 ⁰С имеют ориентировочно значения: 5; 2,5; 7 и 11 тыс. лет.

Если учесть то обстоятельство, что мы живем в эпоху голоцена (ЛМС 1), время существования которого значительно превосходит времена остальных межледниковых стадий, то можно сделать заключение о приближении ледниковой стадии. Возможно, мы уже и находимся на спаде климатической кривой. Такой же вывод косвенно подтверждают и байкальские осадки, которые характеризуют процессы изменения климата на Земле. Человечеству необходимо готовиться к выживанию в условиях не глобального потепления, а глобального похолодания.

Для доказательства прихода ледниковой стадии мы использовали геофизические данные, полученные при проведении высокоразрешающего сейсмоакустического профилирования на Байкале вблизи точки бурения скважины BDP-99. Литологический разрез керна скважины хорошо совпадает с временным разрезом, и на нем четко прослеживаются четыре границы донных отложений, относящиеся к межледниковым стадиям ЛМС 7 - ЛМС 1. Во время ледниковых стадий выделяются осадочные слои, соответствующие зонам временных потеплений, которые также присутствуют и на антарктической климатической кривой. На примере наблюдаемых границ осадков на стадии ЛМС 1 видно, что толщина слоя голоцена существенно толще трех нижележащих межледниковых стадий. Это обусловлено большой водонасыщенностью осадков, незаконченностью процессов гравитационного уплотнения и химической переработки биологических остатков. Через 100 и более тыс. лет слой ЛМС 1 станет совсем тонким.

Толщина голоценового слоя, к сожалению, лишь качественно характеризует необратимость перехода климата Земли к ледниковой стадии, а вот через сколько десятков или сотен лет наступит настоящее похолодание, видимо, никто точно не сможет предсказать.

Для получения еще большей сопоставимости климатических данных с геофизическими следовало бы пробурить на Байкале еще одну исследовательскую скважину, на которой с применением современных технических средств, моделей и систем обработки получить долговременную, непрерывную, высококачественную, надежную, байкальскую климатическую кривую и ее в дальнейшем использовать для датировки любых отложений в Сибири. А еще лучше - пробурить глубокую скважину на Телецком озере, которое также древнее, как и Байкал.

ON THE BAIKAL BDP-99 BOREHOLE DRILLING CORE AGE Luzhetskiy V.G.

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 6, Acad.Lavrentiev Av., Novosibirsk 630090, Russia lug@omza.sscc.ru

The data on the drilling core of the BDP-99 borehole have been published in the summary report (Collective of participants of the project "Baikal-drilling", Geology and Geophysics, 2004, pp. 163-193) where the age of the drilled 350-meter sedimentary stratum was estimated to be about 1.2 to1.3 million years. In order to determine the age the authors used a diatomaceous biostratigraphy, a paleomagnetic method as well as the geophysical method based on the correlation with the seismic sections obtained during joint Russian-American expeditions onboard the R/V "Vereshchagin" within 1991 and 1992.

However, the studies on the seismoacoustic profiling those we carried out in 2005 and 2007 with the use of a high resolution geoprofiler have made us to conclude that the age of the core in its top piece is almost 2 times overestimated. In our studies we applied a "coreless" method that we developed for determining the rates of sediment accumulation and the age of deposits. The method is based on the use of glacial-interglacial stages (GIS) dating as well as of high resolution time sections; it is high efficient, both with respect to expenses, and regarding the speed of obtaining final results.

The sediments in lakes consist of successively alternating layers belonging to interglacial and glacial stages, and the difference of the GIS from the widely used marine isotope stages (MIS) consists in the fact that

they exhibit different time dating. So, the time scale for the MIS is approved by the Interagency Stratigraphic Committee of Russia, whereas the change of GIS cycles occurs during the period of time about 100 thousand years and this fact is assumed to be caused by planetary mechanisms of the Universe. For dating the GIS cycles we use the Antarctic temperature curve for the "Vostok" borehole (Petit, J.R. et al., Nature, 1999, pp. 429-436). In data processing we used time sections those we have obtained near the BDP-99 borehole being in a good agreement with the core lithological section.

The authors of the summary report determined the age according to isotopic oxygen curve of Pacific borehole ODP-677 and considered the presence of diatomaceous seaweed in the drilling core to be corresponding to the interglacial stage, whereas the absence was considered to indicate the glacial stage. They have wrongly attributed temporary warming occurred within three glacial stages (GIS 2, 4, 6) to interglacial stages. According to our data a part of the drilling core 86 m length corresponds to GIS 7, whereas according to their data it corresponds to MIS 15 and taking into account the dating of the "Vostok" borehole the ages obtained are amounting to 320 and 620 thousand years, respectively.

Likewise, the age of a 100-meter long drilling core for the BDP-93 borehole was overestimated; according to our data it is equal to less than 400 thousand years, whereas today it is considered to be at about 660 thousand years. Unfortunately, the potentialities of a geoprofiler do not allow us to look into deposits of 350-meter depth, therefore for today the age of 1.2-1.3 million years calculated by the authors of the summary report from the average sediment accumulation rate remains a riddle for us.

О ВОЗРАСТЕ КЕРНА БАЙКАЛЬСКОЙ СКВАЖИНЫ BDP-99 Лужецкий В.Г.

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 6. Лаврентьева пр., Новосибирск 630090, Россия

Данные о керне скважины BDP-99 были опубликованы в сводном отчете (¹Коллектив участников проекта «Байкал-бурение», Геология и геофизика, 2004, с. 163-193), в котором возраст пробуренной 350метровой осадочной толщи был оценен около 1,2-1,3 млн. лет. Для определения возраста авторы использовали диатомовую биостратиграфию, палеомагнитный метод и геофизический метод на основе корреляции с сейсмическими разрезами, полученными в совместных российско-американских экспедициях на НИС «Верещагин» в 1991 и 1992 гг.

Однако выполненные нами работы по сейсмоакустическому профилированию в 2005 и 2007 гг. с использованием высокоразрешающего геопрофилографа привели нас к выводу о том, что возраст керна в его верхней части завышен почти в 2 раза. В своих исследованиях мы применяли разработанный нами «бескерновый метод» определения скоростей осадконакопления и возраста осадков. Он основан на использовании датировок ледниково-межледниковых стадий (ЛМС) и временных разрезов высокого разрешения и является высокоэффективным, как по затратам, так и скорости получения конечных результатов.

Осадки в озерах состоят из последовательно чередующихся слоев, относящихся к межледниковым и ледниковым стадиям, и отличие ЛМС от широко применяемых морских изотопных стадий (МИС) состоит в том, что они имеют разные датировки времен. Так временную шкалу для МИС утверждает Межведомственный стратиграфический комитет России. Тогда как смена циклов ЛМС происходит за время около 100 тыс. лет и это, как предполагают, обусловлено планетарными механизмами вселенной. Для датировки циклов ЛМС мы используем антарктическую температурную кривую скважины «Восток» (Petit, J.R. et al., Nature, 1999, р. 429-436). При обработке данных мы использовали временные разрезы, полученные нами около скважины BDP-99, и которые хорошо совпадают с литологическим разрезом керна.

Авторы сводного отчета определяли возраст по изотопной кислородной кривой тихоокеанской скважины ODP-677 и считали, что присутствие в керне диатомовых водорослей соответствует межледниковой стадии, а их отсутствие – ледниковой стадии. Они ошибочно отнесли к межледниковым стадиям временные потепления, которые существовали в трех ледниковых стадиях (ЛМС 2, 4, 6). По нашим данным участок керна длиной 86 м соответствует ЛМС 7, а у них – МИС 15 и если воспользоваться датировкой скважины «Восток», то получим соответственно возрасты 320 и 620 тыс. лет.

Аналогично на скважине BDP-93 у 100-метрового керна был завышен возраст, который по нашим данным составляет менее 400 тыс. лет, тогда как сегодня считают 660 тыс. лет. К сожалению, возможности геопрофилографа не позволяют нам заглянуть в осадки 350-метровой глубины, поэтому на сегодня возраст в 1,2-1,3 млн. лет, вычисленный авторами сводного отчета по средней скорости осадконакопления, остается для нас загадкой.

SOURCES OF BIOGENIC SILICA IN BAIKAL REGION

Mats V.D.

Israel, matsvic@netvision.net.il

Silica under conditions of recent climate is practically insoluble in rocks. Therefore, it cannot be a source of silicic acid which is necessary for the development of a number of aquatic organisms. The major amount of silica available for these organisms is brought into Lake Baikal by tree waste passing through the cycle of biochemical reactions. Thus, bioproductivity of landscapes is the major regulator of bioproductivity of hydrobionts consuming silicon. Bioproductivity reduces ten times due to substitution of forest landscapes by steppe and tundra landscapes, and by landscapes of cold deserts (Perelman, 1963). This happens during alterations of interglacials and glacials. This is the main factor of disappearance of diatoms in Lake Baikal in glacial periods.

ИСТОЧНИКИ АМОРФНОГО КРЕМНЕЗЕМА В БАЙКАЛЬСКОМ РЕГИОНЕ

Мац В.Д.

Израиль, <u>matsvic@netvision.net.il</u>

В условиях современного климата SiO2 горных пород практически не растворима и не может служить источником кремнекислоты, необходимой для ряда водных организмов. Ее основная масса поступает в бассейн с растительным опадом, пройдя через цикл биохимических реакций. Таким образом, главным регулятором биопродуктивнсти кремнийпотребляющих гидробионтов служит биопродуктивность ландшафтов. Она сокращается в десятки раз при смене лесных ландшафтов степными, тундровыми и ландшафтами холодных пустынь (Перельман, 1963), что имеет место при смене межледниковий ледниковьями. Это и является главным фактором исчезновения диатомовых в ледниковья

POSSIBLE PATHS OF AULOCOSEIRA BAICALENSIS MIGRATION IN EARLY AND LATE NEOPLEISTOCENE Mats V.D., Chernyaeva G.P.*, Efimova I.M.*

Israel

*Institute of the Earth's Crust SB RAS, 128, Lermontov St., Irkutsk 664033, Russia <u>matsvic@netvision.net.il</u>

Cores of deepwater drilling were analyzed in detail. *Aulocosira baicalensis* was detected in the Early Pleistocene (714-663 ka) and Late Pleistocene recent (since122 ka) sediments of Lake Baikal (Khursevich et al., 2001). The early episode was insignificant. True flourishing of *A. baicalensis* was observed from 120 ka to the present. Its presence was revealed in the Miocene-Pliocene deposits of the Vitim Plateau, Tunka depression and in a number of recent lakes of the Vitim basin (Chernyaeva et al., Palynology: Stratigraphy and Geoecology. Proceedings, 2008. pp. 214-217). Therefore, its emergence in Lake Baikal was caused rather by migrational processes than by evolutionary ones. A necessity in discussion on possible zoogeographic interrelations arises.

Possible paths of *A. baicalensis* penetration into Paleo-Baikal in the Early Pleistocene could be either direct connection of Tunka with Lake Baikal or the Plaeo-Irkut River that ran into Lake Baikal at one of the stages of the Early Quaternary (Kononov, Mats Izv. Vuzov. Series Geology and Exploration, 1986, pp. 91-98). In the Late Pleistocene, when the water level rose in Lake Baikal, temporary connections emerged with the Vitim basin. The evidences of this are frustules of *A. baicalensis* in the deposits of the 105-m Baikal terrace (Yefimova, Mats, Berliner Paleobiologiche Abhanlunden. 2003, pp. 77-87) and a Verkholensk form of grayling in the upper reaches of Baikal tributaries in the Upper Angara and Barguzin depressions (Knizhin et al. Problems of Ichthyology, 2006, pp. 38-47). These connections are more likely to have been the pathways of the recurrent penetration of *A. baicalensis* into Lake Baikal where this alga found optimal conditions for its existence.

ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ МИГРАЦИИ AULOCOSEIRA BAICALENSIS В РАННЕМ И ПОЗДНЕМ НЕОПЛЕЙСТОЦЕНЕ Мац В.Д., Черняева Г.П.*, Ефимова И.М.*

Израиль

*Институт земной коры СО РАН, 128, Лермонтова, Иркутск 664033, Иркутск

Aulocosira baicalensis детальным изучением кернов глубоководного бурения установлена в раннеплейстоценовых (714-663 тыс. л. т.н.) - и позднеплейстоцен-современных (со 122 тыс. л.т. н.) отложениях Байкала (Хурсевич и др., 2001). Причем ранний эпизод был незначителен, а подлинного расцвета А. baicalensis достигла со 120 тыс. лет тому назад и до современности. Многолетними региональными исследованиями отмечено ее наличие в миоцен-плиоценовых отложениях Витимского плато, Тункинской впадины и в ряде современных озер бассейна Витима (Черняева, Рассказов, Лямина Палинология: Стратиграфия и геоэкология. Сб. конф., 2008, С. 214-217). Следовательно, ее появление

в Байкале обусловлено не эволюционными процессами, а миграционными, что требует обсуждения возможных зоогеографических связей

Путями проникновения А. baicalensis в Палеобайкал в раннем плейстоцене могла быть либо прямая связь Тунки с Байкалом, либо посредством Палеоиркута, который на одном из ранних этапов квартера впадал в Байкал (Кононов, Мац Изв. Вузов. Сер. геология и разведка,1986, С. 91-98). В позднем плейстоцене при поднятии уровня Байкала возникли временные связи с бассейном Витима. Об этом говорит наличие панцирей А. baikalensis в отложениях 105-метровой байкальской террасы (Yefimova, Mats Berliner Paleobiologiche Abhanlunden, 2003, pp. 77-87) и верхоленской формы хариуса в верховьях ряда притоков Байкала в районах Верхнеангарской и Баргузинской впадин (Книжин и др. Вопр. ихтиологии, 2006, С. 38-47). Очевидно они, эти связи, и были путем повторного проникновения А. baicalensis в Байкал, где она нашла оптимальные условия существования.

GEOINFORMATION MODELLING AND MORPHOMETRIC ANALYSIS OF THE RELIEF OF NORTH-EASTERN PRE-BAIKAL

Nevzorova I.V.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

While resolving geomorphological, mapping and graphics-analytical tasks, a detailed presentation of structuremorphological peculiarities of the relief is of a great importance. Studying of these properties in GISsupplements can be realized by digital modelling, including ones for obtaining morphometric proxies (numerical characteristics: linear, areal, volumetric, angular ones). Cartometric and morphometric characteristics allow to study the correlation of valleys morphometry (models of tilt angles, slopes exposition, surface curvature, vertical and horizontal roughness) with drainage territory in the basins of selected rivers.

The aim of this study is geoinformation modelling of mountain-valley relief of Eastern Pre-Baikal and creation of GIS-models of glacial erosion of different scale (Late Pleistocene glaciation, Sartan stage 24-12 ky) from the viewpoint of formation of riverine network of Lake baikal catchment basin. It is required to resolve the following tasks: a) to study glacial-fluvial erosion systems; b) to reveal the regularities of morphology and dynamics, of characteristic peculiarities of glacial and fluvial rivers valleys; c) to study the interrelation of valleys morphometry with drainage territory in trough and riverine basins. This work is focused on integrated results of erosion processes rather than on specific mechanisms of valleys formation; further it will allow to pass to the quantitative assessment of glacial and fluvial erosion rates, to the calculation of the volumes of abrasive matter which participated in the formation of Lake Baikal basin and to other aspects of paleolimnological studies.

Digital modelling of the basins of Frolikha, Tompuda RR. (Barguzin Range, North-Eastern Pre-Baikal); Turka R. (Buryatia central part); Pereyomnaya and Khara-Murin RR. (Khamar-Daban Range, South-Eastern Pre-Baikal) is used by us as a methodological approach for resolution of local morphometric tasks, as horizontal and vertical characteristics of valleys form, their longitudinal and transvers profiles are necessary. It will allow to obtain variables for log-transformed equations of power dependence as an empirical criterion for parameters of 2 types of valleys forms. THe use of form parameters make possible to compilate valleys morphological characteristics in order to approach the understanding of the history of erosion process and to follow the ways in which climate changes, erosion processes and regional lithology impact the character of the territory studied.

The electronic model of the Frolikha R. basin (which we selected to test the methodological algorithm) is based on a digital model relief obtained by semiautomatic vectoring of a topographic map with the scale 1:50 000. Эталонные участки долин выполнены в модуле Vertical Mapper/ Map Info 8,5; 10м грид-ЦМР; для оптимизации результирующей 3-D, кроме слоя «рельеф», модель драпирована слоями «озера», «реки» с отметками урезов, «высотные отметки», «границы бассейнов», «водоразделы». The output result was used while creating spatially-based (geocoordinated) tables with x, y, z-coordinates of points of river bed profiles and fluvial deposits on the polygon (points table in MapInfo). The slopes gradients distributed into the basins studied were calculated using the module Vertical Mapper/ Map Info 8.5.

The area of valley transversal section is made in Easy Trace by digitalization "range-to-range", the valley portal cuts across perpendicularly the long axial valleys line. We had to pay attention to selection of application points of transversal section profiles avoiding sites of river beds confluence to minimize the effect of ranges heights decrease typical while uniting (junction) the valleys. Final points of the profile plane are attached to the watersheds lines in basins polygon covers. Such a method favours an exactly expressed selection of final points and transversal and longitudinal profiles, since natural morpho-sculpture landscape points are used (thalwegs, saddles, watershed lines, kerbs), as it is presented in CMR. Range lines were selected as upper borders of transversal profiles as, despite the process equivalence, the zone of erosion impact direction is however limited by glacier bed of by river bed bottom. The lines of valleys profiles were also taken into account in order to calculate further the slopes local gradients. Slopes gradients values for profiles sites were calculated from the angle of a horizontal cut line connected with points on the basic surface of the valley wall.

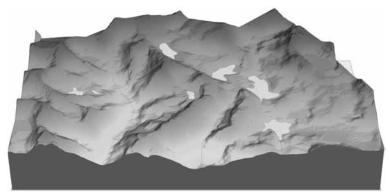


Fig. 1. A 3D-model of trough valleys with watersheds of the Frolikha R. basin (3D модель троговых долин с водоразделами бассейна р. Фролихи).

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЛЬЕФА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ

Невзорова И.В.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

При решении геоморфологических, картографичеких и графо-аналитических задач важное значение имеет детальная передача структурно-морфологических особенностей рельефа. Изучение этих свойств в ГИС-приложениях может быть реализовано посредством цифрового моделирования, в т.ч. для получения морфометричеких показателей (числовых характеристик: линейных, площадных, объемных, угловых). Картометрические и морфометрические характеристики позволяют изучить взаимосвязь долинной морфометрии (модели углов наклона, экспозиции склонов, кривизны поверхности, вертикальной и горизонтальной расчлененности) с дренажной территорией в бассейнах выбранных рек.

Цель исследования–геоинформационное моделирование горно-долинного рельефа Восточного Прибайкалья и создание разномасштабных ГИС-моделей ледниковой эрозии (позднеплейстоценового оледенения, сартанской стадии 24-12 тыс.л.), в аспекте формирования речной сети водосборного бассейна озера Байкал. Для этого потребуется решение следующих задач: а) изучение гляциальнофлювиальных эрозионных комплексов; б) выявление закономерностей морфологии и динамики, характерных особенностей ледниковых и флювиальных долин рек; в) изучение взаимосвязи долинной морфометрии с дренажной территорией в троговых и речных бассейнах. Эта работа фокусируется не на специфических механизмах долинообразования, а на совокупных результатах эрозионных процессов и позволит в будущем перейти к количественной оценке скорости ледниковой и речной эрозии, подсчету объемов абразионного вещества, участвовавшего в формировании котловины озера Байкал и другим направлениям палеолимнологических исследований.

Построение цифровых моделей бассейнов рек Фролихи, Томпуды (Баргузинский хребет, Северо-Восточное Прибайкалье); Турки (ц. часть Бурятии); Переемной и Хара-Мурин (хребет Хамар-Дабан, Юго-Восточное Прибайкалье) используется нами как методический подход решения локальных морфометрических задач, т.к. необходимы горизонтальные и вертикальные характеристики формы долин, их продольные и поперечные профили. Это позволит получить переменные для логтрансформированных уравнений степенной зависимости в качестве эмпирического критерия параметров 2 типов долинных форм. Применение параметров формы делает возможным сопоставление морфологических характеристик долин, чтобы приблизиться к пониманию истории эрозионного процесса и исследовать пути, по которым изменения климата, эрозионные процессы и региональная литология влияют на характер исследуемой территории.

Основу электронной модели бассейна р. Фролиха (выбранного нами для апробации методического алгоритма) составляет цифровая модель рельефа, полученная полуавтоматической векторизацией топографической карты масштаба 1:50 000. Эталонные участки долин выполнены в модуле Vertical Mapper / Map Info 8,5; 10м грид-ЦМР; для оптимизации результирующей 3-D, кроме слоя «рельеф», модель драпирована слоями «озера», «реки» с отметками урезов, «высотные отметки», «границы бассейнов», «водоразделы». Выходной результат использовался при создании пространственно-базированных (геокоординированных) таблиц х, у, z-координат точек профилей русла и флювиотложений в полигоне (таблица точек в МапИнфо). Градиенты склонов, дистрибутированные в изученные бассейны подсчитывались с использованием модуля Vertical Mapper/ Map Info 8,5.

Площадь долинного поперечного сечения построена в Easy Trace путем цифрования хребет-кхребту, долинный портал режет поперек перпендикулярно длинную осевую линию долин. Внимание требовалось к выбору точек приложения профилей поперечного сечения, избегая мест слияния русел, с тем чтобы минимизировать эффект понижения высот хребтов, типичного при объединении (сочленении) долин. Конечные точки плоскости профиля прикреплены к линиям водоразделов в покрытиях полигонов бассейнов. Такой метод способствует точно выраженному выбору конечных точек и поперечных и продольных профилей, т.к. используются природные морфоскульптурные точки (тальвеги, седловины, водораздельные линии, бровки) ландшафта, как отображено в ЦМР. Линии хребтов были выбраны как верхние границы поперечных профилей, потому что, несмотря на равнозначность процесса, зона направления эрозионного воздействия, тем не менее, ограничена ложем глетчера или дном русла. Линии долинных профилей учитывались также, чтобы затем подсчитать локальные градиенты склонов. Значения градиентов склонов для профильных участков вычислялись из угла горизонтальной секущей линии, соединенной точками, расположенными на базовой поверхности долинной стены.

PLEISTOCENE GLACIATION AND CHANGES IN LAKE BAIKAL LEVELS

Osipov E.Y.

Limnological Institute SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia eduard@lin.irk.ru

Mountain glaciers as a main source of meltwaters caused essential hydrological and level changes in Lake Baikal during Pleistocene cold stages. Ice extent and regional snowlines during marine isotope stage 2 (Last Glacial Maximum) was reconstructed from geological and geomorphological evidence with using GIS analysis. The local glacial maximum was dated as ~ 18 kyr BP by available ¹⁴C dates, cosmogenic ¹⁰Be exposure ages from shoreline moraines boulders, correlation between lakeshore end moraines end raised shorelines, and the IRD proxies from lake sediments. Ice covered approximately 13,000 km² of local Baikal watershed with ice volume of 2,000 km³ (or 1,800 km³ in water equivalent). Regionally averaged LGM snowline was lower than in modern conditions by 1340 meters (within altitude range of 1290±240 meters). A model of regional climate inferred from paleoglaciological reconstruction implies the summer temperature decrease by ~ 6-12°C with decreasing of annual precipitation by 25-50 per cent and increasing of solid fraction in precipitation up to 85 per cent. Reconstructed meltwater supply to Lake Baikal during full glacial conditions (18 ky BP) varied from 6.4 to 9.0 km³ yr⁻¹ (7-9 times less than present-day river input) was a strong regulator of lake water balance at that time (up to 60% of total water input to the paleo-lake). Preliminary water balance model based on sediment climatic proxies and ice reconstruction suggest of overflowing conditions with level similar to the present during last local ice maximum (18 ky BP), decreased (down to 40 meters below modern shoreline) level conditions caused by abruptly increased "effective evaporation" in the lake watershed at the start of MIS 2 (about 24-18 ky BP), marked by numerous geophysical and geomorphological off-shore data (i.e. submerged shorelines, underwater deltas) and increased lake level during late glacial conditions (marked by expressed low baikalian terraces) as a result of deglaciation. A model simulation implies that Lake Baikal was shortly (a few thousands years) closed basin, with increased water mineralization prior to full glacial condition stage. The results obtained suggest that glacier influence should be taken into consideration in further climate and hydrology reconstructions in Lake Baikal region.

ПЛЕЙСТОЦЕНОВОЕ ОЛЕДЕНЕНИЕ И ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ОЗЕРА БАЙКАЛ Осипов Э.Ю.

Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Горные ледники являются основным источником талых ледниковых вод вызывающих существенные гидрологические изменения в озере Байкал во время плейстоценовых похолоданий. Размеры ледников и региональные снеговые границы во время морской изотопной стадии 2 (Последний Ледниковый Максимум) были реконструированы по геологическим и геоморфологическим данным с помощью ГИСанализа. Локальный ледниковый максимум датируется около 18 тыс. лет назад на основании имеющихся радиоуглеродных датировок, космогенных датировок (¹⁰Ве) из моренных отложений в береговой зоне озера, корреляции прибрежных морен с террасами и следами айсбергового разноса в озерных осадках. Ледники покрывали около 13000 км² площади в ближнем водосборе Байкала и имели объем 2000 км³ (или 1800 км³ в водном эквиваленте). Региональная снеговая граница была, в среднем, ниже современной на 1340 м (в высотном интервале 1290±240 м). Модель регионального климата, основанная на палеогляциологической реконструкции подразумевает, что летние температуры уменьшались на 6-12°С при уменьшении количества годовых осадков на 25-50% и увеличении доли твердых осадков до 85%. Реконструированный приток талой воды в Байкал во время максимума оледенения (18 тыс. лет назад) варьировал от 6,4 до 9,0 км³/год (что в 7-9 раз меньше современного речного притока) и являлся сильным регулятором водного баланса озера (до 60% общего прихода в палео-озеро). Предварительная водно-балансовая модель, основанная на климатических сигналах из озерных осадков и ледниковой реконструкции свидетельствует о проточном режиме озера с уровнем близким к современному во время последнего локального ледникового максимума (18 тыс. лет назад), пониженном (до 40 м от современного) уровне вследствие резкого усиления «эффективного испарения» в начале МИС 2 (24-18 тыс. лет назад), отмеченного многочисленными подводными геофизическими и геоморфологическими данными (например, затопленные террасы, дельты) и увеличенном уровне во время позднеледниковья (отмеченного выраженными низкими байкальскими террасами) в результате дегляциации. Модельная симуляция свидетельствует о том, что озеро Байкал было на короткий период (несколько тысяч лет) замкнутым водоемом, с увеличенной минерализацией воды несколько ранее локального ледникового максимума. Полученные результаты свидетельствуют о том, что влияние

оледенения следует учитывать при дальнейших климатических и гидрологических реконструкциях озера Байкал.

RESEARCH OF CLIMATIC AND ECOLOGICAL CHANGES IN ALTAI REGION FROM HIGH-ELEVATION GLACIERS

Papina T.S., Eichler A.*, Schwikowski M.*, Malygina N.S.

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS,1, Molodezhnaya St., Barnaul 656038, Russia

*Paul Scherrer Institut, 5232 Villigen PSI, Switzerland

papina @iwep.asu.ru; natmgn @gmail.com; margit.schwikowski @psi.ch; anja.eichler @psi.ch

Ice cores from mid- and low-latitude, high-elevation glaciers are important archives as for global as for regional paleoclimatic and paleo-atmospheric information. The Altai mountain range has a NW to SE extension of about 2100 km and is located on the boundary between Russia, Kazakhstan, China, and Mongolia. It forms a climate divide between vast Siberian forests in the north and arid regions of Central Asia in the south. This fact makes ice cores from high-elevation Altai glaciers particularly attractive for climate change research. Investigation of climate and ecological changes in Altai region during the last 750 years on the data of ice core from Belukha glacier is the aim of our work.

We obtained the δ^{18} O data from analysis of a 139 m long ice core drilled at the Belukha glacier in 2001 (4062 m a.s.l., 49⁰48'26.3"N, 86⁰34'42.8"E) for reconstruction of paleotemperatures. The upper 138 m of the ice core cover the period 1250 – 2001, which was established by annual layer counting, ²¹⁰Pb dating, identification of volcanic horizons, and the use of a kinematic glacier flow model.

Reconstructive temperatures from Belukha ice core and the group sunspot number (SN) together with the solar activity proxy inferred from ¹⁰Be and ¹⁴C (solar modulation function) are shown in Figure 1. For a comparison with our data we used the solar activity reconstruction inferred from the ¹⁰Be record, which shows a higher correlation with the SN ($r^2 = 0.90$) compared to the ¹⁴C based reconstruction ($r^2 = 0.68$) in the period 1610 – 2000. Our temperature record is significantly correlated ($r^2 = 0.66$) with the ¹⁰Be based solar reconstruction (Fig. 1), suggesting that the sun was an important if not the main driving force for the temperature variation during the last 750 years. Our reconstructed temperatures are most significantly correlated with the ¹⁰Be ($r^2 = 0.68$) and ¹⁴C ($r^2 = 0.58$) based solar activity reconstructions in the period 1250 – 1850. Later 1850-2000 (industrial period) these correlations became lower: $r^2 = 0.56$ for ¹⁰Be and $r^2 = 0.21$ for ¹⁴C. This indicates that solar activity changes are a main driver for the temperature variation in the Altai region during the pre-industrial time. However, during the industrial period (1850 – 2000) solar forcing became less important.

Chemical analysis of Belukha ice core showed that mercury concentrations in the ice layers formed in the industrial time varies widely (from 0.2 to 6.3 ng/kg), but these concentrations are low and comparable with concentrations for other high-elevation glaciers in the Northern Hemisphere. Our results don't indicate influence of the big local source of mercury (Aktash smelter) on the atmosphere pollution in Altai region. major sources of atmospheric mercury pollution The reason of high correlation between concentrations of Hg and Pb in Belukha ice core for industrial time (Fig.2) can be determined by same sources of these metals emission, for example metallurgical and industrial centers of East Kazakhstan.

The glaciochemical data presented here indicate that the Belukha glacier provides a probably unique archive of atmospheric and environmental conditions in Central Asia.

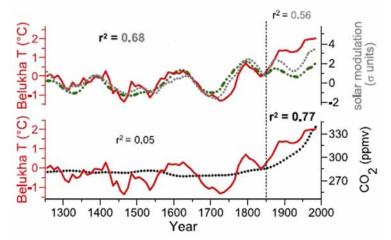


Figure 1. Comparison of the reconstructed temperature of the ice core Belukha glacier with solar activity and the concentration of CO_2 . Upper graph: reconstructed temperature (red line), reconstructed solar activity on the ¹⁰Be (gray line) and ¹⁴C (green line). Lower graph: reconstructed temperature (red line), the concentration of CO_2 (black dotted line) (Сравнение реконструированной температуры по ледовому керну седловины г. Белуха с солнечной активностью и концентрацией CO_2 . Верхний график: реконструированная температура (красная линия), реконструированная солнечная активность по ¹⁰Be (серая линия) и ¹⁴C (зеленая линия). Нижний график: реконструированная температура (красная линия), концентрация CO_2 (черный пунктир)).

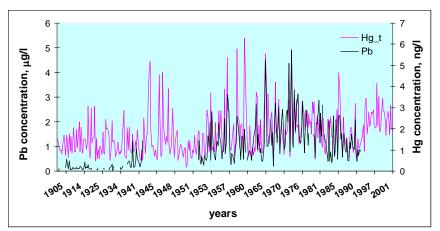


Рис. 2. Нд_{общ.} and Pb in ice core from Belukha glacier (Содержание Нд_{общ.} и Pb в керне ледника г. Белуха).

ОЦЕНКА КЛИМАТИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА АЛТАЕ ПО ДАННЫМ ВЫСОКОГОРНЫХ ЛЕДОВЫХ КЕРНОВ

Папина Т.С., Эйхлер А.*, Швиковски М.*, Малыгина Н.С.

Институт водных и экологических проблем СО РАН, 1, ул. Молодежная, Барнаул 656038, Россия *Институт Поля Шеррера, СН-5232, Виллиген, Швейцария

Ледовые керны высокогорных ледников средних и низких широт являются важными архивами палеоклиматической и палеоэкологической информации как на глобальном, так и региональном уровне. Алтайская горная гряда, вытянутая с северо-запада на юго-восток на 21000 км и расположенная на границе четырех стран России, Казахстана, Китая и Монголии, является водоразделом и определяет климатические различия между бескрайними Сибирскими лесами и пустынными районами Центральной Азии. В этой связи ледовые керны высокогорных ледников Алтая представляют чрезвычайный интерес для климатических исследований Центрально-Азиатского района. Целью настоящей работы является оценка климатических и экологических изменений в Алтайском регионе за последние 750 лет по данным ледового керна седловины горы Белуха.

На основе гляциохимического анализа 139 метрового ледового керна, отобранного совместной Российско-Швейцарской экспедицией в 2001 году, была получена изотопная кривая δ¹⁸O, на основе которой были реконструированы палеотемпературы. Этому предшествовали датировки верхних 138 метров ледового керна с помощью методики трех-параметрового подсчета слоев, определения максимальных значений концентраций трития и плутония (1963 и 1945 гг. соответственно) и активности ²¹⁰Pb, идентификации вулканических горизонтов и использования кинематической модели течения ледников.

Реконструированный температурный профиль по ледовому керну г. Белуха, а также число солнечных пятен и изменение солнечной активности, полученные по ¹⁰Ве и ¹⁴С показаны на рисунке 1. Сравнение температурного профиля с реконструированными данными солнечной активности показало, что за последние 750 лет солнечная активность является важной или даже основной движущей силой изменения температуры в Алтайском регионе (реконструкция по ¹⁰Ве, $r^2 = 0,66$). Наибольшая корреляция между полученной нами температурной шкалой и солнечной активностью наблюдается в прединдустриальный период (1250-1850 г.г.), когда коэффициенты корреляции между данными по температуре и реконструированной солнечной активностью составляют 0,68 по ¹⁰Ве и 0,58 по ¹⁴С. В последующие годы с 1850 по 2000 гг. (индустриальный период) коэффициенты корреляции снижаются и составляют ($r^2 = 0,56$) и ($r^2 = 0,21$) соответственно по ¹⁰Ве и ¹⁴С. Тем самым, полученные данные свидетельствуют, что изменения солнечной активности в доиндустриальный период играли существенную роль в формировании температурного режима на Алтае. Однако, с началом индустриального периода влияние солнечной активности снижается.

Результаты послойного анализа ледового керна показали, что содержание ртути в ледниковых слоях, сформированных в индустриальное время, изменяется в широких пределах от 0,2 до 6,3 нг/кг и находится на невысоком уровне, сравнимом с концентрациями для других высокогорных ледников Северного полушария. При этом полученные результаты указывают на отсутствие значимого влияния крупного локального источника ртути - Акташского ртутного комбината на загрязнение атмосферы Алтая. Существующая для индустриального времени хорошая корреляция между содержанием Hg и Pb (рис.2) может быть связана с их совместным транспортом от источника загрязнения до поверхности ледника (например, поступление от металлургических и индустриальных центров Восточного Казахстана).

На примере ледника горы Белухи показано, что высокогорные ледники Алтая являются высокоразрешающими уникальными природными палеоархивами климатических и экологических изменений в Центрально-Азиатском регионе за последнее тысячелетие.

PAST CLIMATE AND BIOGEOCHEMISTRY OF THE VOSTOK (ANTARCTIC) SUB-GLACIAL LAKE DEDUCED FROM DEEP ICE CORE STUDIES

Petit J.R.*, Alekhina I.A.****, Bulat S.A.****, Lipenkov V.Y.***

*Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement CNRS, BP 96 38402,

St Martin d'Hères Cedex, France

**Eukaryote's Genetics Lab, Division of Molecular and Radiation Biophysics, Petersburg Nuclear Physics

Institute, Leningrad region, Gatchina 188350, Russia

***Arctic and Antarctic Research Institute, 38, Bering. St., St Petersburg 199397, Russia

In 1957, at the time of the IGY, Vostok station was settled onto the Antarctic plateau at the geomagnetic South Pole (79S, 106E, 3480 m a.s.l). At the place, ice thickness is 3750 m, and a drilling programme initiated by 1970's, provided the first long continuous climate record. By mid 1990's a giant subglacial lake underlying the station was discovered. At the drill spot, an ice massif of refrozen lake water was sampled.

The Antarctic Vostok ice core provided compelling evidence of the nature of climate, and of climate feedbacks, over the past 420,000 years. This famous core was the first to reveal the link between surface temperature and atmospheric greenhouse gases which in turn contributed to the amplitude of the glacial interglacial temperature variations. The climate record from the polar ice is now extended over the past 740,000 years and eight climatic cycles by the EPICA Dome C ice core, drilled 600 km away from Vostok.

The very deep ice samples Vostok ice core (more than 3540m depth) provided refrozen water sample from the underlying giant subglacial lake. The Vostok subglacial Lake is the largest (up to ~14000 km²) amongst more than 350 other Antarctic subglacial lakes. The high pressure, excess gas, low temperature, absence of solar energy and isolation from surface biota for thousands and perhaps millions of years make it as extreme environments. The very low biological content of the lake ice makes direct contamination a critical issue and the DNA results still controversial. However, consistent biological and geochemical approaches suggest a probable deep biosphere within a hydrothermal environment.

HOLOCENE CLIMATE RECORD FROM CARBONATE SEDIMENTS OF SMALL SALINE LAKES, WEST BAIKAL AREA

Sklyarov E.V., Solotchina E.P.*, Vologina E.G., Solotchin P.A.*, Sklyarova O.A.

Institute of the Earth's Crust SB RAS, 128, Lermontova st., Irkutsk 664033, Russia *Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, 3, Koptyuga av., Novosibirsk 630090, Russia skl@crust.irk.ru

Modern systems of small saline lakes which can exist only in arid and semiarid conditions are the objects of special interest in paleoclimatic reconstructions. The small sizes of these lakes determine their high sensitivity to climatic changes in comparison with more conservative large reservoirs. The goal of these studies is to obtain high-resolution records of the Holocene climate of West Baikal area from evaporitic sections of small saline lakes on the basis of detailed mineralogical and crystallochemical investigations of carbonates.

Object of studying are bottom sediments of three small closed lakes with carbonate type of sedimentation - Tsagan-Tyrm, Kholbo-Nur and Namshi-Nur, located in the Ol'khon region. The arid and semiarid climate is characteristic for this area (Tazheran steppes). The lakes are localized in a Cenozoic depressions confined to a pull-apart faults that drains deep horizons of groundwater circulation and provides long-term stable feeding of the lakes with metamorphosed meteoric waters. The areas of their water planes less than 1km^2 , the depths are vary from 1,8 m to 6 m. The water has mineralization from 14,5 g/l to 1,8 g/l and alkaline reaction. The methods of investigations are: XRD-analysis, IR-spectroscopy, scanning electron microscopy, SR XFA, analysis of stable isotopes (δ^{18} O and δ^{13} C) and others.

Evaporite part of sections is presented mainly by carbonate sediments which age according to radiocarbon dating is not beyond Holocene. In particular, the deepest Lake Namshi-Nur was formed in the beginning of the Atlantic period ~8000 years BP (¹⁴C), the shallowest Lake Tsagan-Tyrm - in Holocene climatic optimum ~6400-6500 years BP (¹⁴C). Carbonate minerals of the lacustrine sediments are dominated by Mg-calcites which are solid solutions of MgCO₃ in calcite; calcite, aragonite, excess-Ca dolomite, monohydrocalcite and rhodochrosite is presence as well. Detailed carbonate mineralogy is considered by the position and intensity of the *hkl* = 104 reflection of anhydrous trigonal varieties of Mg-calcites, which form a continuous series of structurally disordered varieties of of varying composition. Splitting of complex XRD-profiles of carbonates into individual peaks by the Pearson function VII provided the whole set of existing carbonate minerals in each sample and their quantitative ratio.

The clearly reflected sequence of precipitation of one carbonate or another, controlled by a number of factors including the Mg²⁺/Ca²⁺ ratio in water, its carbonate alkalinity (concentration of HC₃-, CO₃²⁻, and H₂CO₃), salinity, pH value, temperature, and organic productivity of the lake was established. The behavior of carbonates in the section together with available datings, lithological data, and diatom and others analyses leads us to conclude that warm and wet climate produces mainly low-Mg calcites and vice versa; i.e., its aridization gives birth to high-Mg calcites (up to Ca dolomites). At the same time each lake has an individual features. So in Lake Namshi-Nur climate aridization increases the share of high-Mg calcites, but not so abruptly, as in Lake Tsagan-Tyrm. The reason is the greater quantity of water and, accordingly, inertness of a reservoir. In the top of Lake Namshi-Nur section among carbonates prevails monohydrocalcite which

preservation demands stabilizing factors, such as presence of phosphorus or organic substance in sediments. For Lake Kholbo-Nur carbonates the presence of significant amount of aragonite precipitated together with high-Mg calcites is characteristic in conditions of high carbonate alkalinity. A high-resolution carbonate record has been obtained for the first time for the lacustrine sediments.

It bears the information about the stratigraphic distribution of Mg-calcites - a continuous series of structurally disordered low - to high-Mg varieties, in which the amount and proportions of phases with different Mg contents are controlled by Mg/Ca ratio, salinity, and total alkalinity of the lake water changing depending on the climatic cycles and lake level fluctuations. It is established, that distribution of others carbonate minerals, such as aragonite, monohydrocalcite, calcite also is the important indicator of changes of paleolake conditions. A number of stages in evolution of each lake are marked out. With the presence of the general tendency of increase in climate aridity in the Holocene in the Ol'khon region, the carbonate record from lake sediments of demonstrates its significant and frequent fluctuations of various amplitudes. The performed investigations demonstrated a good perspective of the new approach based on mineralogical and crystallochemical investigations of carbonates from small saline lakes of arid zones for obtaining of high-resolution paleoclimatic records.

КЛИМАТИЧЕСКАЯ ЛЕТОПИСЬ ГОЛОЦЕНА ИЗ КАРБОНАТНЫХ ОСАДКОВ МАЛЫХ СОЛЕНЫХ ОЗЕР ЗАПАДНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ

Скляров Е.В., Солотчина Э.П.*, Вологина Е.Г., Солотчин П.А.*, Склярова О.А.

Институт земной коры СО РАН, 128, ул. Лермонтова, Иркутск 664033, Россия *Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, 3, пр. Ак. Коптюга, Новосибирск 630090, Россия

Современные системы соленых озер небольших размеров, существование которых возможно лишь в аридных и семиаридных условиях, являются объектом повышенного интереса при проведении палеоклиматических реконструкций. Малые размеры этих озер предопределяют их высокую чувствительность к климатическим изменениям по сравнению с более консервативными крупными водоемами. Цель работы – получение высокоразрешающих летописей климата голоцена Западного Прибайкалья из эвапоритовых разрезов малых соленых озер с интенсивным карбонатонакоплением на основе детальных минералого-кристаллохимических исследований карбонатов.

Объектом изучения являются донные осадки трех малых бессточных озер с карбонатным типом седиментации – Цаган-Тырм, Холбо-Нур и Намши-Нур, расположенных в Приольхонье. Для этого региона характерен аридный и семиаридный климат (Тажеранские степи). Озера располагаются в пределах кайнозойских впадин, приуроченных к структурам растяжения, дренирующим глубокие горизонты циркуляции подземных вод, что обеспечивает долговременную устойчивую подпитку озер метаморфизованными метеорными водами. Площадь их водной поверхности менее 1,1 км², глубина колеблется от 1,8 м до 6 м. Минерализация вод, имеющих щелочную реакцию, составляет от 14,5 г/л до 1,8 г/л. Методы исследования – рентгеновская дифрактометрия (XRD), ИК-спектроскопия, сканирующая электронная микроскопия, РФА СИ, анализ стабильных изотопов δ¹⁸О и δ¹³С и другие.

Эвапоритовая часть разрезов представлена преимущественно карбонатными отложениями, возраст которых по данным радиоуглеродного датирования не выходит за пределы голоцена. В частности, самое глубокое озеро Намши-Нур образовалось в начале атлантического периода ~8000 л.н. ¹⁴С, самое мелкое озеро Цаган-Тырм – в климатической оптимум голоцена ~6400-6500 л.н. ¹⁴С. Среди карбонатных минералов озерных осадков преобладают Мg-кальциты, являющиеся твердыми растворами MgCO₃ в кальците, присутствуют кальцит, арагонит, Са-избыточный доломит, моногидрокальцит и родохрозит. Детальная карбонатная минералогия рассмотрена по положению и интенсивности отражений hkl=104 безводных тригональных Mg-кальцитов, образующих непрерывный ряд структурно разупорядоченных разностей переменного состава. Разложением сложных XRDпрофилей карбонатов на индивидуальные пики функцией Пирсона VII в каждом образце получен весь набор присутствующих карбонатных минералов и их количественные соотношения.

Установлена четко выраженная последовательность осаждения карбонатов, определяемая рядом факторов: Mg²⁺/Ca²⁺ отношением в воде, её карбонатной щелочностью (концентрации HCO₃⁻, CO₃²⁻ и H₂CO₃), соленостью, величиной pH, температурой, органической продуктивностью озера. Сопоставляя поведение карбонатов в разрезе с имеющимися датировками, данными литологического, диатомового и других анализов можно сделать вывод о том, что теплый и влажный климат приводит к формированию преимущественно низкомагнезиальных кальцитов и наоборот – его аридизация способствует образованию серии высокомагнезиальных кальцитов вплоть до Са-доломитов. Вместе с тем каждое озеро обладает своими индивидуальными чертами. Так в озере Намши-Нур аридизация климата увеличивает долю высокомагнезиальных кальцитов, но не столь резко, как в оз. Цаган-Тырм. Причиной является больший объем воды и, соответственно, инертность водоема. В верхней части разреза оз. Намши-Нур среди карбонатов преобладает моногидрокальцит, сохранность которого требует стабилизирующих факторов, таких как наличие в осадке фосфора, органического вещества. Для карбонатов оз. Холбо-Нур характерно присутствие значительного количества арагонита, осаждение

которого происходит одновременно с высокомагнезиальными кальцитами при повышенной карбонатной щелочности.

Впервые из осадков малых соленых озер получены карбонатные записи высокого разрешения, содержащие сведения о стратиграфическом распределении Mg-кальцитов, в которых количество и соотношение фаз различной степени магнезиальности определяются величиной Mg/Ca-отношения, соленостью и общей щелочностью вод в прошлом, меняющихся в соответствии с климатическими циклами и колебаниями уровня озера. Установлено, что распределение других карбонатных минералов, таких как арагонит, моногидрокальцит, кальцит также является важным индикатором изменений обстановок в палеоводоеме. Выделен ряд стадий в развитии каждого из озер. При наличии общей тенденции увеличения сухости голоценового климата в Приольхонье карбонатная запись из озерных осадков показывает резкие и частые его флуктуации различной амплитуды. Выполненные исследования показали высокую перспективность нового подхода, базирующегося на минералогокристаллохимических исследованиях карбонатов малых соленых озер аридных зон, для получения палеоклиматических записей высокого разрешения.

UNDERWATER TERRACES OF LAKE BAIKAL AS THE BASIS FOR NEW PALEOGEOGRAPHIC LATE CENOZOIC RECONSTRUCTIONS OF NORTHERN ASIA Tulokhonov A.K.

Baikal Institute of Nature Managements SB RAS, 6, Sakhyanovoy st., Ulan-Ude 670047, Russia

Current level of Baikal, the world's oldest lake, is known to be 456 m with small seasonal fluctuations. However, the level of the water table has undergone significant changes over the past 20 million years since its formation.

Rise of the water level on the lake coasts resulted in sand-pebble accumulation (terraces up to 100-120 m). Such levels were registered in different parts of Baikal depression, in the region of the southern basin – from Tankhoy Station to Vydrino Settlement, on Ushkany Islands, from Frolikha Bay to Khakusy. The source of Lena River (near Manzursk ridge) 2 - 0.6 million years ago, when the Eocene water level was much higher, was generally considered to be Lake Baikal.

Lower terraces (20-30 m) were located in Tyya River inlet, Frolikha Bay, Oymur Settlement, lower reaches of Manturikha, Osinovka, Mishikha Rivers. Recent 5–10 m lake levels cause sandy-pebble accumulation along the east shore of Baikal.

Thus, it may be concluded that the lake level was significantly higher during the Anthropogene period (approximately 1 million years), gradually forming the modern contours of the shoreline. Judging by the well-preserved multi-aged terraces, we assume that the magnitude of the water level fluctuations was not large with a tendency toward gradual decrease. Otherwise lower terraces would have been washed out by rising water.

It may be also suggested that the lake fluctuations dropped below its present level. However, we need comprehensive bathymetric and visual surveys to make definite conclusions. First, not all flat surfaces on the underwater slope were formed by waves. Second, boulders or pebbles collected by the dredge, could fall onto the slope from the present beach.

Quite new possibilities to study geomorphology of the underwater relief of Baikal basin were provided by the Mir manned submersibles during expeditions of 2008-2009.

It should be noted that the current expedition was the third one using manned submersibles. Manned submersibles Pieces were used in 1977 and 1990-1991. Unfortunately, geomorphologic and lithologic observations of the lake bottom were not included in this program

Mir submersibles are much more technologically advanced compared to their predecessors. This is one of the few autonomous underwater vehicles carrying a pilot and two observers 6 km deep in the sea water. The bathyscaphes are equipped with 3-day life support systems, two manipulators, underwater cameras and a set of different sensors and sampling devices.

In 2008, the studies were mainly carried out in the southern and middle Baikal basins with maximal depth of 1400 and 1600 m. Besides various hydrobiological, hydrochemical and other investigations, the author paid special attention to the structure of the slope and bottom relief of the underwater depression (Fig. 1a).

During first plunges in the vicinity of Olkhon Island at the depth of 800 m, some well-rounded boulders and pebbles were collected. Since the sampling locality was not registered, we assumed that they reached this depth by sliding along a steep slope from the modern beach at the eastern side of the island.

Subsequent plunges allowed the author to register bolder-pebble layers constituting ancient beaches of the lake at the depth of 820 m along the eastern slope of the island, 640 m deep near Goloustnoe Settlement, 450 and 220 m deep opposite Baikalsk town (Figs. 2).

The layers were 1-2 m thick, discontinuously bent, disappearing from observer's sight.

It seems that these layers correspond to the ancient coastal line. The material on the beach is wellrounded and mainly consists of small boulders and large pebbles. Smaller fractions are missing or buried under the sand. Observation sites are 3-5 to 10 km away from the present water edge. The petrographic composition of the boulder-pebble material corresponds to the granite rocks on the shore.

Strange as it may seem, all boulders and pebbles (probably of different age) are covered by a thin layer of silt (2-3 mm) irrespective of the depth of their location. It is likely a result of extremely low rate of bottom sedimentation.

In 2009, at the depth of 460 m linearly arranged pebble sediments about 1 m thick were registered on a relatively flat sandy bottom of the lake opposite Frolikha Bay in northern Baikal (fig. 1b).

A day before, another submersible Mir-2 collected large pebbles and a small oval boulder overgrown by small algae and zooplankton from the depth of 600 m.

Unfortunately, it is difficult to determine the age of ancient shorelines without any dating. Nevertheless, paleogeomorphological analysis of these sediments allows us to conclude that the lake level was more than 800 m lower at the earliest evolution stages than the level of the present water table. Later, its level gradually rose to the present position of the boulder-pebble sediment layers. Four levels were found while surveying the three lake basins: the most ancient level – 840 m lower than the present water edge, the following levels at the depth of 640 m, 400-450 and approximately 200 m, respectively. Only two levels, at the depth of 640 and 450 m were observed near Goloustnoe Settlement and Baikalsk.

It is unlikely that varying elevation of ancient beaches is due to neotectonic differentiation of the coastal morphostructures.

Filling of the lake basin with water, presumably, took place in the interglacial period after subsequent melting of the mountain glaciers. As Angara River broke through, the level of Lake Baikal dropped 100 m.

Subsequent paleo-levels of the lake were formed during anthropogenic cooling, when the bulk of the moisture was concentrated in ice fields.

The Quaternary period of the Western Siberia has been studied most comprehensively, which included: Samarovsky, Kazantsevsky, Karginsky glaciations and interglacial periods. The levels of ancient Baikal, probably, corresponded to these stratigraphic patterns.

Moraines were found in northern Pribaikalye: lateral moraines on the sides of Frolikha and Ayaya Bays, end moraines along the western slope of Baikal Ridge in the valleys of Ulkan, Okunayka, Kunerma, Chaya and other rivers. Four levels of glacial kars in the foothills of Barguzin Ridge correspond to these moraine complexes.

Such age comparisons allowed us to state that Lake Baikal basin experienced no less than four periods of gradual rise of the level and, probably, the same number of stable periods and accumulation of beaches. According to the author's opinion, it is difficult to find any other interpretation of his observations of Baikal bottom aboard the submersibles Mir.



Fig. 1. **a** – Relief of the southern basin of Lake Baikal photographed through the illuminator of Mir, **b** – Linear arrangement of pebble sediments opposite Frolikha Bay, northern Baikal (**a** – рельеф южной впадины оз. Байкал из иллюминатора ГОА «Мир», **b** – линейно расположенные галечные отложения напротив губы Фролиха в северном Байкале). (Hereinafter, the photos by the author. Здесь и далее фото автора).



Figs. 2. Boulder-pebble sediment layers (Слои валунно-галечного материала).

ПОДВОДНЫЕ ТЕРРАСЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ – ОСНОВАНИЯ ДЛЯ НОВЫХ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ ПОЗДНЕГО КАЙНОЗОЯ СЕВЕРНОЙ АЗИИ

Тулохонов А.К.

Байкальский институт природопользования СО РАН, 6, ул. Сахьяновой, Улан-Удэ 670047, Россия <u>atul@binm.bscnet.ru</u>

Как известно, современный уровень Байкала — самого древнего озера планеты – расположен на отметке 456 м и в небольших пределах колеблется из-за сезонных изменений климата. Однако на протяжении более чем 20 млн лет со времени своего возникновения водное зеркало колебалось в более крупных масштабах.

На берегах озерной котловины результаты более высокого стояния озерных вод фиксируются аккумулятивными песчано-галечными террасами на высотах до 100-120 м. Такие уровни отмечаются в разных местах Байкальской впадины в районе южной котловины – от станции Танхой до пос. Выдрино, на Ушканьих о-вах, от губы Фролиха до Хакус. Многие исследователи считают, что 2-0,6 млн. лет назад, в эоплейстоцене, когда уровень озера был значительно выше, байкальские воды служили истоком р. Лены в районе Манзурской перемычки.

Более низкие (20-30-метровые) террасы известны в устье р. Тыя, на мысе Фролова, в пос. Оймур, в низовьях рек Мантуриха, Осиновка, Мишиха. Самые молодые, 5-10-метровые, озерные уровни формируют аккумулятивные берега вдоль всего восточного побережья озера.

Таким образом, можно утверждать, что на протяжении всего антропогена (около 1 млн. лет) уровень озера был значительно выше и постепенно сформировался в современных контурах береговой линии. Судя по сохранности разновозрастных террас, с определенной долей вероятности можно утверждать, что крупных пульсаций водного режима не происходило и вектор гидрологического режима был ориентирован на последовательное понижение. В противном случае более низкие террасы были бы размыты при повышении уровня.

В равной степени можно было бы предположить колебания уровня озера ниже его современного состояния. Однако сделать такие выводы без детальных батиметрических и визуальных наблюдений практически невозможно. Во-первых, не каждая плоская площадка на подводном склоне может быть образована волноприбойной деятельностью. Во-вторых, даже поднятые драгой валун или галька могут скатиться вниз с современного пляжа.

Совершенно новые возможности изучения геоморфологического строения подводного рельефа озерной котловины представились во время экспедиционных работ с использованием глубоководных обитаемых аппаратов «Мир» в сезоны 2008-2009 гг.

Следует отметить, что эта экспедиция с использованием обитаемых подводных аппаратов была уже третья по счету. Ранее подводные аппараты «Пайсис» использовались в 1977 и 1990-1991 гг. К сожалению, в этих исследованиях практически не рассматривались особенности геоморфологического и литологического строения дна озера.

Возможности «Миров» намного превосходят технические параметры своих предшественников. Это одни из немногих в мире автономных плавательных аппаратов, способных погружаться с пилотом и двумя наблюдателями на глубины до 6 км в соленых морских водах. Жизнеобеспечение таких батискафов рассчитано на срок до 3 сут. Они оборудованы двумя манипуляторами, камерами для подводной съемки и набором различных датчиков и пробоотборников.

В сезон 2008 г. основные исследования проводились в южной и средней впадинах Байкала с максимальными отметками соответственно 1400 и 1600 м. Кроме различных гидробиологических, гидрохимических и других исследований автор особое внимание уделил изучению строения рельефа склонов и днища подводной впадины (fig 1a).

Уже во время первых погружений вблизи о. Ольхон на глубинах около 800 м были подняты отдельные хорошо окатанные валуны и гальки. Однако гидронавты не зафиксировали местонахождение этого материала, поэтому мы предположили, что он появлялся на таких глубинах в результате сползания по крутому склону из современных пляжей, расположенных вдоль скал восточного побережья острова.

На следующих погружениях автором были зафиксированы слои валунно-галечного материала, которые фиксируют древние пляжи озера на глубинах до 820 м вдоль восточного склона острова, на глубине 640 м вблизи пос. Голоустное, 450 и 220 м – напротив Байкальска. (fig. 2).

При этом валунно-галечные слои имеют мощность не более 1-2 м и прерывисто изгибаясь, исчезают из поля зрения прожекторов.

Можно предположить, что эти линии соответствуют древней береговой линии. Пляжный материал хорошо окатан и состоит в основном из мелких валунов и крупной гальки. Более мелкие фракции отсутствуют либо погребены под толщей песка. Точки наблюдения древних пляжей расположены на удалении от 3-5 до 10 км от современного уреза воды. По петрографическому составу валунно-галечный материал соответствует выходам гранитных пород на берегу.

Как ни странно, все валуны и гальки покрыты только тонким слоем ила толщиной не более 2-3 мм независимо от глубины их расположения (и, возможно, разного возраста). Это может быть результатом крайне низкой скорости донного осадконакопления.

В сезон 2009 г. при погружении напротив губы Фролиха в северном Байкале на глубине 460 м зафиксированы линейно расположенные галечные отложения мощностью не более 1 м на сравнительно плоском песчаном днище озера (fig. 1b).

Другим аппаратом «Мир-2» днем ранее в 600 м севернее подняты крупная галька и мелкий валун овальной формы, покрытые мелкими водорослями и зоопланктоном.

К сожалению, при отсутствии каких-либо датировок затруднительно определить время формирования древних береговых линий. Тем не менее, палеогеоморфологический анализ этих отложений позволяет сделать вывод, что на ранних этапах эволюции озера его уровень был более чем на 800 м ниже современного положения водного зеркала.

И далее его уровень последовательно поднимался до отметок, на которых расположены эти валунно-галечные отложения. Таких уровней во всех трех котловинах озера обнаружено не менее четырех. Самый древний – на 840 м ниже современного уреза воды, следующий – на глубинах около 640 м, далее идут отметки 400-450 м и около 200 м. При этом в районе пос. Голоустное и Байкальска фиксируются уровни 640 и 450 м.

Вряд ли правомерно предполагать, что разная высота древних пляжей – результат неотектонической дифференциации береговых морфоструктур.

Скорее всего, наполнение озерной котловины водной массой происходило в межледниковое время после таяния горных ледников последовательно. В результате прорыва Ангары произошло опускание уровня озера Байкал на 100 метров.

Соответственно в периоды антропогеновых похолоданий, когда основная влага концентрировалась в ледниковых полях, формировались очередные озерные палеоуровни.

Наиболее детально схема четвертичного периода разработана для Западной Сибири, где выделены: самаровское, казанцевское, каргинское оледенения и соответствующие межледниковья. Древние байкальские уровни могут соотноситься с этими стратиграфическими разделами.

В Северном Прибайкалье установлены морены разного времени – боковые в бортах губы Фролиха и Аяя, конечные вдоль западного склона Байкальского хребта в долинах рек Улькан, Окунайка, Кунерма, Чая и др. Этим моренным комплексам соответствуют четыре уровня ледниковых каров в гольцовом поясе Баргузинского хребта.

Такие возрастные сопоставления дают основание утверждать, что в развитии Байкальской озерной котловины было не менее четырех периодов последовательного повышения уровня и, вероятно, такое же количество периодов стабилизации и формирования аккумулятивных пляжей. Иное объяснение этих образований, обнаруженных автором из иллюминаторов глубоководных обитаемых аппаратов «Мир» на дне оз. Байкал дать трудно.

SEDIMENTATION IN THE SOUTH BASIN OF LAKE BAIKAL Vologina E.G., Sturm M.*, Vorobyeva S.S.**

Institute of the Earth's Crust SB RAS, 128, Lermontova st., Irkutsk 664003, Russia *EAWAG-ETH, CH-8600 Dubendorf, Switzerland **Limnological Institute, SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya st.3, Irkutsk 664033, Russia vologina @crust.irk.ru, sturm @eawag.ch, lana @lin.irk.ru

Recent results are reported of ongoing research of sedimentation processes in Lake Baikal. A number of sediment cores, up to 1.5 m long, were recovered along a N-S transect at Cape Ivanovskii in the South Basin of the lake.

Coastal, near North shore sediments from 500 m water depth show big admixtures of sand (23-30.5 %). Turbidite layers are absent. The mineral composition (fraction 0.05-0.25 mm) contains up to 33.6 % olivine $((Mg,Fe)_2SiO_4)$ and up to 2.4 % spinel (MgAl₂O₄). The source of these minerals are rocks of the 'Sharyzalgaiskaya Series' (early Precambrian), which are widely distributed along the N-coast and beautifully outcropped at the section of 'Belaia Vyemka'.

Diatom analyses testify that Holocene deposits overlay sediments of Late Pleistocene in the near-shore short cores from water depths of 500 m water depth. This indicates very small sedimentation rates (approx. 0.03 mm y^{-1}), which is supported by the development of a big thickness of the oxidized layer (up to 21.5 cm) at the top of the sediments.

Off-shore deposits of the flat deep-water parts of the basin (1300-1400 m water depths) are characterized by an alternation of fine grained pelagic mud intersected by frequent turbidite layers. Pelagic mud is formed under calm sedimentation conditions. It is composed of autochthonous biogenic material (mainly diatoms) and some allochthonous terrigenous material. The intercalated turbidites are deposits of long distance turbidity currents and contain high amounts of sandy, terrigenous material. They are triggered by catastrophic events, such as earthquakes, flood events etc.

Speed of recent sedimentation in the deep water part is 1.2 mm y⁻¹. This value agrees well with sedimentation rates measured in other parts of the South Basin before (Vologina, Sturm, 2009). Accordingly, the thickness of the oxidized layer of 2-5 cm is much smaller than on top of the near-shore sediments.

Contents of SiO_{2biog} vary in the deep-water sediment sequence. Maximum values of up to 25.5 % have been determined within pelagic mud and minimal contents of up to 1.3 % within turbidites. Concentrations of

 C_{org} and N_{tot} show similar differences. Mud values of C_{org} and and N_{tot} are up to 3.9 % and 0.4 % respectively, whereas concentrations within turbidite layers are 0.39 % for C_{org} and <0.1 % for N_{tot} .

The high proportions of sand and heavy minerals, of spiculae of sponges and of terrestrial plant remains are characteristic for turbidite layers and are coupled with decreased concentrations of planktonic diatoms and high contens of benthic and ancient species. This implies that the material originates mainly from coastal and near-shore areas of the lake. The sources of the turbidites are suggested, to be located at the south and south east shores of South Baikal. This far distance transport of material would testify the existence of powerful, high-energy turbidity currents in Lake Baikal.

This research was supported by the Russian Ministry of Education and Science (Contract 02.740.11.0018, P1242, zadanie RNP 2.2.1.1/1483, RNP 2.1.1/1539, RNP 2.2.1.1/5901, REC «BAIKAL»), EAWAG grant № 85145, integration grant SB RAS № 92 and RFBS grant № 09-05-13505.

ОСАДКОНАКОПЛЕНИЕ В ЮЖНОЙ КОТЛОВИНЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ Вологина Е.Г., Штурм М.*, Воробьева С.С.**

Институт земной коры СО РАН, 128, ул. Лермонтова, Иркутск 664033, Россия *Швейцарский федеральный институт науки и технологии окружающей среды, СН-8600, Дюбендорф, п/я 611, Швейцария

**Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия

Представлены новые результаты исследования процессов осадконакопления в озере Байкал. Керны донных отложений (до 1,5 м) отобраны в Южной котловине озера по профилю в направлении с севера (от мыса Ивановский) на юг.

На глубине 500 м вблизи северного берега осадки содержат значительную примесь песка (23-30,5%), турбидиты отсутствуют. Среди минералов фракции 0.25-0.05 мм обнаружены оливин ((Mg,Fe)₂SiO₄) - до 33,6% и шпинель (MgAl₂O₄) - до 2,4%. Источником этих минералов служат породы шарыжалгайской серии (ранний докембрий), обнаженные в районе исследования (береговой разрез «Белая выемка»).

Данные диатомового анализа свидетельствуют о наличии голоценовых и позднеплейстоценовых осадков в колонках, отобранных на глубине 500 м рядом с берегом. Малые скорости осадконакопления (приблизительно 0,03 мм/год) определяют достаточно мощный окисленный слой отложений (до 21,5 см) в этом районе.

Осадки в пределах плоских глубоководных частей дна котловины (глубины - 1300-1400 м) представлены переслаиванием тонкозернистых пелагических биогенно-терригенных илов и турбидитов. Пелагические илы накапливаются в спокойной обстановке седиментации и состоят из автохтонного биогенного (главным образом, диатомей) и аллохтонного терригенного материала. Турбидиты являются отложениями суспензионных потоков, способных распространяться на значительные расстояния, состоят главным образом из терригенного материала с высоким содержанием песка. Их образование связано с катастрофическими событиями (землетрясения, наводнения и др.).

Скорость современного осадконакопления в глубоководной части озера составляет 1,2 мм/год, что хорошо согласуется с ранее полученными результатами по темпам осадконакопления в Южной котловине Байкала (Вологина, Штурм, 2009). Соответственно мощность окисленного слоя (2-5 см) значительно меньше, чем в отложениях вблизи берега.

Содержания биогенного кремнезема (SiO_{2биог}) в разрезе глубоководных осадков варьируют в широких пределах. Максимальные значения (до 25,5%) отмечены в пелагических илах, минимальные (до 1,3%) – в пределах турбидитов. Концентрации органического углерода (С_{орг.}) и общего азота (N_{общ.}) изменяются подобным образом. В пелагических илах эти параметры достигают 3,9% и 0,4%, тогда как в турбидитовых слоях – 0,39% и <0,1% соответственно.

Повышенное содержание песка и минералов тяжелой фракции, спикул губок и наземных растительных остатков, пониженные концентрации створок планктонных диатомовых водорослей и, в то же время, повышенная доля бентосных и древних диатомей характерны для турбидитовых слоёв. Это свидетельствует, что материал поступает главным образом с наземных склонов и из мелководной зоны Байкала. Предполагается, что источником исследованных турбидитов являются южные и юго-восточные склоны Южной котловины. Значительная удаленность турбидитов от источников сноса подтверждает большую энергию суспензионных потоков в озере Байкал.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (ГК № 02.740.11.0018, П1242, П2504, задания РНП 2.2.1.1/1483, 2.1.1/1539, 2.2.1.1/5901 НОЦ «Байкал»), гранта № 85145 Швейцарского федерального института науки и технологии окружающей среды, интеграционного проекта СО РАН № 92 и гранта РФФИ № 09-05-13505-офи_ц.

MINERAL COMPOSITION OF BOTTOM SEDIMENTS AND SEDIMENTATION PECULARITIES OF LAKE CHANY (SOUTH OF WESTERN SEBIRIA)

Zhdanova A.N., Shikhova A.V. & Filonenko A.V.

Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, 3, ac. Koptug av., Novosibirs, 630090, Russia

zhdanova@uiggm.nsc.ru

Lake Chany is located in the central part of Baraba steppe at the south of Western Siberia and it is the largest closed water basin between the Ob and Irtysh Rivers. The surface area of the lake is about 1707 km², with a mean depth of 2.2 m. The Kargat and Chulym rivers flow into the lake from the northeast. Lake Chany consists of three associated lakes, Lakes Bolshye Chany, Malye Chany and Yarkul, which are connected by narrow channels. Before 1972 Lake Bolshye Chany consisted of four pools, Chinyaikhinskii, Tagano-Kazantsevskii, Yarkov and Yudinskii. To decrease the surface area evaporation of lake and to increase the water level in the central part of Bolshye Chany there was constructed dam separated Yudinskii pool from Bolchye Chany. The Lake Malye Chany together with pools from Bolshye Chany forms a lake chain. The salinity of the chain increases from the point where the river flows into Lake Malye Chany to the innermost part of the lake complex, Yudinskii pool of Bolshye Chany. The chosen study sites were: the central parts of Yudinskii pool of Bolshye Chany. Two cores (the length 610 cm and 360 cm) have been obtained from these parts of the lake in 2004 and 2006, respectively. The core from Lake Malye Chany was sampled at 10 cm and that from Yudinskii pool was sampled at 6 cm. The aim of this work is the mineral composition investigation of bottom sediments of Lake Malye Chany and Yudinskii pool of Bolshye Chany. Two cores (the length 610 cm and 360 cm) have been obtained from these parts of the lake in 2004 and 2006, respectively. The core from Lake Malye Chany was sampled at 10 cm and that from Yudinskii pool was sampled at 6 cm. The aim of this work is the mineral composition investigation of bottom sediments of Lake Malye Chany and Yudinskii pool of Bolshye Chany by methods of X-ray dif

It was established that the mineral association of Lake Malye Chany bottom sediments includes quartz, feldspars, carbonates, gypsum, bassanite, pyrite, mica, chlorite and kaolinite. The quartz and feldspars are more abundant in the lower part of the core at intervals from 360 to 156 cm and from 360 to 180 cm, respectively. At the upper part of the core the amounts of these minerals decrease about two times. Carbonates are presented by calcite and Mg-calcite with the amount of $MgCO_3$ from 4 to 10 mol. %. The former was observed at the interval from 360 to 108 cm and the latter was from 220 to 0 cm. Gypsum, bassanite and pyrite are observed only in the upper part of the core to the depth of 100 cm.

The mineral composition investigation of Yudinskii pool bottom sediments allows identifying the presence of the following minerals: quartz, feldspars, mica, chlorite, kaolinite, illite/smectite, calcite, high-Mg-calcite, Caexcess dolomite, gypsum and amphibole. Layered silicates such as mica, chlorite, kaolinite and illite/smectite dominate in the lower part of the core from 610 to 370 cm. Carbonates are basically presented by calcite. In the upper 10 cm of the core there is not only calcite but also Ca-excess dolomite and high-Mg-calcite with the amount of MgCO₃ as much as 35 mol. %. After the separation of Yudinskii pool from Bolshye Chany the mineralization of its water suddenly increased and we suggest that the upper 10 cm of bottom sediments has already deposited in closed saline basin and the presence of high-Mg-calcite, Ca-excess dolomite and gypsum proves it.

The comparative analysis of mineral composition of bottom sediments from Lake Malye Chany and Yudinskii pool of Bolshye Chany has shown big differences both in composition and in distribution of minerals in the cores that is mainly connected with water chemistry and presence of drain in Lake Malye Chany.

The work was supported by grand VMTK "Mineralogy of bottom sediments from Lake Chany (Novosibirsk region) as the reflection of water balance and climate changes in the south of Western Siberia".

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ДОННЫХ ОСАДКОВ И ОСОБЕННОСТИ СЕДИМЕНТАЦИИ ОЗЕРА ЧАНЫ (ЮГ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)

Жданова А.Н., Шихова А.В., Филоненко А.В.

Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, 3, пр. ак. Коптюга, Новосибирск 630090, Россия

Бассейн озера Чаны расположен на юге Западной Сибири в центральной части Барабинской степи и является крупным бессточным водоемом Обь-Иртышского междуречья. Площадь водной поверхности составляет около 1707 км², средняя глубина 2.2 м. Водный режим озера носит циклический (пульсирующий) характер. Одна из основных составляющих приходной части его водного баланса — водный сток рек Каргат и Чулым, впадающих в озеро в его юго-восточной части и дренирующих мощные заболоченные территории к северо-востоку от него. Озеро имеет сложную плановую конфигурацию и состоит из двух частей: первая — оз. Большие Чаны, в его состав входят Ярковский, Тагано-Казанцевский и Чиняихинский плесы; вторая — озера Яркуль и Малые Чаны, соединяющиеся протокой с оз. Большие Чаны. В 1972 г. от основной части озера системой дамб был отделен Юдинский плес, что позволило уменьшить площадь испарения с водной поверхности озера и создать условия для повышения уровня воды за счет речной приточности в основную часть озера (Савкин и др., 2006). За 1972–1977 гг. Юдинский плес потерял 41 % площади, при этом уровень его снизился с 105,65 до 104,2 м, а соленость возросла до 20 г/л. Минерализация вод в плесе в августе 1991 г. составляла 34,3 г/л (Булатов и др., 2005). Минерализация вод Малых Чанов варьирует от 1 до 5 г/л (Пульсирующее..., 1982).

Целью данной работы является исследование минерального состава донных осадков Юдинского плёса оз. Большие Чаны и оз. Малые Чаны методами рентгеновского дифракционного (XRD) анализа и

ИК-спектроскопии. Керны длиной 360 см и 610 см, полученные в центральной части оз. Малые Чаны и Юдинского плёса, соответственно, были предоставлены для исследования С.К. Кривоноговым (ИГМ СО РАН). Опробование проводилось через 6 см (45 проб) для керна оз. Малые Чаны и через 10 см (65 проб) для керна Юдинского плёса. Доминирующими минералами донных осадков оз. Малые Чаны являются кварц, полевые шпаты и карбонаты, в подчиненных количествах присутствуют гипс, бассанит, пирит, слюда, хлорит, каолинит. Количественные определения суммарного содержания карбонатов, кварца и полевых шпатов выполнены методом ИК-спектроскопии с использованием калибровочных графиков. Высокие содержания кварца (~50%) и полевого шпата (~15%) наблюдаются в интервале глубин от 360 до 156 см и от 360 до 180 см, соответственно. Выше по разрезу содержание этих минералов в керне снижается примерно в 2 раза. Карбонаты представлены кальцитом и Mg-кальцитами разной степени магнезиальности от 4 до 10 мол. %. В нижней части керна (360-228 см) присутствует кальцит, выше по разрезу (220-108 см) кальцит сосуществует вместе с Mg-кальцитом (с содержанием MgCO₃ до 10 мол.%), а в верхней части керна (102-0 см) кальцит отсутствует. Гипс, бассанит и пирит присутствуют лишь в верхней части разреза.

В минеральном составе донных осадков Юдинского плеса установлены кварц, полевой шпат, слюда, хлорит, каолинит, иллит/смектит, кальцит, высоко-Мg-кальцит, Са-избыточный доломит, гипс и амфибол. Слоистые силикаты: слюда, хлорит, каолинит, иллит/смектит преобладают в нижней половине керна на глубине от 610 до 370 см, в то время как содержание кварца и полевого шпата, напротив, увеличивается в верхней части разреза. Карбонаты, в основном, представлены кальцитом, и лишь в верхних 10 см, кроме кальцита присутствуют высоко-Мg-кальцит с содержанием MgCO₃ до 35 мол.% и Са-избыточный доломит. После отделения Юдинского плёса от основной части озера минерализация воды в нем резко возросла, и мы предполагаем, что верхние 10 см осадка отлагались уже в закрытом соленом бассейне, о чем свидетельствует присутствие высоко-Мg-кальцита, Саизбыточного доломита, а также гипса.

Сравнительный анализ минерального состава донных осадков оз. Малые Чаны и Юдинского плёса показал существенные различия, как в составе, так и в распределении минералов в изученных кернах, что главным образом связано с химизмом вод и наличием речного стока в оз. Малые Чаны. На основе полученных данных в осадочных разрезах выделены стадии, характеризующие эволюцию каждого озера.

Работа выполнена при поддержке гранта ВМТК «Минералогия донных отложений озера Чаны (Новосибирская область) как отражение изменения водного баланса и климата юга Западной Сибири».

MICROMAPPING OF URANIUM AND PHOSPHORUS IN THE LAKE BAIKAL SEDIMENTS (ACADEMICHESKIY RIDGE, ST8; ST11)

Zhmodik S.M., Goldberg E.L.*, Fedorin V.A.**, Nemirovskaya N.A., Zhmodik A.S., Mironov A.G.***, Svetlyakova T.N., Karmanov N.S., Titov A.T., Khlistov O.M.*

Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, 3, ac. Koptug av., Novosibirs, 630090, Russia *Limnological Institute of SB RAS, 3, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk 664033, Russia **Institute of Oil-Gas Geology and geophysics SB RAS, 3, Ak. Koptyug av., Novosibirsk 630090, Russia **Geological Institute SB RAS, 6a, Sakh'yanova st., Ulan-Ude 670047, Russia zhmodik@uiggm.nsc.ru

The data of distribution of chemical elements in cores of lake sediments of Lake Baikal reflect the conditions of sediment formation, which in full measure connected by climate changes and thus can be used for palaeoclimatic reconstructions. Diagenetic changes occuring in process of "ageing" of a deposit result in significant redistribution of substance and formation of minerals and aggregates. The role of microorganisms in concentration not only silicon (diatom seaweed), but also phosphorus, uranium, precious metals and microcells is very significant. Temporal estimation of periodicity depends on locality of utilized analysis methods and possibility to determine the forms of element occurrences in sediments. Autoradiography methods have high sensitivity, locality and possibility to estimate the forms of element occurrences and to visualize spatial distribution of elements on big areas of a sample being investigated. Application of the autoradiography method in combination with SR-XFA, EMP, SEM, and TEM allow obtaining the new information on micro and nanoscale particles, crystals and layers in the sediments. The complex study of distribution of elements in fragments of cores of lake sediments of Baikal Lake was carried out using methods of activation autoradiography (P, U) and of synchrotron radiation X-ray fluorescent analysis (SR-XFA) (U, Y, As, Sr, Ca, Fe, Mn, Ti etc). Minimal analyzed interval for autoradiography was 10 - 100 micron, for SR-XFA - 100 - 200 micron. The fragments of cores of St 8 and St 11 stations with layered formations of uranium-bearing phosphorites were studied. It is shown, that phosphate formations (layers, concretions, zones, "flakes") in the Baikal sediment can be formed as a result of different processes and be allocated as is anomalous high concentration P, U, As, Fe, Ca, Sr, Au, and "background", that it is necessary to consider at interpretation of the geochemical data in palaeoclimatic reconstructions.

ЛОКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УРАНА И ФОСФОРА В ОСАДКАХ ОЗЕРА БАЙКАЛ (АКАДЕМИЧЕСКИЙ ХРЕБЕТ, ST8;ST11)

Жмодик С.М., Гольдберг Е.Л.*, Федорин М.А.**, Немировская Н.А., Жмодик А.С., Миронов А.Г.***, Светлякова Т.Н., Карманов Н.С., Титов А.Т., Хлыстов О.М.*

Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, 3, пр. ак. Коптюга, Новосибирск 630090, Россия

*Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, Иркутск 664033, Россия **Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, 3,

пр. Ак. Коптюга, Новосибирск 630090, Россия

***Геологический институт СО РАН, 6а, ул. Сахьяновой, Улан-Удэ 670047, Россия

Данные о локальном распределении химических элементов в донных осадках озера Байкал отражают условия формирования отложений, которые в полной мере связаны с изменением климата и могут быть использованы для палеоклиматических реконструкций. Диагенетические изменения, происходящие в процессе «старения» осадка приводят к значительному перераспределению вещества и формированию минералов и агрегатов. Очень значительна роль микроорганизмов в концентрировании не только кремния (диатомовые водоросли), но также фосфора, благородных металлов и микроэлементов. Временная оценка периодичности зависит от локальности используемых методов анализа и возможности определить формы нахождения элемента в отложениях. Методы авторадиографии имеют высокую чувствительность, локальность, возможность оценить формы нахождения элемента и визуализировать пространственное распределение элементов на больших площадях исследуемого образца. Применение метода авторадиографии в комбинации с SR-XFA, EMP, SEM, и TEM позволяет получать новую информацию относительно микро и наноразменых частиц, кристаллов и слоев в осадках. Комплексное изучение распределения элементов во фрагментах колонок отложений озера Озера Байкала было выполнено, используя методы активационной авторадиографии (P, U) и флуоресцентного анализа синхротронного излучения (SR-XFA) (U, Y, As, Sr, Ca, Fe, Mn, Ti и др.). Минимальный проанализированный интервал для авторадиографии равен 10 - 100 микрон, а для SR-XFA - 100 - 200 микрон. Были изучены фрагменты колонок осадков станций St 8 and St -11 со слоистыми образованиями ураноносных фосфоритов. Показано, что фосфатные образования (слои, конкреции, зоны, хлопьевидные стяжения) в байкальских отложениях могут образовываться в результате различных процессов и выделяться как аномально высокими концентрациями P, U, As, Fe, Ca, Sr, Au, так и «фоновыми», что следует принимать во внимание при интерпретацией геохимических данных в палеоклиматических реконструкциях.

Изготовлено: ООО «Издательство «Аспринт» 664003 г.Иркутск, ул. Сухэ-Батра, 18, оф. 67 Бумага офсетная, формат 60*90 1/8, усл. печ. л. 37,25 Тираж 180 экз.

1