



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

ЛИМНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ЗА 2023 ГОД



СОДЕРЖАНИЕ

Базовые проекты 2021-2025	3
Крупный научный проект Минобрнауки России	20
Проекты Российского научного фонда	23
Проекты Российского фонда фундаментальных исследований.....	41
Приборная база.....	44
Экспедиционные работы.....	52
Публикации, мероприятия, популяризация деятельности	58
Международное сотрудничество.....	62
Молодежь ЛИН СО РАН	64



БАЗОВЫЕ ПРОЕКТЫ 2021-2025



ИССЛЕДОВАНИЕ АДВЕКТИВНОГО И ТУРБУЛЕНТНОГО ВОДООБМЕНА БАЙКАЛА И ЕГО ВЛИЯНИЯ НА ЭКОСИСТЕМУ ОЗЕРА, РИСКИ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

Номер проекта в Минобрнауки России 0279-2021-0004 / Руководитель: к.ф.-м.н. А.И. Асламов

Межгодовая изменчивость слоя мезотермического максимума температуры в Южном Байкале

Проанализированы многолетние температурные данные STD-зондирований и измерения автономной буйковой станции, полученные в западной части южной котловины озера Байкал (Рис. 1А) в 2000-2022 гг. в сравнении с данными реанализа погоды ERA5-Land. По вертикальным распределениям температуры в период обратной температурной стратификации (зимний период) для каждого года был выделен слой мезотермического максимума температуры (СММТ) и определены его основные параметры: максимальная температура, глубина её залегания и глубина верхней границы СММТ. Параметры СММТ имеют заметную внутрисезонную и межгодовую пространственно-временную изменчивость. Впервые показано, что влияние ветрового режима на основные параметры СММТ проявляется не только осенью, но и в летний период, когда происходит аккумуляция тепла в толще байкальских вод (Рис. 1В, С). При повышенной ветровой активности поздней осенью СММТ формируется глубже и имеет более низкие значения максимальной температуры. При меньшей ветровой активности осенью СММТ располагается ближе к поверхности и имеет более высокие значения максимальной температуры. Изменение ветровой активности летом приводит к противоположному эффекту. Несмотря на существенные тенденции в фенологии гидрологических событий, для максимальной температуры СММТ, ее глубины и глубины верхней границы СММТ заметных тенденций не отмечено.

Публикации:

Aslamov I., Troitskaya E., Gnatovsky R., Portyanskaya I., Lovtsov S., Bukin Y., Granin N. Study of Interannual Variability of the Winter Mesothermal Temperature Maximum Layer in Southern Baikal // Water. 2024. - V. 16. - №21. - p. 1-19. DOI: [10.3390/w16010021](https://doi.org/10.3390/w16010021)

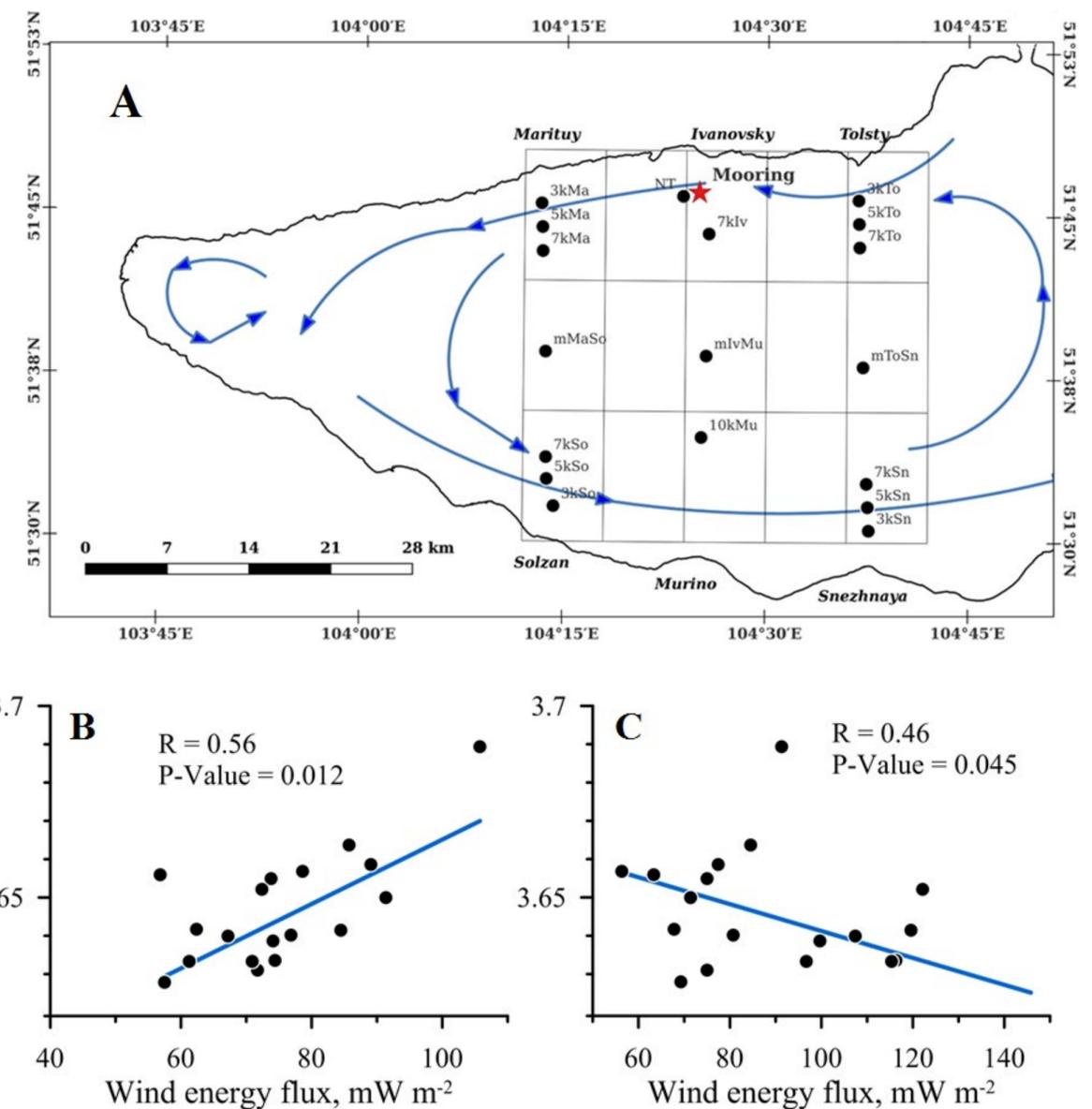


Рис.1. Карта с расположением измерительных станций в Южном Байкале: точки – STD-станции, звездочка – буйковая станция, сетка – область данных реанализа погоды, использованных в исследовании, синие стрелки – среднее направление течений; Полученные зависимости максимальной температуры СММТ (T_{mm}) от средней энергии ветра в летний (В) и позднеосенний (С) периоды

Вирусная РНК в эндемичных губках озера Байкал

Впервые идентифицировано разнообразие вирусов в составе сложных симбиотических сообществ двух эндемичных видов байкальских губок *Lubomirskia baikalensis* и *Baikalospongia bacillifera* (Рис. 1А) с помощью высокопроизводительного секвенирования суммарной вирусной РНК. Сравнительный анализ показал существенные различия в составе РНК-вирусов байкальских и морских видов губок. Установлено изменение разнообразия вирусных сообществ при заболевании байкальских губок (Рис. 1Б). Выявленные в губках фрагменты геномов имели отдаленное сходство с известными вирусами растений, беспозвоночных и позвоночных животных из базы данных полных вирусных геномов NCBI RefSeq. Низкий уровень сходства вирусных белков (20,7–67,3%) свидетельствует об обнаружении нами новых вирусов.

Публикации:

Butina T.V., Khanaev I.V., Petrushin I.S., Bondaryuk A.N., Maikova O.O., Bukin Y.S. *The RNA Viruses in Samples of Endemic Lake Baikal Sponges // Diversity*. 2023. - V. 15(7). - №835. - p. 1-20. DOI: [10.3390/d15070835](https://doi.org/10.3390/d15070835)

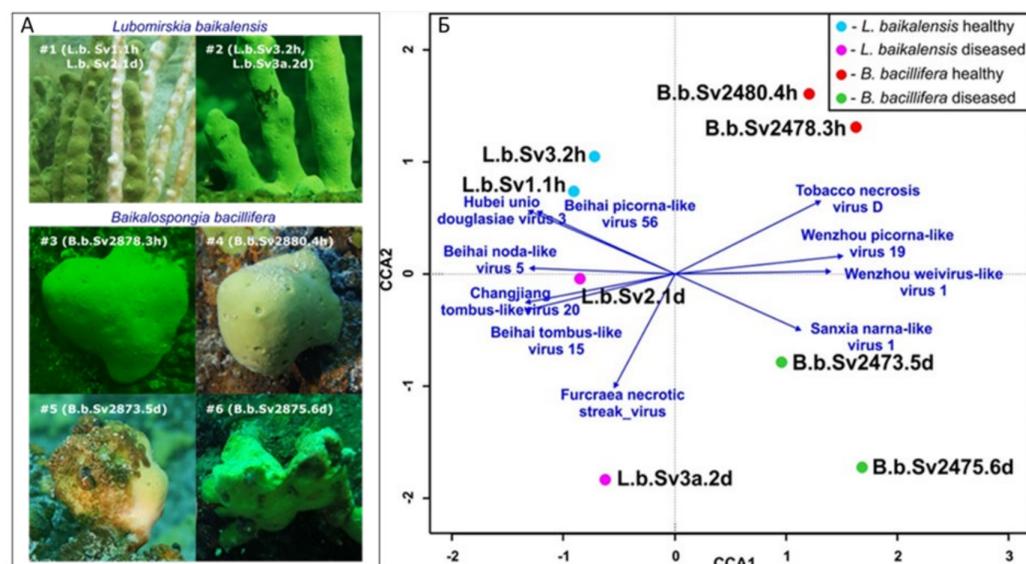


Рис.1. Губки *L. baikalensis* и *B. bacillifera*, использованные для анализа РНК-вирусов (в скобках указаны номера здоровых (с «h» на конце) и больных («d») образцов губок). (Б) Результаты сравнительного ССА-анализа (Canonical Correspondence Analysis) вирусных сообществ: указаны вектора виротипов – вирусов из базы данных NCBI RefSeq, наиболее близких вирусам из байкальских губок

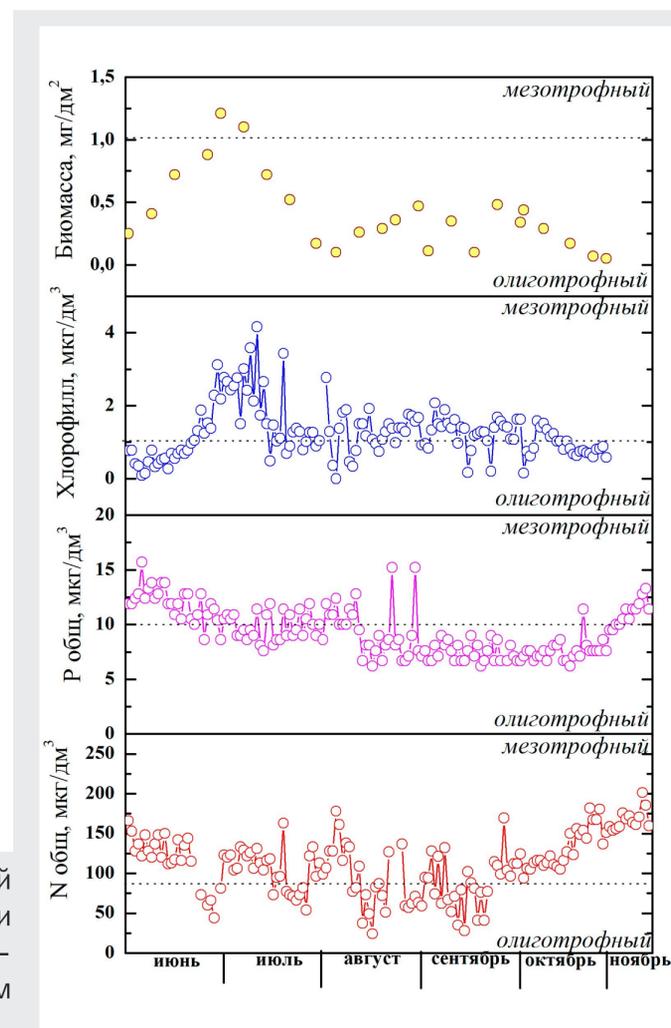
Оценка современного трофического статуса литорали Южного Байкала в районе пос. Большие Коты по абиотическим и биотическим показателям

На основе комплексных исследований с высоким временным разрешением, применяя различные методы по определению трофического статуса как по отдельными абиотическим и биотическим характеристикам, так и с комбинациями набора параметров, а также с использованием вероятностного подхода показано, что литораль Южного Байкала в районе пос. Большие Коты в период открытой воды относится к олиготрофному типу с небольшими элементами мезотрофии. Основным биогенным элементом, лимитирующим развитие фитопланктона в литорали озера, является фосфор. Чистота вод литорали по индексу сапробности изменяется в пределах α -олигосапробной и β -мезосапробной зон, что соответствует II и III классу качества воды (чистые и удовлетворительной чистоты). Состояние экосистемы в районе исследования характеризуется как самоочищение.

Публикации:

Domysheva V., Vorobyeva S., Golobokova L., Netsvetaeva O., Onischuk N., Sakirko M., Khuriganova O., Fedotov A. *Assessment of the Current Trophic Status of the Southern Baikal Littoral Zone // Water*. 2023. - V. 15. - №6. - p. 1-14. DOI: [10.3390/w15061139](https://doi.org/10.3390/w15061139)

Рис.2. Временная динамика концентраций общего азота и фосфора, хлорофилла «а» и биомассы фитопланктона. Пунктирная линия – граница между олиготрофным и мезотрофным типом трофии.



Оценка уровня концентрации диэфиров о-фталевой кислоты в водах озера Байкал

Байкал исследован как природная модель поверхностных вод с фоновым уровнем концентраций диэфиров о-фталевой кислоты (фталатов) – ДМФ, ДЭФ, ДнБФ и ДЭГФ.

Установлены:

- Статистически значимые уровни концентраций ДМФ и ДЭФ – от 0.01 до 0.09 мкг/л; ДнБФ и ДЭГФ – от 0.26 до 0.66 мкг/л;
- Основные факторы, определяющие концентрацию фталатов – год, сезон, экотоп отбора проб;
- Отсутствие влияния прибрежной зоны, заливов, устьев рек на концентрацию фталатов в воде пелагиали Байкала;
- Источники поступления (антропогенный, природный) ДЭГФ, отнесенного к числу потенциальных канцерогенов, путем сравнения соотношения стабильных изотопов углерода $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ методом ВЭЖХ-МСВР;
- Отсутствие биологического риска от ДМФ и ДЭФ, низкий риск от ДнБФ и ДЭГФ для ракообразных и рыб.

Публикации:

Gorshkov A., Grigoryeva T., Bukin Y., Kuzmin A. Case Study of Diesters of o-Phthalic Acid in Surface Waters with Background Levels of Pollution // *Toxics*. 2023. - V. 11. - №10. - p. 1-16. DOI: [10.3390/toxics11100869](https://doi.org/10.3390/toxics11100869)

Kuzmin A., Grigoryeva T., Gorshkov A. Assessment of stable carbon isotope $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratio in phthalates from surface waters using HPLC-HRMS-TOF approach // *Environmental Science and Pollution Research*. 2023. - V. 30. - p. 87734-87742. DOI: [10.1007/s11356-023-28494-w](https://doi.org/10.1007/s11356-023-28494-w)

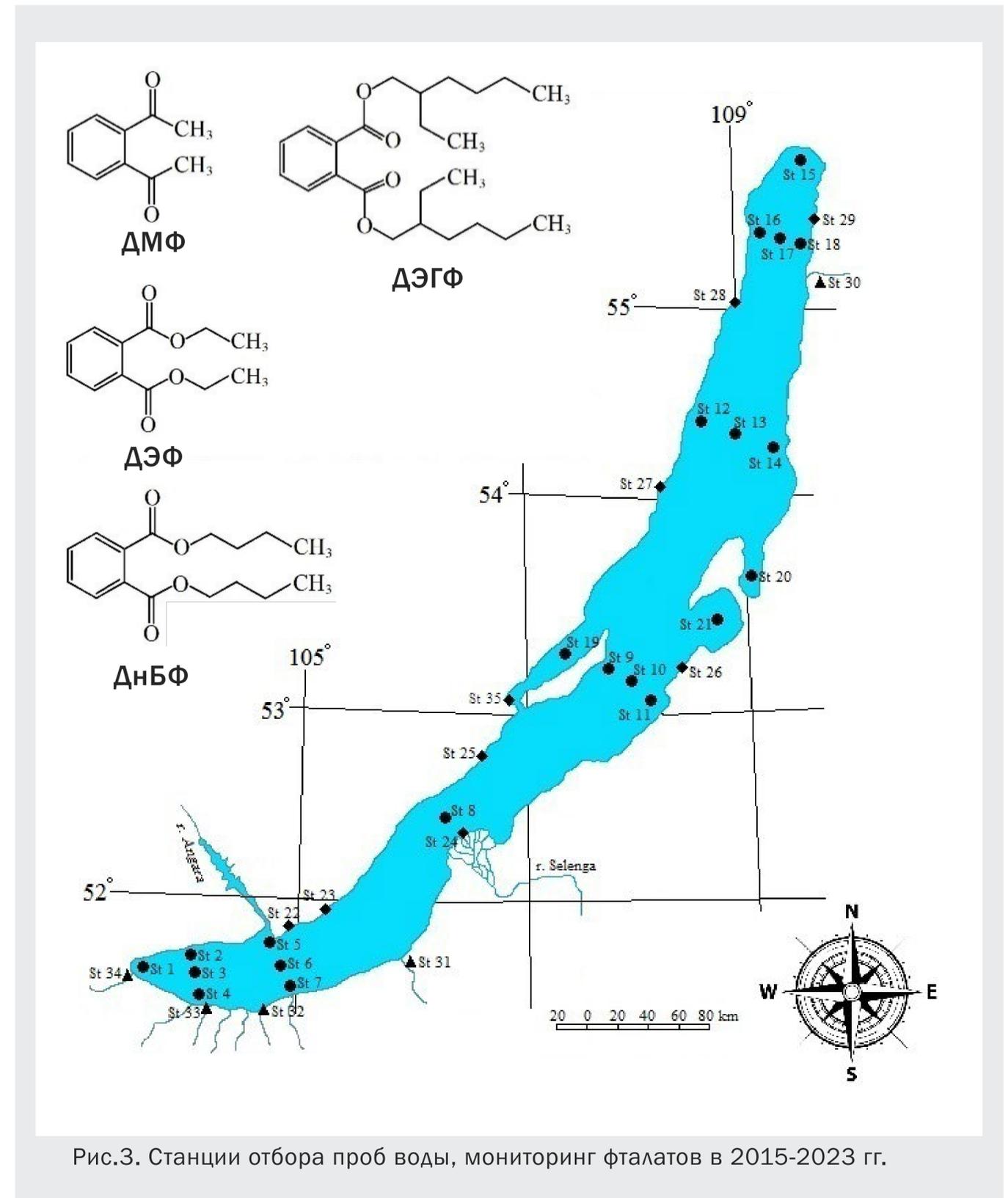


Рис.3. Станции отбора проб воды, мониторинг фталатов в 2015-2023 гг.



Метаногенные археи донных отложений озера Байкал

Впервые рассмотрены закономерности распределения метаногенных архей в разных типах осадков и геологических структур на озере Байкал на основе метабаркодинговых данных гена 16S рРНК. Для поверхностных осадков всех районов озера, несмотря на присутствие/отсутствие кислорода, характерно преобладание метаногенов, использующих C_1 -метилированные соединения. В восстановленных слоях осадочной толщи в значительной степени возрастает доля архей, способных использовать H_2/CO_2 и ацетат. Анализ разнообразия и метаболизма архей (образующих/окисляющих метан), физико-химических характеристик осадков, изотопного состава углерода карбонатных минералов и растворенного неорганического углерода позволил рассмотреть модели формирования аутигенных карбонатов в отложениях грязевого вулкана Кедр. Экспериментально доказано, что биodeградация газов, образующихся при разложении углей Танхойской свиты, приводит к образованию вторично-микробного метана за счет CO_2 -редукции. Это обуславливает изотопный облик углерода в метане, углекислом газе и аутигенных сидеритах этого района.

Публикации:

Lomakina A.V., Bukin S.V., Pogodaeva T.V., Turchyn A.V., Khlystov O.M., Khabuev A.V., Ivanov V.G., Krylov A.A., Zemskaya T.I. *Microbial diversity and authigenic siderite mediation in sediments surrounding the Kedr-1 mud volcano, Lake Baikal* // *Geobiology*. 2023. - p. 1-21. DOI: [10.1111/gbi.12575](https://doi.org/10.1111/gbi.12575)

Крылов А.А., Хлыстов О.М., Семёнов П.Б., Сагидуллин А.К., Малышев С.А., Букин С.В., Видищева О.Н., Мананов А.Ю., Исмагилов З.Р. *Источники углеводородных газов в грязевом вулкане кедр, южная котловина озера Байкал: результаты экспериментальных исследований* // *Литология и полезные ископаемые*. 2023. - Т. 6. - С. 542-553. DOI: [10.31857/S0024497X23700283](https://doi.org/10.31857/S0024497X23700283)

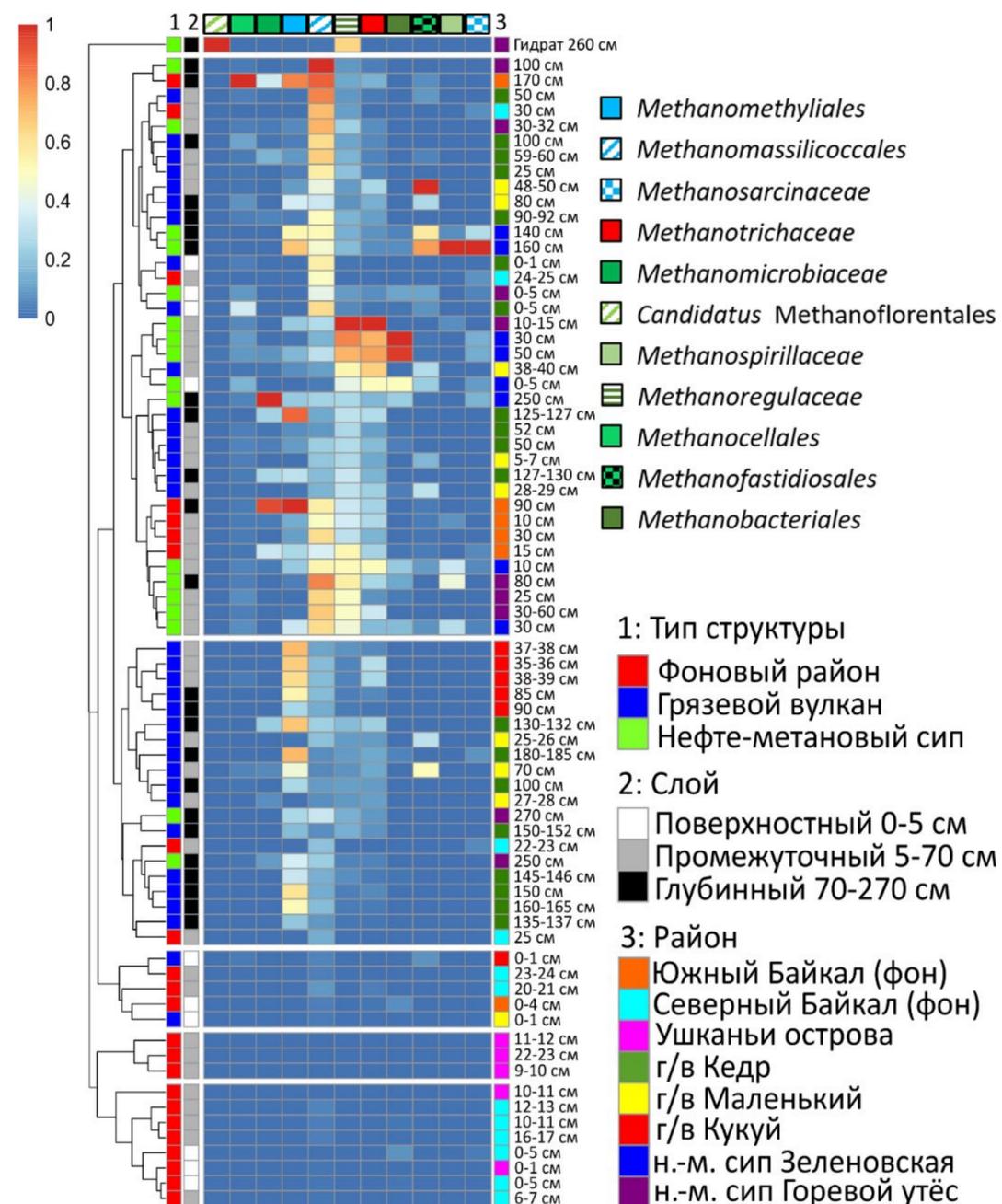


Рис.1. Тепловая карта профиля распределения нормализованной относительной численности различных таксонов метаногенных архей в осадках озера Байкал. Кластеризация выполнена методом UPGMA на основе матрицы дистанций Брэя-Кертиса.



КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ: МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА СООБЩЕСТВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И БИОРАЗНООБРАЗИЕ; ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ НЕГАТИВНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Номер проекта в Минобрнауки России 0279-2021-0007 / Руководитель: д.б.н., профессор О.А. Тимошкин

Структурные изменения сообществ и прогрессирующая экспансия широко распространенных видов в мелководной зоне открытого Байкала

За последние 10-15 лет выявлены значительные изменения в структуре и количественных характеристиках сообществ бентоса и планктона мелководной зоны Байкала, с особенной яркостью проявляющиеся в осенний период. Это выражается в прогрессирующем увеличении в открытом Байкале числа общесибирских, палеарктических и других широко распространенных видов, которые нередко становятся доминантами и снижают уникальность экосистемы мелководной зоны. В частности, в составе донных фитоценозов обнаружено около 20 видов нитчатых (*Spirogyra*, *Oedogonium*, *Zygnema*, *Mougeotia* spp.) и диатомовых (*Fragillaria* spp.) водорослей, которые начали регулярно встречаться, массово вегетировать и/или даже доминировать на протяжении 2010–2023 гг. Многие из них – обитатели тепловодных стоячих водоемов, некоторые – четкие индикаторы антропогенного воздействия. Среди донных беспозвоночных сходные тенденции демонстрируют 1 вид микротурбеллярий, 1 вид гастропод и 3 вида ручейников; в экосистеме открытой пелагиали - 5 видов фитофлагеллят, 4 вида инфузорий и 1 вид хидорид. Изучена аутоэкология некоторых «молодых вселенцев». В многолетнем аспекте выявлено постепенное расширение ареалов ранее не свойственных Байкалу видов внутри озера. Причины этого негативного явления не однозначны и не изучены до конца. Одной из важнейших причин изменений фитоценозов является сброс недостаточно очищенных стоков в озеро.

Публикации:

Бондаренко Н.А., Томберг И.В., Пенькова О.Г., Шевелева Н.Г. Структурные перестройки фито- и зоопланктона под воздействием климатических изменений и антропогенной нагрузки (оз. Байкал, Россия) // Биология внутренних вод. 2023. - Т. 6. - С. 727-739. DOI: [10.31857/S0320965223060050](https://doi.org/10.31857/S0320965223060050)

Структурные изменения доминирующих видов фитоценозов в пелагиали пролива Малое Море

ДОМИНИРУЮЩИЕ ВИДЫ	
Весенняя вегетация	Осенняя вегетация
1992-1994 гг.	2019-2021 гг.
Bacillariophyta <i>Aulacoseira baicalensis</i>	Bacillariophyta <i>Stephanodiscus meyeri</i>
Cryptophyta <i>Rhodomonas pusilla</i>	Cryptophyta <i>Rhodomonas pusilla</i>
Chlorophyta <i>Bimblearia lanterbornii</i>	Chlorophyta <i>Koilella longueta</i>
	Dinophyta <i>Bacchleria</i> sp., <i>Woloszynskia</i> sp.
	Cryptophyta <i>Rhodomonas pusilla</i>
	Cryptophyta <i>Rhodomonas pusilla</i>

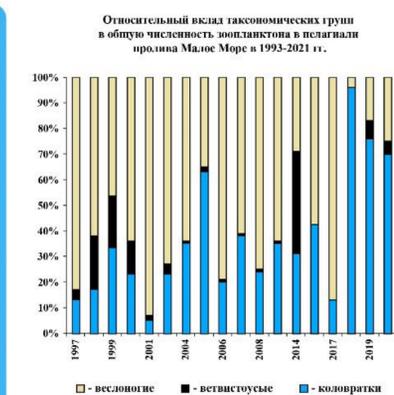
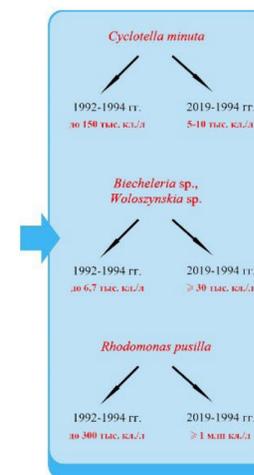


Рис.1. Структурные перестройки фито- и зоопланктона под воздействием климатических изменений и антропогенной нагрузки в проливе Малое Море озера Байкал.

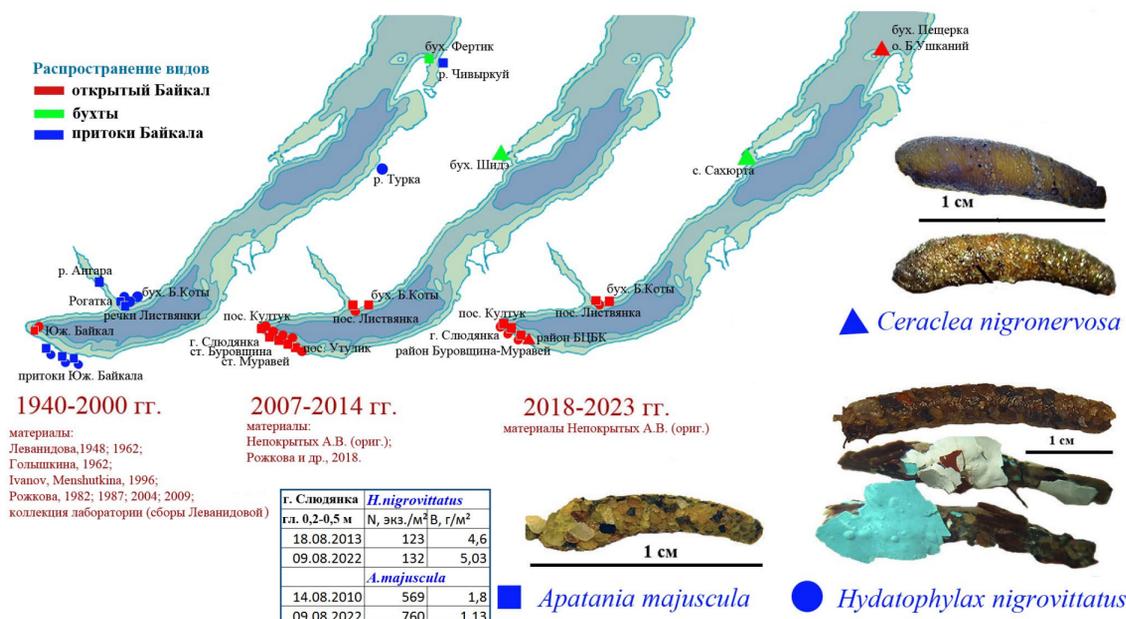


Рис.2. Карта-схема находок трех чужеродных видов ручейников в озере Байкал в разные временные периоды



ОТ КЛЕТКИ – К ЭКОСИСТЕМЕ: ИССЛЕДОВАНИЕ УЛЬТРАСТРУКТУРЫ ГИДРОБИОНТОВ И ИХ СООБЩЕСТВ В ЭВОЛЮЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОМ АСПЕКТЕ МЕТОДАМИ КЛЕТОЧНОЙ БИОЛОГИИ И ГЕНОМИКИ

Номер проекта в Минобрнауки России 0279-2021-0008 / Руководитель: д.б.н., профессор Е.В. Лихошвай

Выявление высокого разнообразия и новых видов кремний-зависимых хризофитовых и гетеротрофных протист в водоемах Сибири и определение факторов среды обитания, обеспечивающих их расселение

В серии статей, вышедших в 2023 г., на примере нескольких водоемов и водотоков Сибири получены новые данные об условиях формирования и возможных путях расселения чешуйчатых хризофитовых и гетеротрофных протист с разным типом питания. В крупных озерах Якутии в подледный период главными факторами их распределения являются свойства ледяного покрова и толщина снега. В нижнем течении реки Обь - это скорость течения, содержание взвешенных веществ, конкурентное развитие диатомовых и способность образовывать стоматоцисты в конце вегетационного периода. Исследованы механизмы формирования разнообразия и возможные пути распространения чешуйчатых хризофитовых по континентальным водотокам Земли, а также колонизации и экспансии на отдаленный от материка арктический остров Котельный. Выявлено высокое разнообразие кремний-зависимых гетеротрофных протист арктических рек и водоемов Якутии. Описаны четыре новых для науки вида из рода *Mallomonas* (Рис. 1) и один вид рода *Spiniferomonas*.

Работы выполнены в сотрудничестве с ИБПК СО РАН и ИВЭП СО РАН.

Публикации:

Bessudova A., Firsova A., Bukin Y., Kopyrina L., Zakharova Y., Likhoshway Y. Under-Ice Development of Silica-Scaled Chrysophytes with Different Trophic Mode in Two Ultraoligotrophic Lakes of Yakutia // *Diversity*. 2023. - V. 15. - №326. - p. 1-14. DOI: [10.3390/d15030326](https://doi.org/10.3390/d15030326)

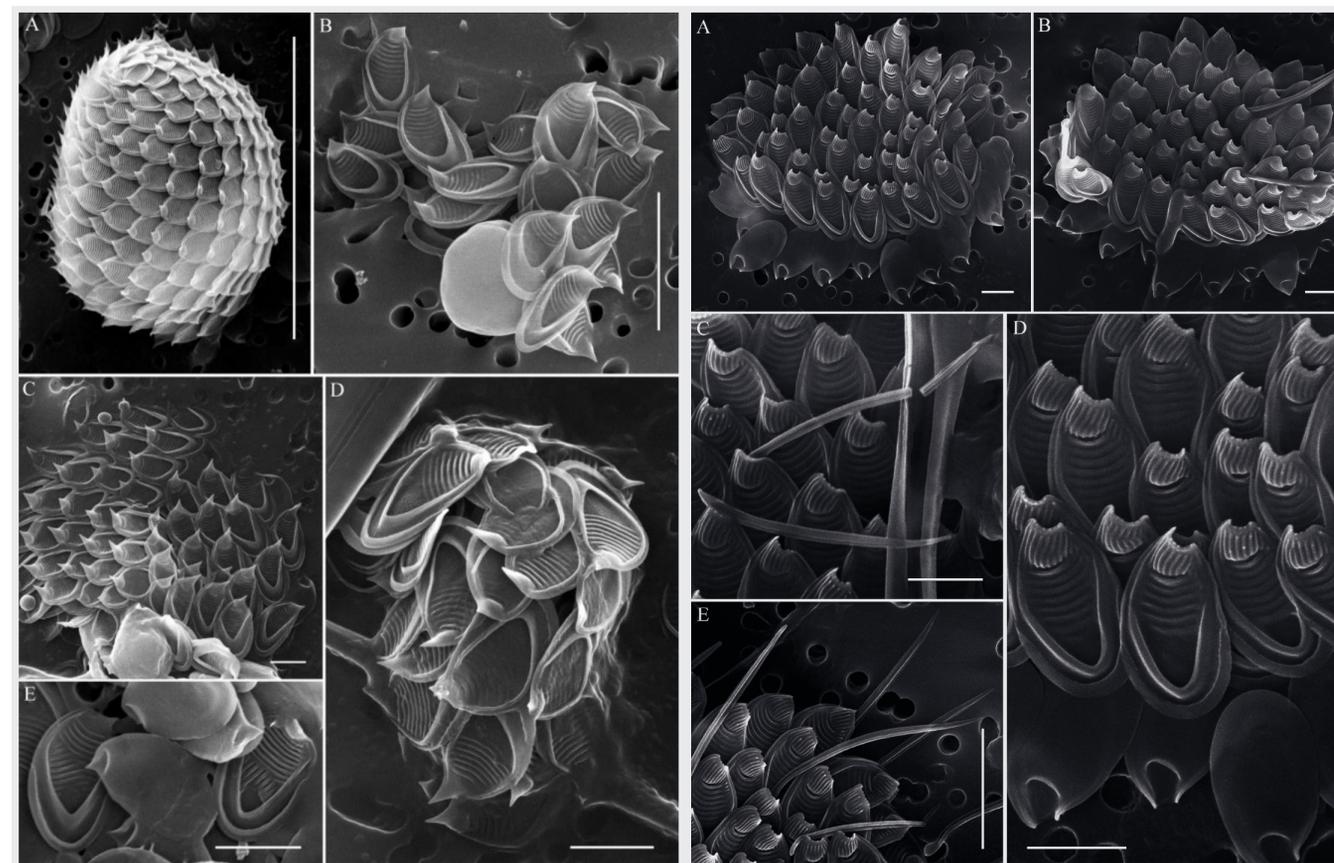
Bessudova A.Yu., Gabyshev V.A., Firsova A.D., Likhoshway Ye.V. Silica-scaled protists (Chrysophyceae, Centroplasthelida, Thaumatomonadida and Rotosphaerida) in waters bodies of Kotelny Island, Russian Arctic // *Polar Biology*. 2023. - V. 46. - p. 1-19. DOI: [10.1007/s00300-023-03173-1](https://doi.org/10.1007/s00300-023-03173-1)

Bessudova A., Gabyshev V., Likhoshway Ye.V. Silica-scaled heterotrophic protists: Rotosphaerida, Thaumatomonadida and Centroplasthelida in Arctic waters of Russia // *European Journal of Protistology*. 2023. - V. 90. - p. 1-33. DOI: [10.1016/j.ejop.2023.125975](https://doi.org/10.1016/j.ejop.2023.125975)

Bessudova A., Firsova A., Hilkhanova D., Makarov M., Sakirko M., Bashenkhaeva M., Khanaev I., Zakharova Yu., Likhoshway Ye. Two New Species, *Mallomonas baicalensis* sp. nov. and *M. grachevii* sp. nov. (Synurales Chrysophyceae), Found under the Ice of Lake Baikal // *Water*. 2023. - V. 15. - p. 1-15. DOI: [10.3390/w15122250](https://doi.org/10.3390/w15122250)

Bessudova A., Likhoshway Y., Firsova A., Mitrofanova E., Koveshnikov M., Soromotin A., Khoroshavin V., Kirillov V. Small Organisms in a Large River: What Provides the High Diversity of Scaled Chrysophytes in the Ob River? // *Water*. 2023. - V. 15. - №17. - p. 1-29. DOI: [10.3390/w15173054](https://doi.org/10.3390/w15173054)

Bessudova A., Firsova A.D., Tomberg I.V., Bayramova E., Hilkhanova D., Bedoshvili Y.D., Bashenkhaeva M., Kopyrina L.I., Zakharova Y.R., Likhoshway Y.V. Two new species of silica-scaled chrysophytes (Chrysophyceae, Synurales) *Mallomonas kicherica* and *M. sibirica* water bodies of Eastern Siberia, Russia // *Phytotaxa*. 2023. - V. 620. - №1. - p. 59-69. DOI: [10.11646/phytotaxa.620.1.5](https://doi.org/10.11646/phytotaxa.620.1.5)



Mallomonas baicalensis sp. nov.

Mallomonas grachevii sp. nov.

Влияние микрочастиц сажи на актиновый цитоскелет, апоптоз, пролиферацию в жабрах у рыб

Впервые изучено влияние суспендированных микрочастиц сажи на актиновый цитоскелет, апоптоз и пролиферацию в жаберном эпителии рыб. С этой целью жемчужных гурами содержали в аквариумах с 0,005 г/л сажи в течение 5 и 14 дней. Установлено, что под действием сажи в жаберном эпителии появляются зоны, где актиновый каркас адгезионных поясков диссоциирует и F-актин образует гранулы. При этом усиливается апоптоз. На 5-е сутки происходит подавление пролиферации клеток, но на 14-е сутки пролиферация увеличивается до контрольных значений, что может быть компенсаторным механизмом, поддерживающим функции жабр до истощения регенеративного резерва. В совокупности эти процессы могут вызвать дисфункцию жабр и ослаблять жизнеспособность рыб.

Публикации:

Sudakov N.P., Hung-Ming Chang, Ting-Yi Renn, Klimenkov I.V. Degenerative and Regenerative Actin Cytoskeleton Rearrangements, Cell Death, and Paradoxical Proliferation in the Gills of Pearl Gourami (*Trichogaster leerii*) Exposed to Suspended Soot Microparticles // *International Journal of Molecular Sciences*. 2023. - V. 24. - №20. - p. 1-20. DOI: [10.3390/ijms242015146](https://doi.org/10.3390/ijms242015146)



Рис. 2. Дегенеративные и регенеративные изменения в жабрах у *Trihogaster leerii* под воздействием сажи.

Исследование сообществ микроорганизмов, длительно находящихся подо льдом в пресноводных озерах субарктического региона Якутии

Исследованы озера Лабынкыр и Ворота, расположенные в районе «Полюса холода» Северного полушария (Якутия), где наблюдаются экстремально низкие температуры и длительный ледовый период. Проведена первая ревизия сообществ микроорганизмов с использованием высокопроизводительного секвенирования фрагмента гена 18S рРНК. Показано, что наиболее многочисленными классами микроорганизмов в сообществах озер Якутии являются Dinophyceae, Chrysophyceae, Ciliophora, Trebouxiophyceae, Bacillariophyceae, Basidio- и Ascomycota, Chlorophyta, Cercozoa, Cryptophyceae, Prymnesiophyceae и Telonema. Обнаружено, что состав сообществ микроорганизмов отменяется в зависимости от условий окружающей среды и имеет сходные закономерности в обоих озерах. Выявленная стратификация сообществ нижней поверхности льда и водной толщи в течение трех временных интервалов ледостава подчеркивает существенную роль температурного градиента и солнечного излучения в дифференциации сообществ микроорганизмов.

Работа выполнена в сотрудничестве с ИБПК СО РАН.

Публикации:

Galachyants Y., Zakharova Y., Bashenkhaeva M., Petrova D., Kopyrina L., Likhoshway Y. Microeukaryotic Communities of the Long-Term Ice-Covered Freshwater Lakes in the Subarctic Region of Yakutia, Russia // *Diversity*. 2023. - V. 15. - №454. - p. 1-21. DOI: [10.3390/d15030454](https://doi.org/10.3390/d15030454)

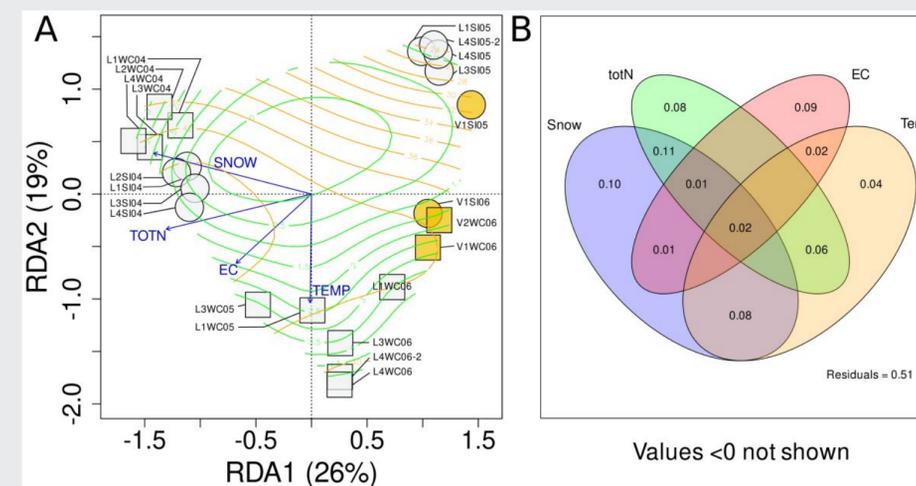


Рис.3. Влияние факторов окружающей среды на пространственные различия и временные изменения в составе сообществ микроорганизмов. Ограниченная ординация на основе данных о численности 95 наиболее многочисленных ОТЕ. А) Анализ избыточности (RDA). Значимые переменные, вошедшие в объясняющую модель, обозначены синими векторами. SI – нижняя поверхность льда, круг, WC – водная толща, квадрат, LL – озеро Лабынкыр, серый, LV – озеро Ворота, желтый. Градиенты EC и T – оранжевыми и зелеными изолинии. Б) Диаграмма Венна, описывающая разделение дисперсии значимых переменных.

Характеристика генов метакаспаз и нескольких генов адаптации к стрессу и их дифференциальная экспрессия у диатомовых водорослей

В геноме *Ulnaria acus* выявлены гены нескольких белков стрессового ответа: метакаспаз III типа (MC1, MC2 и MC3), специфического белка гибели (DSP), глутатионсинтетазы (GSHS) и альдегиддегидрогеназы (ALDH12). На основе наличия в предсказанных аминокислотных последовательностях специфических доменов p10 и p20 выделены MC и метакаспазподобные протеазы (MCP) у диатомовых водорослей (Рис. 4А). Длительное культивирование *Ulnaria acus* характеризуется транскрипцией MC1, MC2, GSHS и DSP, а при дефиците кремния также повышается уровень экспрессии MC3 и ALDH12 (Рис. 4Б). Альгицидное воздействие вызывает рост уровня экспрессии GSHS, а транскрипция MC1 и MC2 остается невысокой. При адаптации к дефициту различных нутриентов усиливается экспрессия всех исследованных генов, а воздействие токсических метаболитов вызывает существенное повышение экспрессии только GSHS. Таким образом, показана дифференциальная экспрессия исследованных генов при воздействии различных стрессовых факторов.

Публикации:

Bayramova E.M., Bedoshvili Ye.D., Likhoshway Ye.V. *Molecular and cellular mechanisms of diatom response to environmental changes // Limnology and Freshwater Biology*. 2023. - V. 6. - №1. - p. 20-30. DOI: [10.31951/2658-3518-2023-A-1-20](https://doi.org/10.31951/2658-3518-2023-A-1-20)

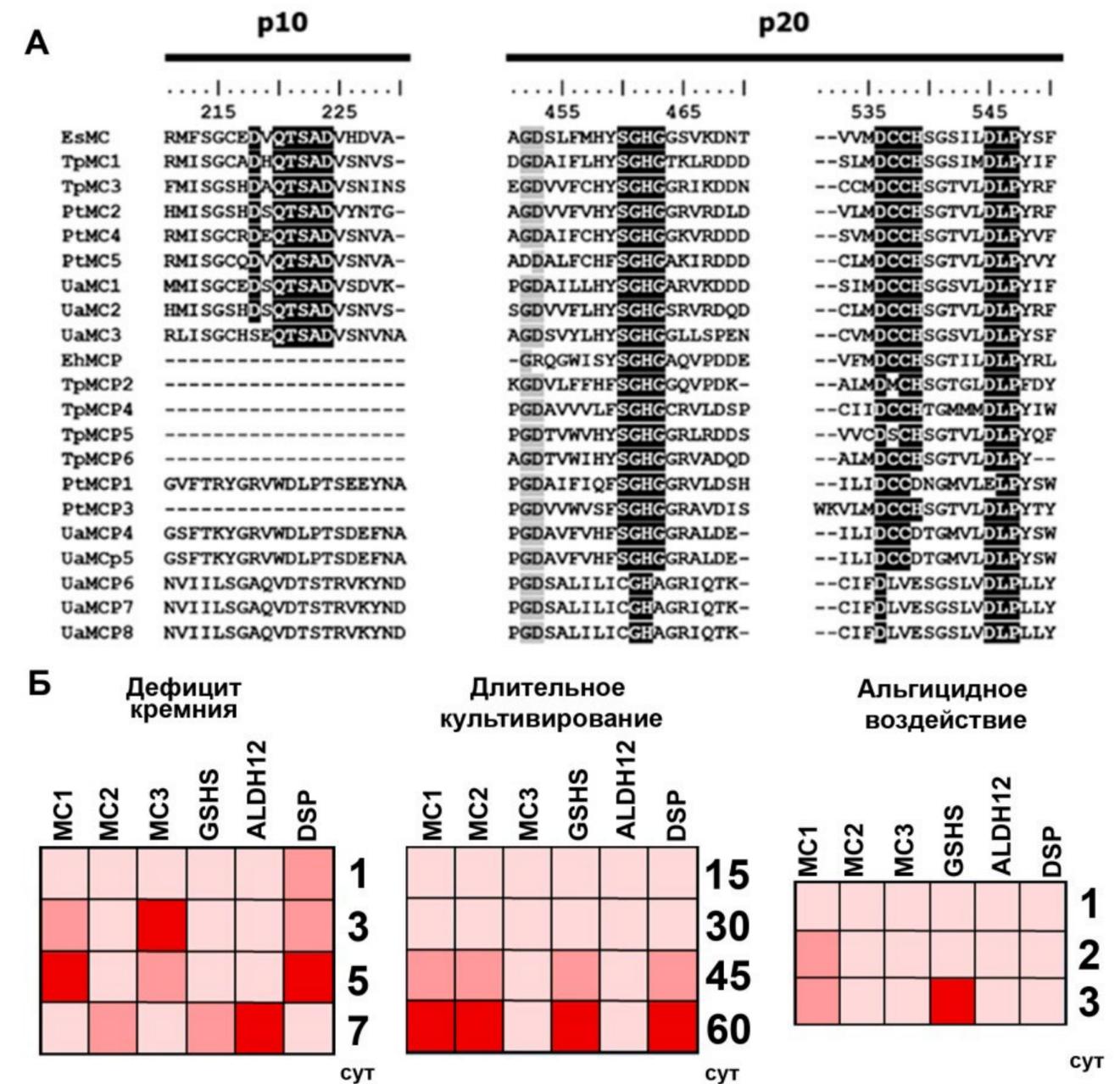


Рис.4. Характеристика метакаспаз и метакаспаз-подобных протеаз диатомовых водорослей (А) и дифференциальная экспрессия избранных генов адаптации к стрессу у *Ulnaria acus* (Б).

Номер проекта в Минобрнауки России 0279-2021-0010 / Руководитель: д.б.н., доцент Д.Ю. Щербаков

Обнаружение повторов и мобильных генетических элементов, свидетельствующих о процессах горизонтального переноса генов при формировании букетов эндемичных видов беспозвоночных оз. Байкала

При анализе геномных данных четырех видов эндемичных байкальских моллюсков и четырех видов эндемичных байкальских амфипод были обнаружены протяженные участки повторов ДНК, разделение которых произошло гораздо позже, чем реальное разделение исходных видов. Это свидетельствует о процессах горизонтального переноса генов у симпатрических видов. В транскриптах 53 видов байкальских эндемичных амфипод обнаружены фрагменты РНК 19 виротипов ретровирусов, часть из которых встречалась одновременно у нескольких видов. Встраиваясь в геном, ретровирусы могут переносить гены хозяина другим особям. Наличие у разных видов общих ретровирусов – агентов переноса генетического материала, подтверждает гипотезу возможного горизонтального переноса генов между близкородственными видами беспозвоночных в экосистеме оз. Байкал.

Публикации:

Ван Юйсян, Перетолчина Т.Е., Романова Е.В., Щербаков Д.Ю. Сравнение эволюционных паттернов ДНК-повторов у представителей древних и молодых букетов видов из озера Байкал // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2023. - Т. 27. - №4. - С. 349-356. DOI: [10.18699/VJGB-23-42](https://doi.org/10.18699/VJGB-23-42)

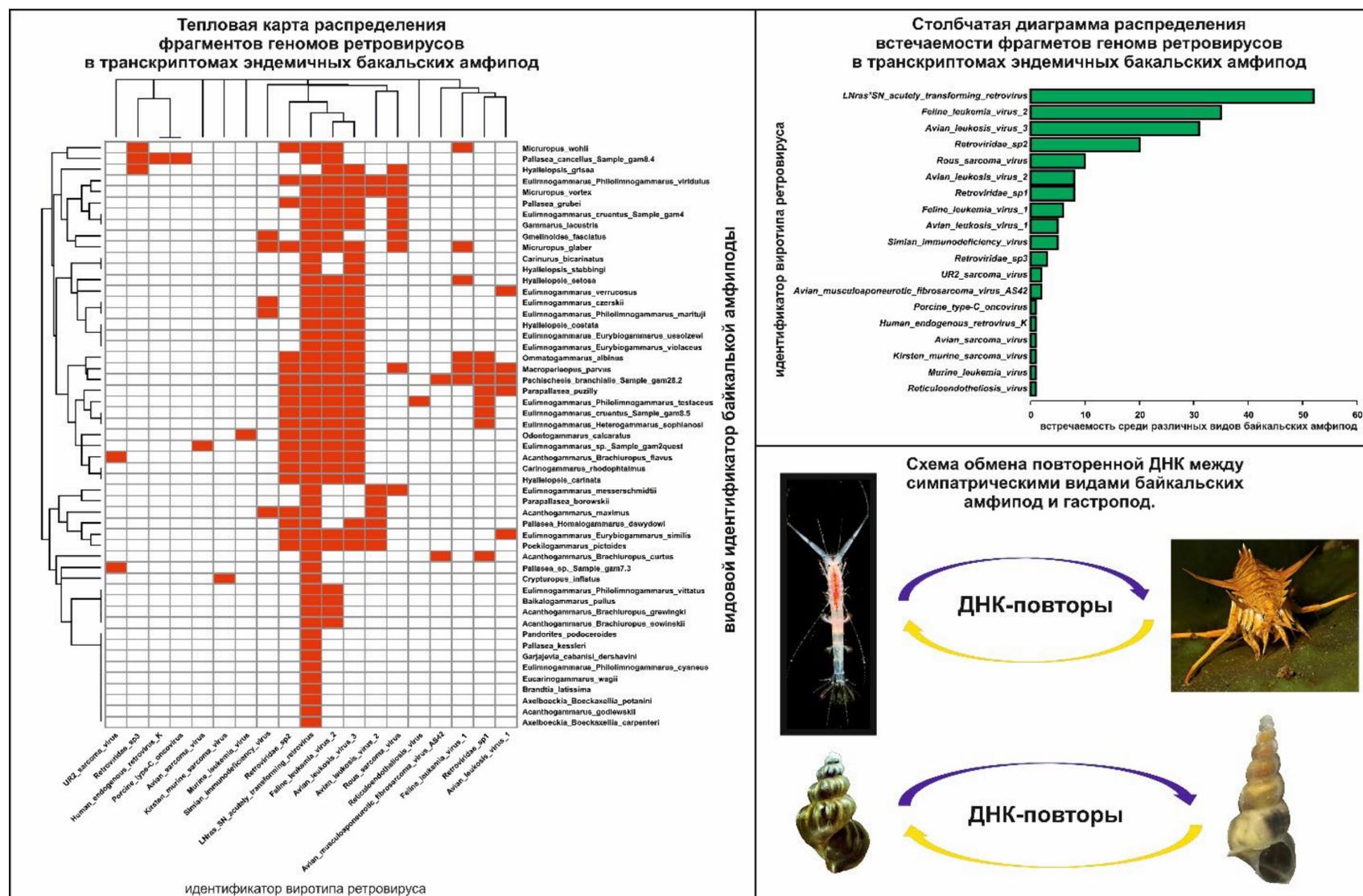


Рис.1. Результаты анализа разнообразия ретровирусов в транскриптах амфипод и визуализация схемы горизонтального переноса генов между симпатрическими видами.



Номер проекта в Минобрнауки России 0279-2021-0011 / Руководитель: д.б.н., профессор С.И. Беликов

Штамм *Janthinobacterium* sp. SLB01, патогенная бактерия для губки *Lubomirskia baikalensis*

Впервые выделен штамм *Janthinobacterium* sp. SLB01 из больной губки *Lubomirskia baikalensis*, доказана его патогенность с помощью клеточной культуры примморф и воспроизведены постулаты Коха. Показано, что изолированный и секвенированный штамм *Janthinobacterium* sp. PLB02 имеет гомологию с *Janthinobacterium* sp. SLB01, выделенной из пораженной губки более чем на 99%. Показано, что геномы штаммов имеют факторы патогенности и содержат гены биосинтеза виолацеина, образования хлопьев, обеспечивающих прочную биопленку и VI систему секреции (T6SS) как основного фактора вирулентности. Результаты данного исследования расширяют понимание микробных взаимодействий в развитии заболеваний и гибели байкальских губок.

Публикации:

Chernogor L., Eliseikina M., Petrushin I., Chernogor E., Khanaev I., Belikov S.I. *Janthinobacterium* sp. Strain SLB01 as Pathogenic Bacteria for Sponge *Lubomirskia baikalensis* // *Pathogens*. 2023. - V. 12. - №8. - p. 1-16. DOI: [10.3390/pathogens12010008](https://doi.org/10.3390/pathogens12010008)

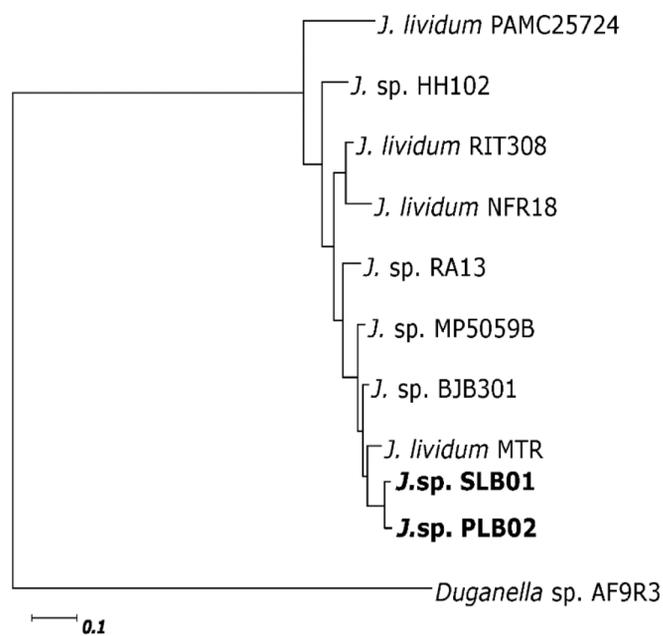


Рис.1. Филогенетическое древо штаммов *Janthinobacterium* spp. SLB01 и SLB02 построено на основе 400 универсальных маркерных генов. Жирным цветом показано два изолированных родственных штамма из больной губки и клеточной культуры примморф губки *L. baikalensis*.

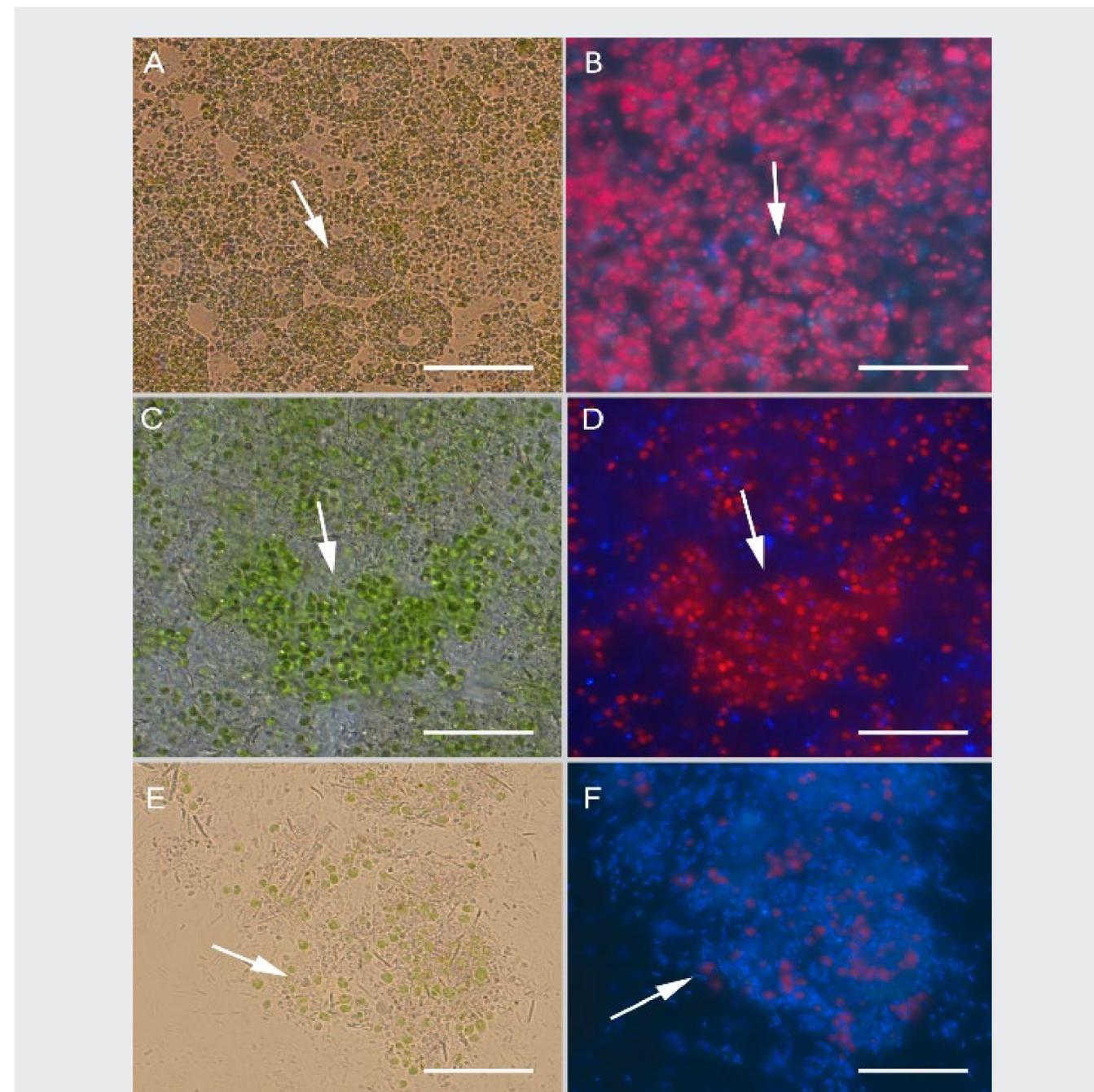


Рис.2. Световая микроскопия клеточной культуры примморф губки *L. baikalensis*. (А-В) здоровая культура примморф; (С-Е) экспериментально инфицированная культура примморф штаммом *Janthinobacterium* sp. SLB01, синим цветом показана биомасса бактерий. Размер 10 μ m.



Органический углерод в донных отложениях оз. Байкал: геохимические процессы захоронения и балансовые оценки

Впервые получены высокоразрешающие профили растворенного органического углерода (РОУ) в поровых водах донных отложений озера Байкал. Одновременно исследованы растворенный неорганический углерод (РНУ), общий растворенный углерод, катионы (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} и Mn^{2+}) и анионы (HCO_3^- , Cl^- , NO_3^- и SO_4^{2-}).

Качественно и количественно оценены потоки, которые дважды меняли свое направление при смене окислительно-восстановительных условий в осадках (на окислительно-восстановительных интерфейсах). Установлено, что в окисленных отложениях озера Байкал РОУ связывается с минералами Fe(III) – ферригидритом, гётитом, гематитом. При этом дополнительную связующую роль играет Ca^{2+} , способствующий образованию микрометрической сетки, обеспечивающей повышенную сорбционную емкость.

В восстановленных отложениях растворение минералов Fe(III) приводит к высвобождению РОУ. Исследованием установлено, что регулятором обмена РОУ являются окислительно-восстановительные условия, а отложения озера Байкал являются для РОУ стоком. Окислительные условия приводят к поглощению РОУ осадками (31-78 ммоль С/м²год), что составляет 25–35% общего потока углерода на границе раздела вода-дно.

Результаты данного исследования позволяют глубже понять природу и свойства РОУ в пресноводных экосистемах и компенсировать недоучет РОУ во внутреннем углеродном балансе озера.

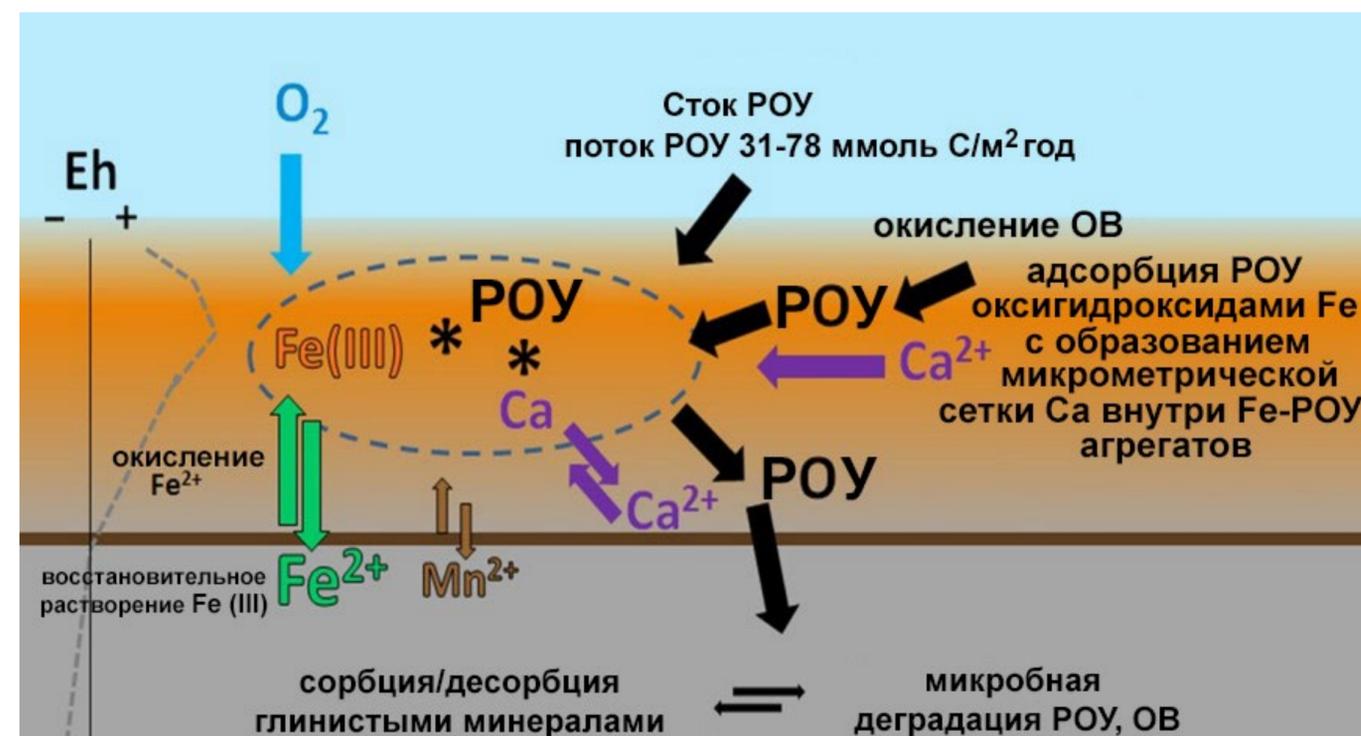


Рис.1. Концептуальная модель захоронения органического углерода в донных отложениях оз. Байкал.

Публикации:

Pogodaeva T., Khodzher T. Organic Carbon in the Bottom Sediments of Lake Baikal: Geochemical Processes of Burial and Balance Values // Water. 2023. - V. 15. - №16. - p. 1-15. DOI: [10.3390/w15162941](https://doi.org/10.3390/w15162941)



ИССЛЕДОВАНИЯ ВИРУСНЫХ И БАКТЕРИАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ КАК ОСНОВЫ СТАБИЛЬНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРЕСНОВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ И ЭФФЕКТИВНОГО ОТВЕТА В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Номер проекта в Минобрнауки России 0279-2021-0015 / Руководитель: к.б.н., доцент О.И. Белых

Качество воды, разнообразие и токсичность планктонных и бентосных цианобактерий в озере Хубсугул, Монголия

Впервые в древнем и крупнейшем озере Земли – Хубсугуле – обнаружены цианобактерии, содержащие гены синтеза гепатотоксичных микроцистинов. Цианобактерии продуцировали пять вариантов микроцистинов, концентрация которых была низкой. Комплексом методов установлены количество и разнообразие цианобактерий планктона и бентоса, определены условно патогенные и патогенные бактерии. Санитарно-микробиологические показатели качества воды в оз. Хубсугул были ниже нормативов СанПиНа. Гидрохимические, гидрофизические и биологические параметры воды входили в диапазон значений, свойственных олиготрофному водоему. Признаки антропогенного эвтрофирования и условия для массового развития цианобактерий в озере не выявлены, наличие токсичных видов свидетельствует о древнем возрасте цианобактерий, превышающем таковой Хубсугула, и об их космополитизме.

Публикации:

Belykh O.I., Sorokovikova E.G., Tomberg I.V., Fedorova G.A., Kuzmin A.V., Krasnopeev A.Y., Suslova M.Y., Potapov S.A., Belykh T.I., Norovsuren J., Galachyants A.D., Tikhonova I.V. *Water Quality, Toxicity and Diversity of Planktonic and Benthic Cyanobacteria in Pristine Ancient Lake Khubsugul (Hovsgol), Mongolia // Toxins*. 2023. - V. 15. - №213. - p. 1-30. DOI: [10.3390/toxins15030213](https://doi.org/10.3390/toxins15030213)

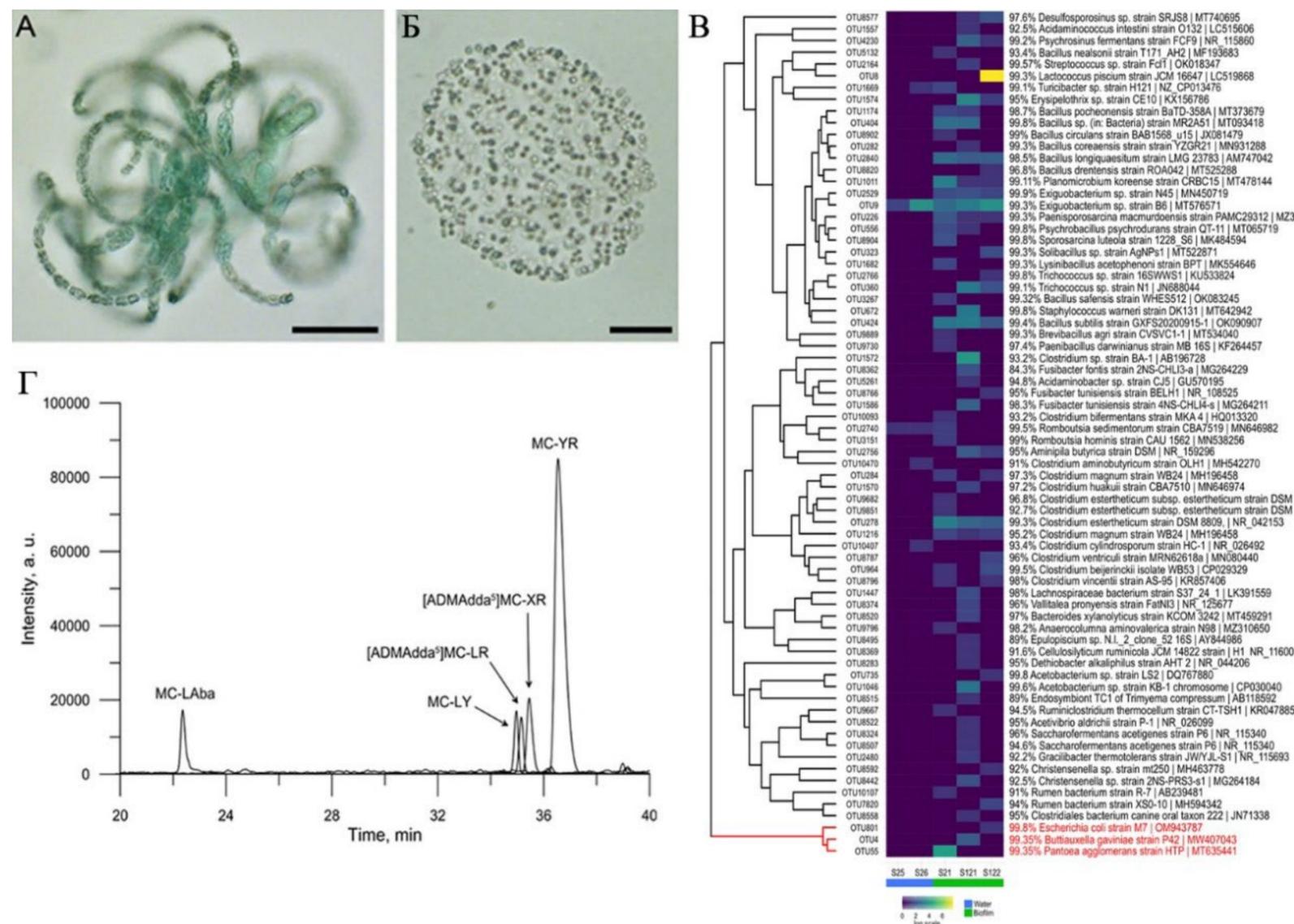


Рис.1. А, Б – планктонные цианобактерии; В – тепловая карта и филогенетическое древо доминирующих генотипов условно патогенных и патогенных бактерий; Г – хроматограмма микроцистинов.

Limnofasciculus baicalensis gen. et sp. nov. (Coleofasciculaceae, Coleofasciculales): новый род цианобактерий, выделенный из обрастания губок в озере Байкал

Массовое развитие бентосных цианобактерий наблюдается в озере Байкал с 2011 года и является ярким проявлением экологического кризиса литоральной зоны. Цианобактерия *Symplocastrum* sp. образует массивные обрастания на всех типах бентосных субстратов, включая эндемичные байкальские губки (Рис.2)

Для дальнейшего таксономического определения использовали штамм ВВК-W-15 (=IPPAS В-2062^T), выделенный из обрастания губок в 2015 году. Полифазный подход показал, что он является криптическим таксоном цианобактерий. Морфологическая оценка штамма показала наличие цилиндрических нитей с изодиаметрическими клетками, заключенными в индивидуальные чехлы, и колеодесмоидного ложного ветвления. Ультраструктура штамма (фасцикулярные тилакоиды и клеточное деление типа С) характерна для семейств Microcoleaceae и Coleofasciculaceae.

Комплексный анализ, включающий филогению гена 16S рРНК, филогению консервативных белков и сравнение целых геномов, показал уникальное положение ВВК-W-15, что подтверждает необходимость выделения нового рода *Limnofasciculus*. С помощью морфологии, 16S, ITS и геномного анализа была описана новая цианобактерия семейства Coleofasciculaceae *Limnofasciculus baicalensis* gen. et sp. nov.



Рис.2. Внешний вид обрастаний и строение нитей байкальской цианобактерии *Limnofasciculus baicalensis* gen. et sp. nov. Масштаб - 20 мкм.

Публикации:

Sorokovikova E., Tikhonova I., Evseev P., Krasnopeev A., Khanaev I., Potapov S., Gladkikh A., Nebesnykh I., Belykh O. *Limnofasciculus baicalensis* gen. et sp. nov. (Coleofasciculaceae, Coleofasciculales): A New Genus of Cyanobacteria Isolated from Sponge Fouling in Lake Baikal, Russia // *Microorganisms*. 2023. - V. 11. - p. 1-24. DOI: [10.3390/microorganisms11071779](https://doi.org/10.3390/microorganisms11071779)



ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОЗ. БАЙКАЛ ОТ ОСУЩЕСТВЛЯЕМЫХ И ПЛАНИРУЕМЫХ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА БАЙКАЛЬСКОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ, РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ, ВОДНЫЙ И БИОРЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ОЗ. БАЙКАЛ

Номер проекта в Минобрнауки России 0279-2022-0004 / Руководитель: к.г.н. М.М. Макаров

Бактериальные сообщества реки Селенги, ее притоков и Селенгинского мелководья в подледный и летний периоды

Впервые с помощью высокопроизводительного секвенирования фрагментов гена 16S рРНК выполнено исследование структуры бактериальных сообществ реки Селенги, ее притоков и придельтовой акватории (Селенгинское мелководье) в подледный и летний периоды. Таксономический состав бактериальных сообществ на разных участках Селенги был схож, несмотря на поступление с притоками микроорганизмов иного таксономического состава. По мере смешения речных вод с озерными выявлены отчетливые изменения в составе бактериальных сообществ, коррелирующие с физико-химическими параметрами. Относительная численность бактерий (на уровне рода), доминирующих на Селенгинском мелководье и открытом Байкале, отрицательно коррелировала ($p_{\text{value}} < 0.05$) с концентрациями основных ионов, значениями химического окисления органических веществ, температурой и положительно – с глубиной водной толщи и рН (Рис. 1). Для речных бактериальных сообществ отмечены обратные взаимосвязи: положительные – с физико-химическими параметрами и отрицательные – с глубиной и рН. В реке Селенге и ее притоках выявлена высокая численность санитарно-значимых бактерий, что свидетельствует о поступлении хозяйственно-бытовых стоков, фекальных загрязнений и легкодоступного органического вещества.

Публикации:

Захаренко А.С., Томберг И.В., Сулова М.Ю., Букин С.В., Блинов В.В., Земская Т.И. Структура бактериальных сообществ в зоне впадения реки Селенги в озеро Байкал в подледный период. // *Водные ресурсы* (в печати)

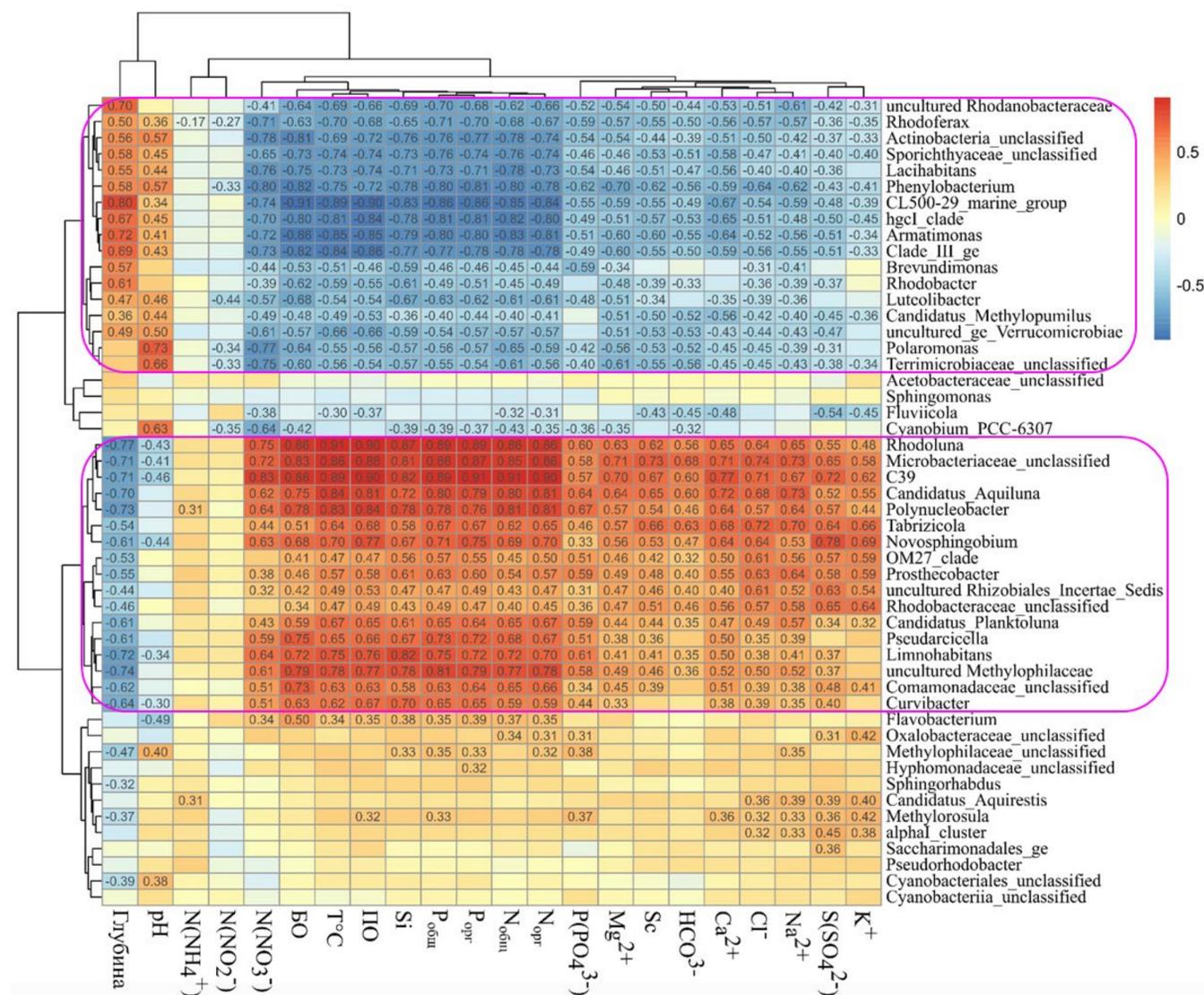


Рис.1. Тепловая карта корреляционных связей (корреляция Спирмена) между вкладом доминирующих родов бактерий в сообщества и физико-химическими параметрами. Красный цвет указывает на положительную корреляцию, синий – на отрицательную. Указана значимая корреляция при $p_{\text{value}} < 0.05$. Приведены данные для летнего периода.



Кислотный краситель на основе кумарина для флуоресцентного окрашивания частиц карбоната кальция

Разработан новый флуоресцентный краситель QA2, окрашивающий карбонат и фосфат кальция в момент их формирования. Ватерита и фосфат кальция адсорбируют QA2 на поверхности и демонстрируют зеленую флуоресценцию, а кристаллы кальцита окрашиваются в массе и проявляют интенсивную синюю флуоресценцию. Новый краситель востребован для прижизненного мониторинга структур в живых организмах в качестве инструмента для изучения биокальцификации. В отличие от известных красителей, QA2 излучает в области, не перекрывающейся с флуоресценцией хлорофилла и других органических веществ. На основе QA2 возможно создание новых неорганических и композитных материалов, в том числе методами биотехнологии.

Работы направлены на создание средств для прижизненного мониторинга формирования неорганических и композитных скелетных структур в живых организмах. Исследования создают основу для понимания процессов динамической самоорганизации химических веществ в биологические структуры с последующим созданием биоподобных технологий. Актуальность полученных результатов определяется тем, что созданный краситель, в отличие от известных, способен идентифицировать кальциевые структуры на фоне флуоресценции хлорофилла и других природных веществ.

Публикации:

Zakharova N.V., Zelinskiy S.N., Strelova M.S., Danilovtseva E.N., Annenkov V.V. Thermo- and pH-sensitive Polymer with Pendant Spacer-linked Imidazole Cycles // *Chinese Journal of Polymer Science*. 2023. - p. 1-9. DOI: 10.1007/s10118-023-3056-6

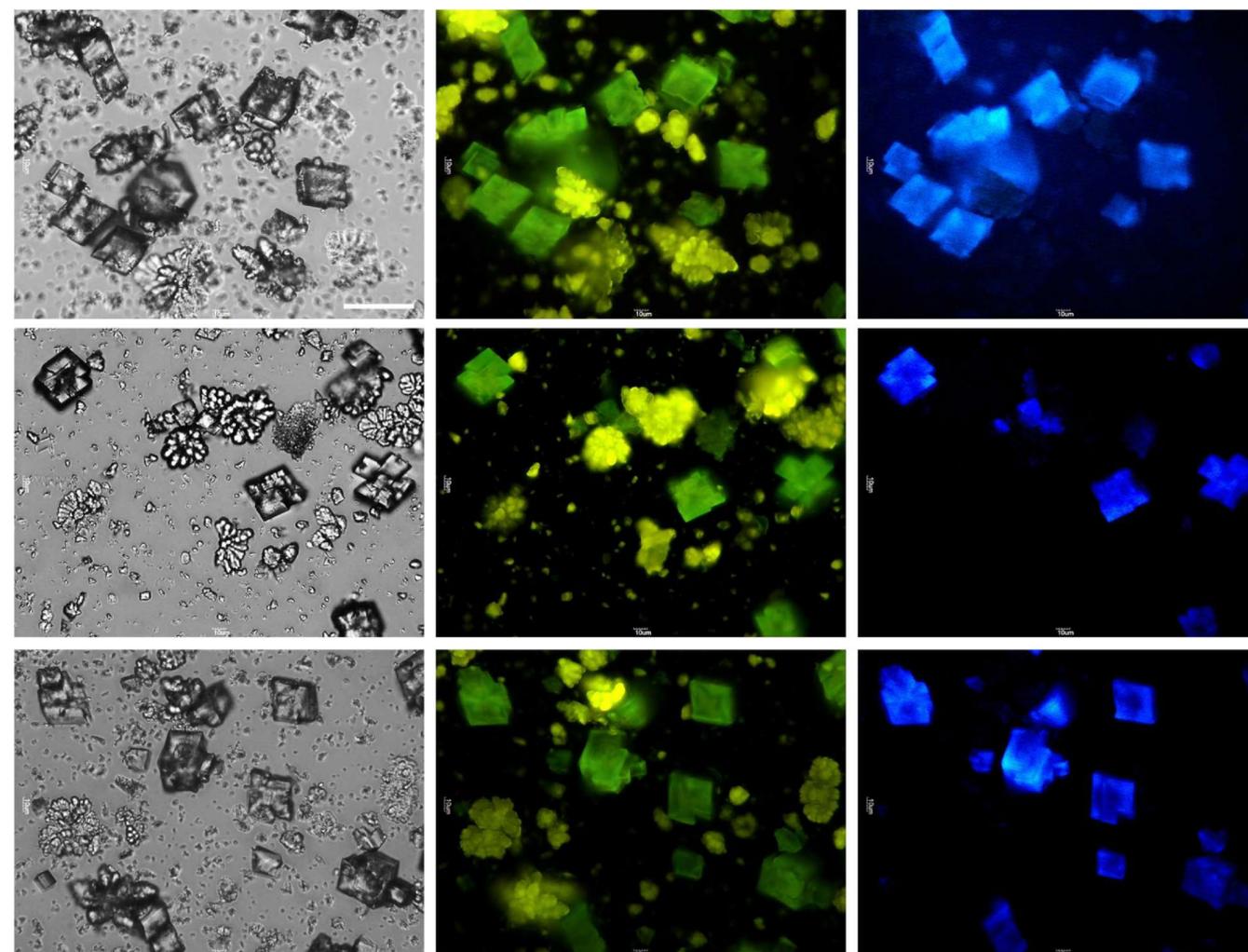


Рис.1. Микрофотографии в видимом свете и эпифлуоресценция частиц карбоната кальция, полученных в присутствии красителя QA2. Масштаб - 50 µм.



КРУПНЫЙ НАУЧНЫЙ ПРОЕКТ МИНОБРНАУКИ РОССИИ



ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ, МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОГО МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ БАЙКАЛЬСКОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ

Соглашение № 075-15-2020-787 / Руководитель: д.г.-м.н. А.П. Федотов

Формирование концептуальных основ мониторинга экстремальных природных явлений и антропогенных выбросов в атмосфере

Дооснащена новым оборудованием опорная станция наблюдения «Листвянка». Установлен аэталометр «ВАС-10» (фирма «Shenyang Chemetech Co., Ltd», Китай) для автоматического измерения концентрации черного углерода по 10 каналам от 370 нм до 950 нм (Рис.1а, б). Для исследования термической стратификации атмосферы до высоты 1000 метров, с разрешением от 25 до 50 метров установлен профиломер МТР-5 (ЦАО, Россия) (Рис.1в).

Завершены работы по созданию региональных центров приемки и обработки данных онлайн мониторинга состава атмосферы на БПТ. С высоким разрешением получены результаты автоматической регистрации газов (SO_2 , NO , NO_2 , O_3 , CO), концентрации частиц PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ на станциях «Листвянка», «Боярский». Отмечены случаи синхронного повышения концентраций на обеих станциях SO_2 , NO , NO_2 , частиц PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, что свидетельствует об единой группе их источников (Рис.2).

Публикации:

Shikhovtsev M.Yu., Obolkin V.A., Khodzher T.V., Molozhnikova Y.V. Spatio-temporal variability of small gas impurities in the surface layer of the atmosphere of the southern Baikal region // Proceedings of SPIE. 2023. – V. 12780. – P. 1-10. DOI: [10.1117/12.2687772](https://doi.org/10.1117/12.2687772)

Dementeva A.L., Zhamsueva G.S., Zayakhanov A.S., Tsydyrov V.V., Starikov A.V., Balzhanov T.S. Variability of aerosol concentrations of fractions PM_{10} and $\text{PM}_{2.5}$ in the atmosphere surface layer at the reference monitoring station Boyarsky // Proceedings of SPIE. 2023. – V. 12780. – P. 1-5. DOI: [10.1117/12.2690736](https://doi.org/10.1117/12.2690736)

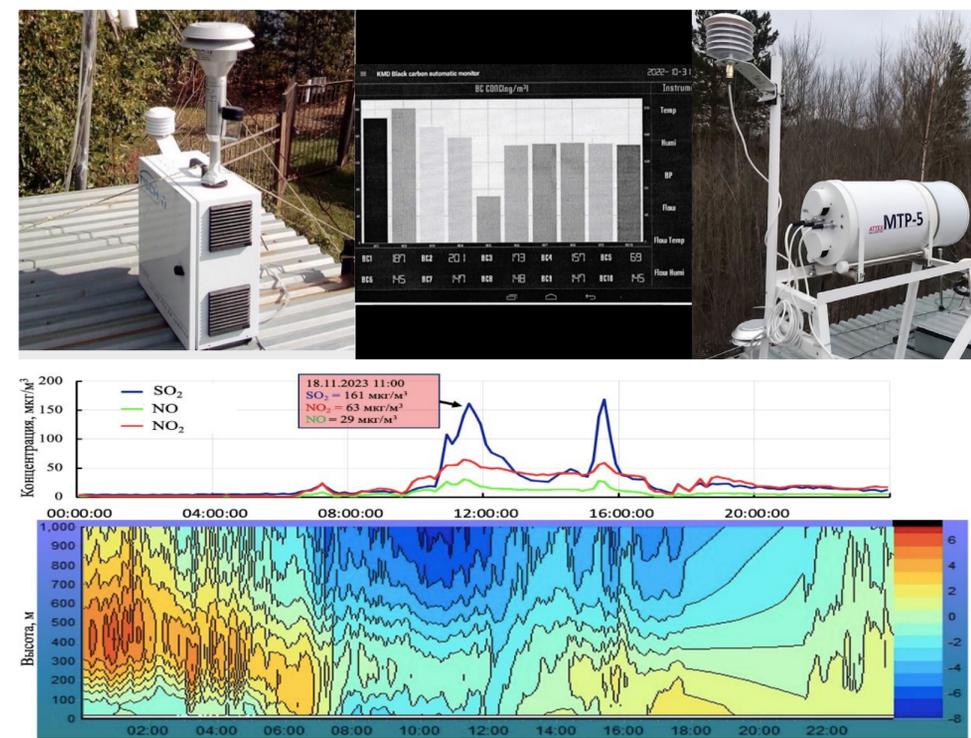


Рис.1. Аэталометр «ВАС-10» (а), запись распределения по 10 каналам (б), ход вертикальных профилей температуры и концентрации газов (в) на станции «Листвянка»

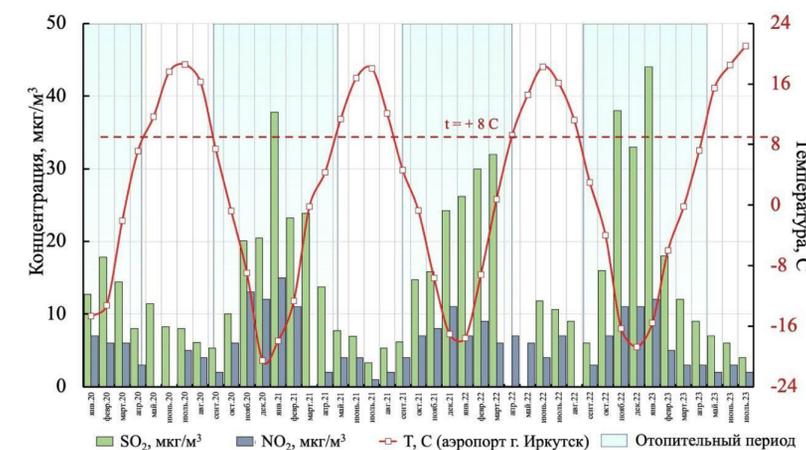


Рис.2. Среднемесячная концентрация диоксида серы, диоксида азота в атмосфере на станции «Листвянка» в 2020-2023 гг. красной линией обозначены среднемесячные температуры воздуха.

Формирование концептуальных основ мониторинга гидрологических режимов водоемов

Разработан цифровой датчик для измерения уровня воды в водоёме, а также температуры воды и проходящей солнечной радиации в разных спектральных диапазонах. Датчик питается от напряжения 12 вольт и подключается к гидрометеорологической станции по интерфейсу RS485, что позволяет его устанавливать на расстоянии до 1 км от берега. Датчик имеет компактные размеры и малое энергопотребление.

Измерение уровня водоёма основано на гидростатическом принципе, т.е. корпус прибора фиксируется на дне водоёма и встроенный сенсор измеряет гидростатическое давление столба жидкости, что позволяет определить его высоту. Для компенсации атмосферного давления в береговой части гидрометеорологической станции устанавливается датчик давления воздуха (микробарометр).

Конструктивно датчик состоит из двух печатных плат: основной – с контроллером и двумя выносными датчиками (температуры и солнечной радиации), а также второй, переходной платы с датчиком давления, сочленяющейся с основной под прямым углом через 4-контактный



Рис.3. Общий вид печатных плат разработанного датчика.

разъем (Рис. 3). Для герметизации датчика температуры и улучшения его времени реакции применяется трубка из нержавеющей стали с заглушенным концом. Для герметизации датчика солнечной радиации и обеспечения оптической прозрачности используется трубка из кварцевого стекла.

Датчик имеет высокое разрешение измерения уровня воды (0.1 мм) и её температуры (0.005 °С), а за счет программируемого коэффициента усиления и времени интегрирования фотодиодов – высокую чувствительность ($<1 \text{ мкВт/см}^2$) и широкий динамический диапазон (3 800 000:1) измерения освещенности. Измерение проходящего в воду солнечного излучения производится с помощью матрицы фотодиодов 3x4, которая состоит из красного, зеленого, синего фотодиодов, а также фотодиода с чувствительностью во всем видимом диапазоне.

Изготовлено три опытных образца датчика, которые были установлены совместно с гидрометеорологическими станциями онлайн мониторинга на озерах Арахлей, Хубсугул и Байкал (пример данных на Рис. 4). Разработанный датчик получился доступным по цене и при этом совмещает три прибора в одном, не имея по своему функционалу мировых аналогов.

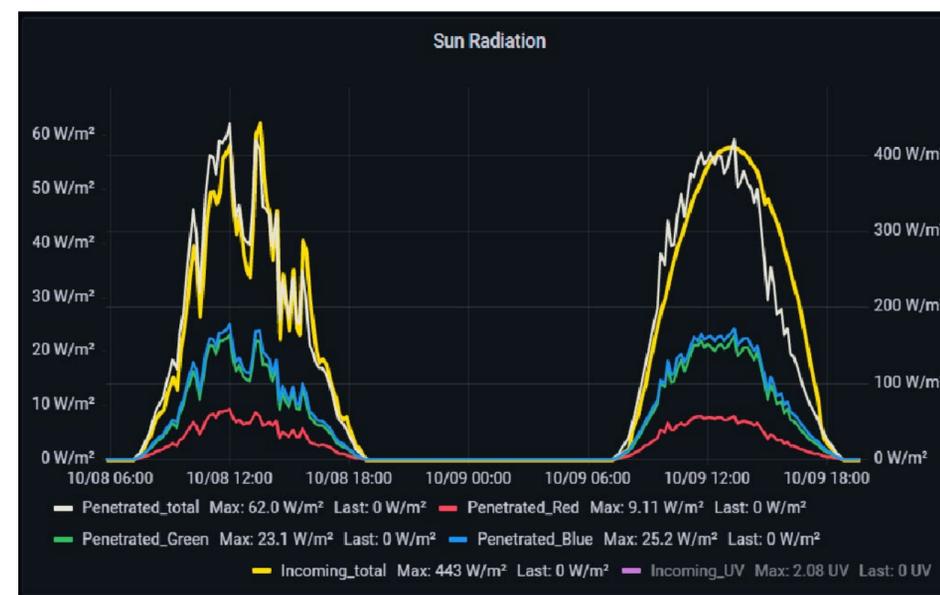


Рис.4. Пример визуализации данных с датчиков солнечной радиации.



РНФ

ПРОЕКТЫ РОССИЙСКОГО НАУЧНОГО ФОНДА



Сополимеры акриловой кислоты и виниламина: аномальная кислотность и ассоциация с короткими поликислотами

Сополимеры акриловой кислоты (АК) и виниламина (ВА) представляют собой одну из простейших полиамфолитных структур. Кисотно-основные свойства этих сополимеров практически не изучены, а работы, посвященные синтезу сополимеров различного состава, отсутствуют. Нами синтезирован набор сополимеров АК и ВА, содержащих от 21 до 95 мол. % звеньев АК.

Потенциометрическое титрование выявило необычные кислотно-основные свойства новых сополимеров. Добавление HCl к сополимерам в виде натриево-калиевой соли приводит лишь к частичному протонированию карбоксильных анионов и аминных групп, в том числе в кислой области (рН 2,5). Такая аномально высокая кислотность сополимеров обусловлена образованием прочных внутри- и межмолекулярных водородных или ионных связей: $\sim\text{COO}^- \text{H}_3\text{N}^+\sim$, $\text{COOH}\cdots\text{NH}_2\sim$, $\sim\text{H}_2\text{N}^+\cdots\text{H}_3\text{N}^+\sim$. ПВА и сополимеры способны стабилизировать биологически активное вещество куркумин в водной среде, значительно повышая его концентрацию в нейтральном диапазоне рН.

Полимеры с высоким содержанием аминных групп предотвращают деградацию куркумина, вероятно, переводя его в более стабильную анионную форму. Новые сополимеры перспективны для создания носителей нуклеиновых кислот для генной терапии и инженерии. Сополимер, содержащий 21% АК, сравним с ПВА по взаимодействию с олигонуклеотидами, но дает более однородные полиплексы без примеси положительно заряженных и потенциально токсичных частиц.

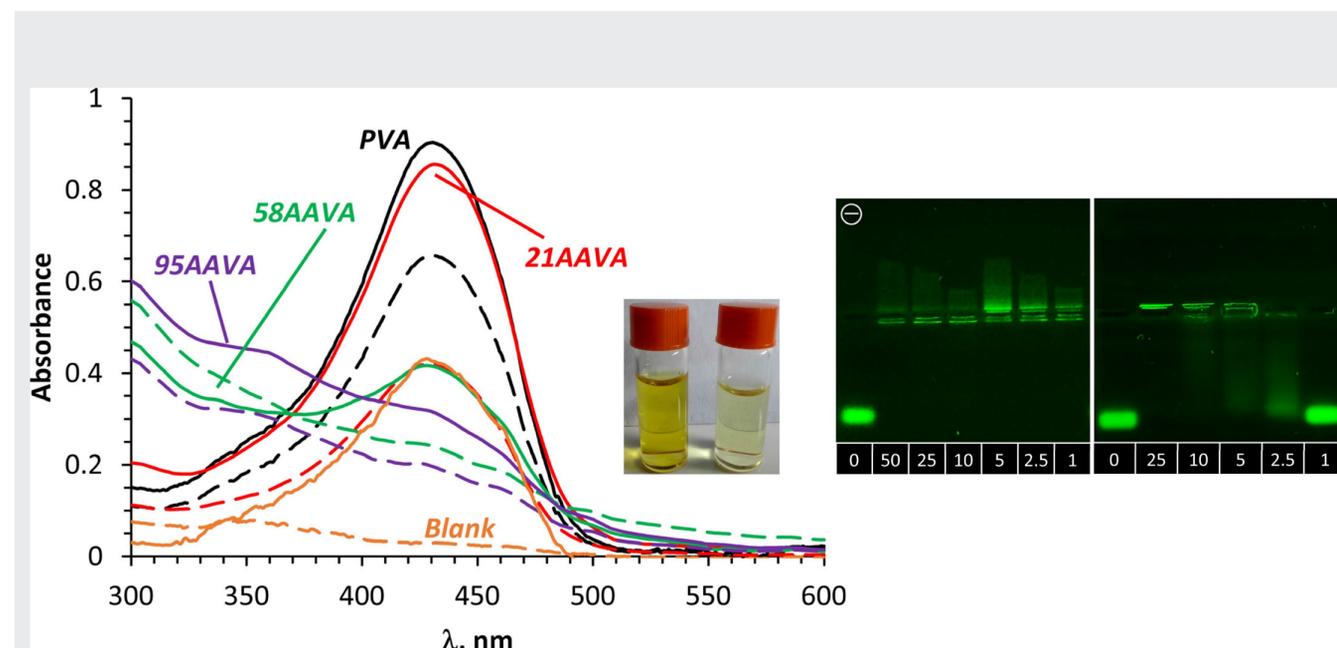


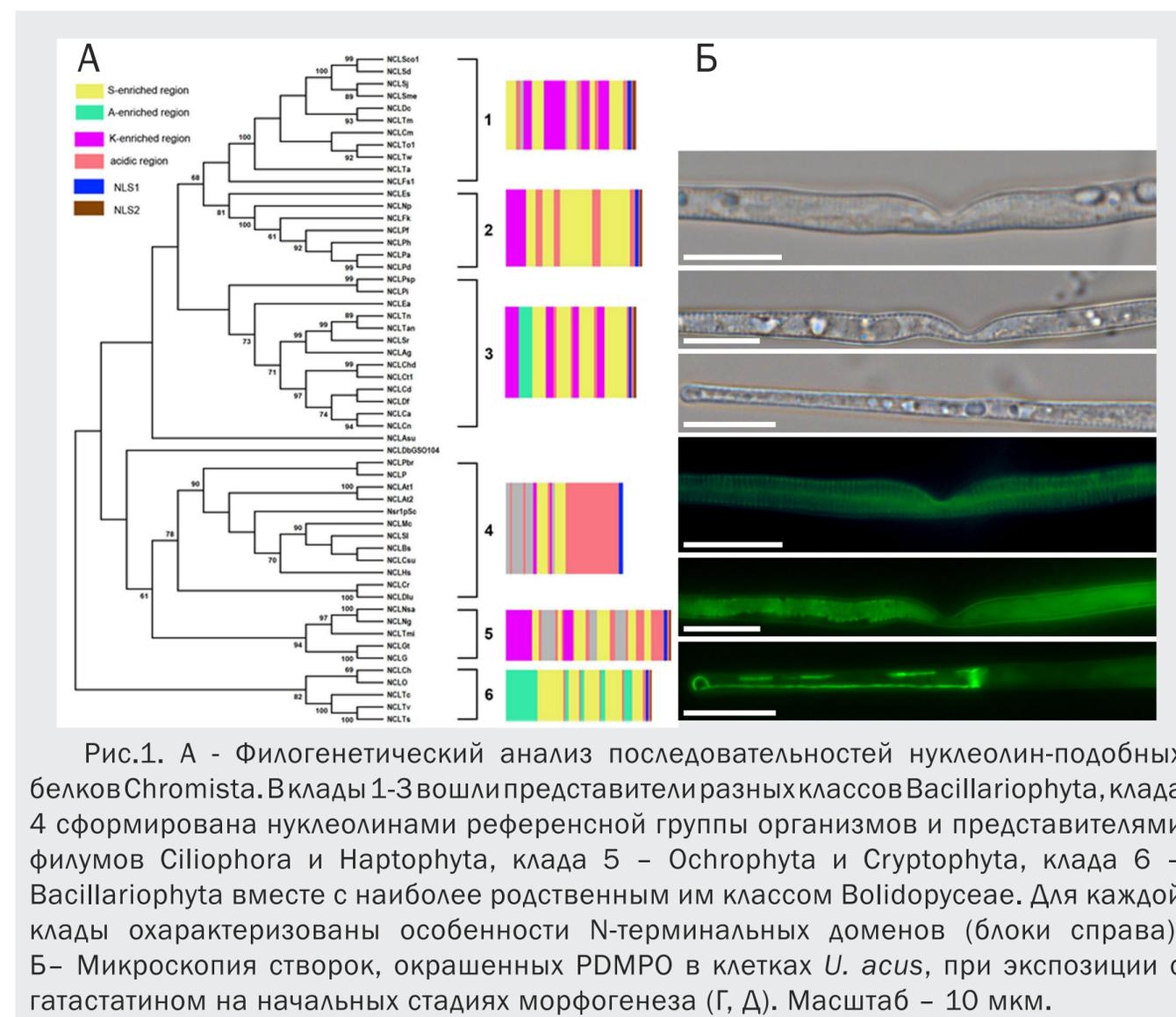
Рис.1. А – спектры дисперсий полимера и куркумина после разбавления этанолом (90 об. %). Сплошные линии - первый день (3 ч после смешивания), пунктирные линии - четвертый день (Blank - второй день). Цифры в названиях сополимеров соответствуют содержанию АК, мол. %. Вставка - дисперсии смеси сополимера 58AAVA и куркумина при рН 7,4 после 3 часов перемешивания (слева) и смеси куркумина с гомополимерами ПАК и ПВА в соотношении 58: 42 (справа). Б – данные гель-электрофореза ПВА (слева) и 21AAVA (справа) с 21-мерной FAM-ДНК при рН 7,4. Цифры указывают на соотношение N/P.

Публикации:

Annenkov V.V., Sudakov M.S., Palshin V.A., Zelinskiy S.N., Strelova M.S., Danilovtseva E.N. Acrylic acid and vinylamine copolymers: Anomalous acidity and association with short polyacids // *Polymer*. 2024. - V. 302. - №127057. - p. 1-9. DOI: [10.1016/j.polymer.2024.127057](https://doi.org/10.1016/j.polymer.2024.127057)

Внутриклеточный морфогенез видоспецифических наноструктурированных деталей панциря диатомовых водорослей находится под контролем микротрубочкового организующего центра (МТОЦ). В основе МТОЦ лежит γ -тубулин, образующий более крупные комплексы с другими гомологичными белками комплекса γ -тубулина (Gamma-tubulin Complex Protein – GCP). В настоящем исследовании удалось установить особенности структуры предсказанных аминокислотных последовательностей GCP2 и GCP3 диатомей, выявить особенности grip-мотивов, обеспечивающих взаимодействие GCP между собой и гамма-тубулином. С помощью филогенетического анализа впервые идентифицированы последовательности GCP4 у нескольких видов диатомей класса Mediophyceae (Petrova et al., 2023). Филогенетический анализ найденных полноразмерных аминокислотных последовательностей нуклеолин-подобных белков Chromista позволил выделить шесть клад со своими особенностями им особенностями структуры последовательностей (Рис. 1А).

В ходе выполнения проекта уточнены нуклеотидные последовательности генов, кодирующих белки комплекса γ -тубулина (GCP2 и GCP3) у пресноводной пениатной диатомеи *Ulnaria acus*. В синхронизированной культуре аксеничного штамма этого вида с помощью ПЦР в реальном времени было показано, что экспрессия генов GCP2, GCP3 и *Gtub*, кодирующих белки комплекса гамма тубулина GCP2 и GCP3 и γ -тубулин, происходит в течение всего клеточного цикла. Небольшой рост экспрессии наблюдался с 8 до 16 часов после переноса клеток в среду с кремнием и начала морфогенеза створки. В синхронизированной культуре *U. acus* было показано, что воздействие специфического ингибитора гамма-тубулина, гатастатина, на ранних стадиях морфогенеза створки вызывает увеличение смертности клеток и уменьшение количества клеток с формирующимися створками. Флуоресцентная микроскопия позволила впервые выявить аномалии строения створок *U. acus* (Рис. 1Б), сформированных под влиянием гатастатина; морфологически створки могли не иметь признаков ветвлений первого и второго порядка и в единичных случаях кремнеземные структуры были представлены в виде одиночных тяжей. Полученные результаты показывают участие МТОЦ не только в клеточном делении, но и в инициации морфогенеза створки.



Публикации:

Petrova D.P., Morozov A.A., Potapova N.A., Bedoshvili Y.D. Analysis of Predicted Amino Acid Sequences of Diatom Microtubule Center Components // International Journal of Molecular Sciences. 2023. - V. 24. - p. 1-14. DOI: [10.3390/ijms241612781](https://doi.org/10.3390/ijms241612781)



ПЕРВИЧНАЯ ОЦЕНКА РАЗНООБРАЗИЯ ВИРУСОВ В БАЙКАЛЬСКИХ МОЛЛЮСКАХ

Номер проекта РФФ 22-24-01120 / Руководитель: к.б.н. Т.В. Бутина

В рамках данного проекта проведено исследование разнообразия вирусов в байкальских брюхоногих моллюсках с помощью метагеномного и метатранскриптомного анализа (высокопроизводительного секвенирования суммарных ДНК и РНК из проб моллюсков). Объектами исследования стали представители трёх эндемичных семейств байкальских гастропод (*Benedictiidae*, *Valvatidae* и *Baicalidae*), виды *Benedictia baicalensis*, *Megalovalvata baicalensis* и *Baicalia turritiformis*.

В результате биоинформатического анализа полученных наборов данных выявлено разнообразие семейств РНК и ДНК-содержащих вирусов (Рис. 1), гипотетически поражающих самих моллюсков (например, пикорнавирусы), ассоциированную с ними микрофлору, а также объекты питания. Низкий уровень сходства и значительные генетические расстояния между байкальскими вирусами и вирусами из других организмов и биотопов указывали на уникальный состав обнаруженных вирусов в моллюсках. Показано отличие вирусных сообществ: 1) в различных видах байкальских моллюсков; 2) в моллюсках и окружающей их водной среде; 3) в байкальских и других видах моллюсков из различных экосистем. Установлено, что байкальские гастроподы могут быть природными резервуарами для различных вирусов и влиять на их эпидемиологию.

Таким образом, впервые проведен анализ вирусных последовательностей в образцах байкальских моллюсков. Выявленное разнообразие вирусов в эндемичных брюхоногих моллюсках *B. baicalensis* включало неизвестных представителей разных отрядов и семейств, поражающих широкий круг хозяев. Полученные массивы данных (архивы сырых данных) депонированы в базу данных SRA NCBI (BioProject PRJNA1029953).

Публикации:

Butina T.V., Zemskaya T.I., Bondaryuk A.N., Petrushin I.S., Khanaev I.V., Nebesnykh I.A., Bukin Y.S. *Viral Diversity in Samples of Freshwater Gastropods *Benedictia baicalensis* (Caenogastropoda: Benedictiidae) Revealed by Total RNA-Sequencing // International Journal of Molecular Sciences. 2023. - V. 24. - №23. - p. 1-21. DOI: 10.3390/ijms242317022*

Букин Ю.С., Бондарюк А.Н., Бутина Т.В. Анализ эффективности микс-сборки метатранскриптомных наборов данных в исследовании вирусных сообществ // Математическая биология и биоинформатика. 2023. - Т. 18. - №2. - С. 418-433. DOI: 10.17537/2023.18.418

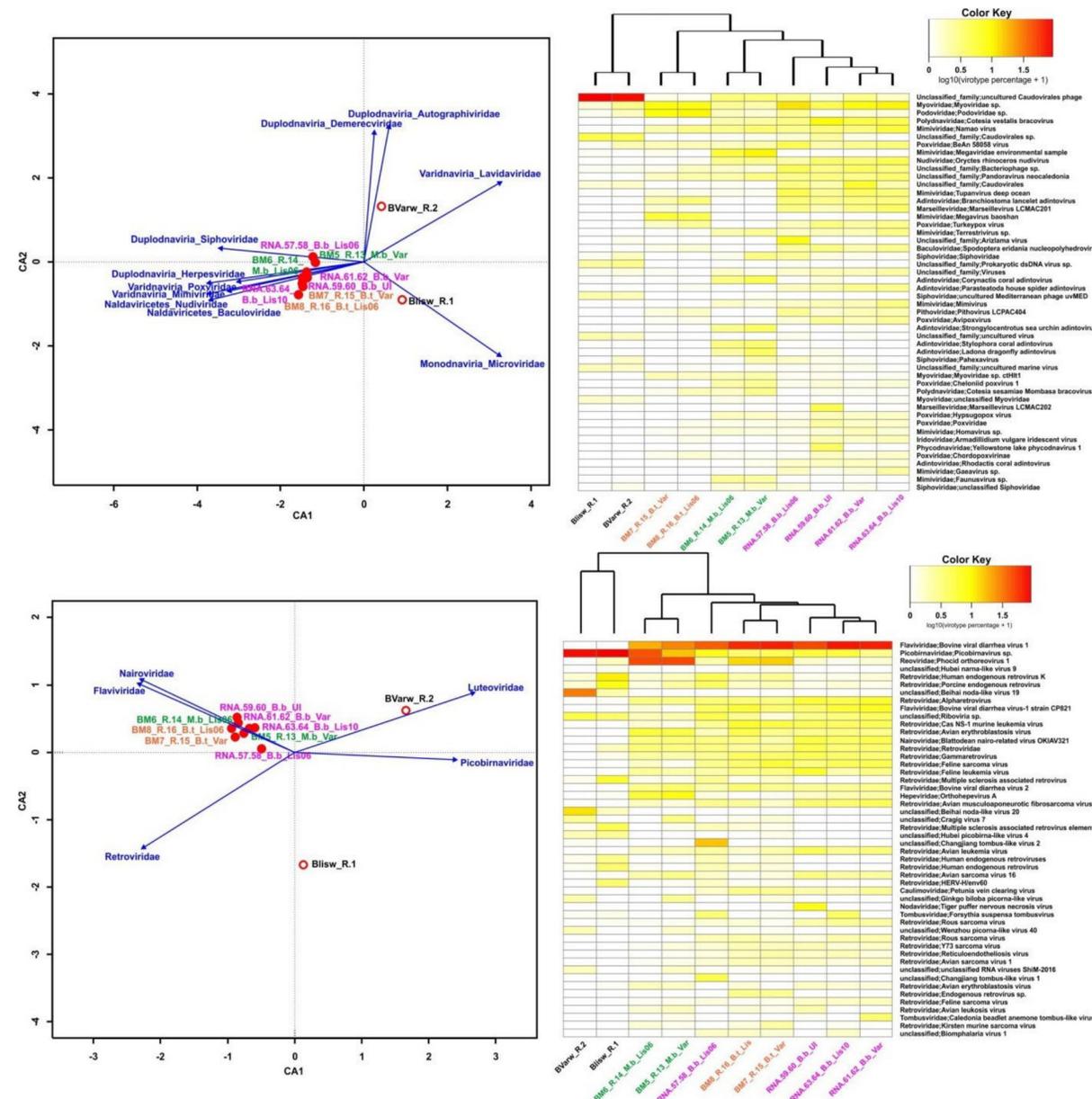


Рис.1. Сравнительный анализ (Canonical Correspondence Analysis) наборов метатранскриптомных данных из образцов байкальских моллюсков и контрольных образцов воды с достоверными векторами ДНК- (А) и РНК-содержащих вирусных семейств (В), а также тепловые карты 50-ти доминирующих по количеству прочтений виротипов. Контрольные образцы воды обозначены черным шрифтом. Обозначения в названиях проб: B.b – *Benedictia baicalensis*; M.b – *Megalovalvata baicalensis*; B.t – *Baicalia turritiformis*; Lis – пос. Листвянка, Var – пос. Большие Коты (падь Варначка); UI – Ушканьи острова.



ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТАВА И ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АЭРОЗОЛЬНО-ГАЗОВЫХ ПРИМЕСЕЙ В АТМОСФЕРЕ НАД АКВАТОРИЕЙ ОЗ. БАЙКАЛ

Номер проекта РФФИ 19-77-20058 / Руководитель: д.г.н., профессор Т.В. Ходжер

В летний период 2023 г. при отсутствии лесных пожаров в Байкальском регионе выделен вклад дальних антропогенных источников в загрязнение атмосферы над озером, прослежен трансграничный перенос. Впервые за цикл корабельных экспедиций 2019-2023 гг. наблюдались высокие среднесуточные концентрации озона – 110-120 мкг/м³ с максимумом до 170 мкг/м³ без характерных суточных вариаций, диоксида серы – до 10-11 мкг/м³ (Рис. 1а), концентраций высокодисперсного и субмикронного аэрозоля (Рис. 1б) в приводной атмосфере на всем протяжении маршрута от Среднего до Северного Байкала. По расчетам моделей SILAM и HYSPLIT выявлено (Рис. 2), что при юго-восточном крупномасштабном переносе воздушных масс из промышленных районов Китая, Монголии Средний и Северный Байкал оказался под влиянием дальнего переноса загрязняющих примесей.

Публикации:

Хуриганова О.И., Оболкин В.А., Голобокова Л.П., Ходжер Т.В. Мониторинг атмосферных загрязнений в городских и сельских районах Байкальской природной территории за 2019–2021 гг. // Метеорология и гидрология. 2023. - №4. - С. 54-65. DOI: [10.52002/0130-2906-2023-4-54-65](https://doi.org/10.52002/0130-2906-2023-4-54-65)

Zhamsueva G.S., Zayakhanov A.S., Starikov A.V., Dementeva A.L., Khodzher T.V., Golobokova L.P. Component Composition of Aerosols and their Dynamics in the Atmosphere of the Baikal South-Eastern Coast // Aerosol and Air Quality Research. 2023. - V. 24. - №2. - p. 1-17. DOI: [10.4209/aaqr.230161](https://doi.org/10.4209/aaqr.230161)

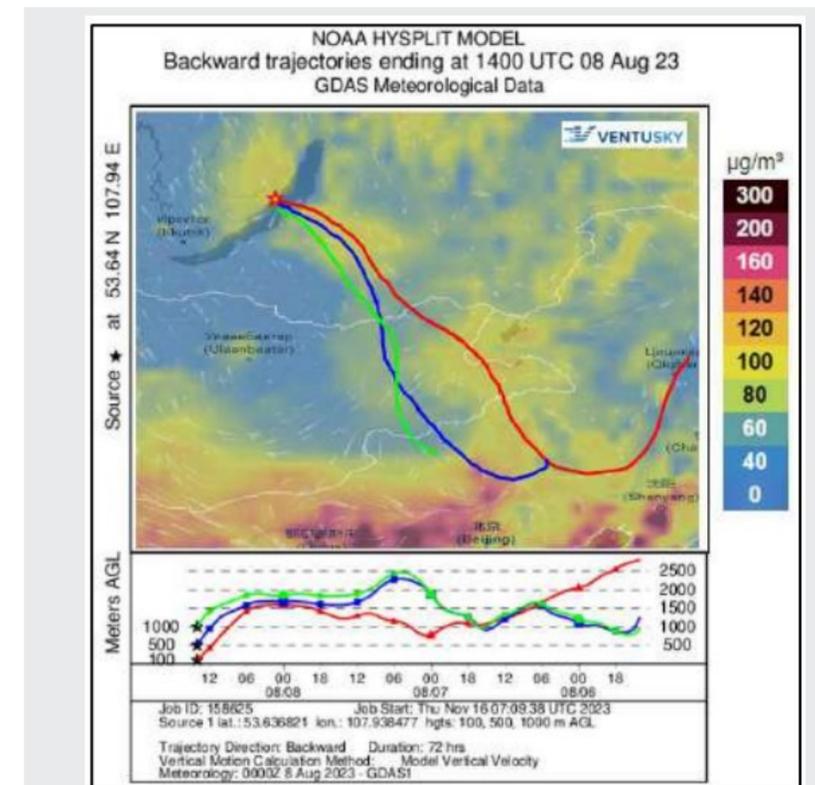


Рис.2. Карта пространственного распределения приземного озона 8 августа 2023 г. и обратные траектории (HYSPLIT) для высот 100, 500 и 1000 м

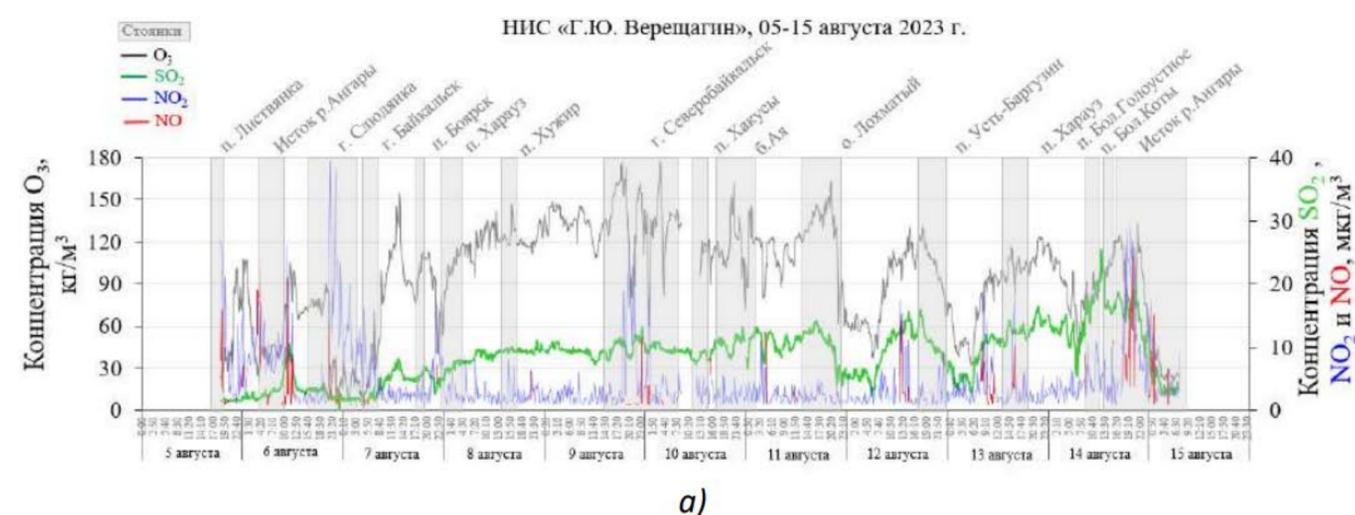


Рис.1. Временной ход концентрации приземного озона, оксида и диоксида азота и диоксида серы (а), счетной концентрации высокодисперсного и субмикронного (СМА) аэрозоля (б) в акватории оз. Байкал по всему маршруту следования НИС «Г.Ю. Верещагин»



ХАРАКТЕРИСТИКА РНК-ВИРОМОВ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Номер проекта РФФ 22-24-00612 / Руководитель: С.А. Потапов

Впервые охарактеризованы РНК-виروмы, полученные из трёх котловин озера Байкал. В виромах обнаружены последовательности, принадлежащие РНК-содержащим вирусам семейств: *Metaviridae*, *Retroviridae*, *Potyviridae*, *Dicitroviridae*, *Closteroviridae*, *Cystoviridae*, *Endornaviridae*, *Nodaviridae*, *Picobirnaviridae*, *Mesoniviridae*, *Partitiviridae*

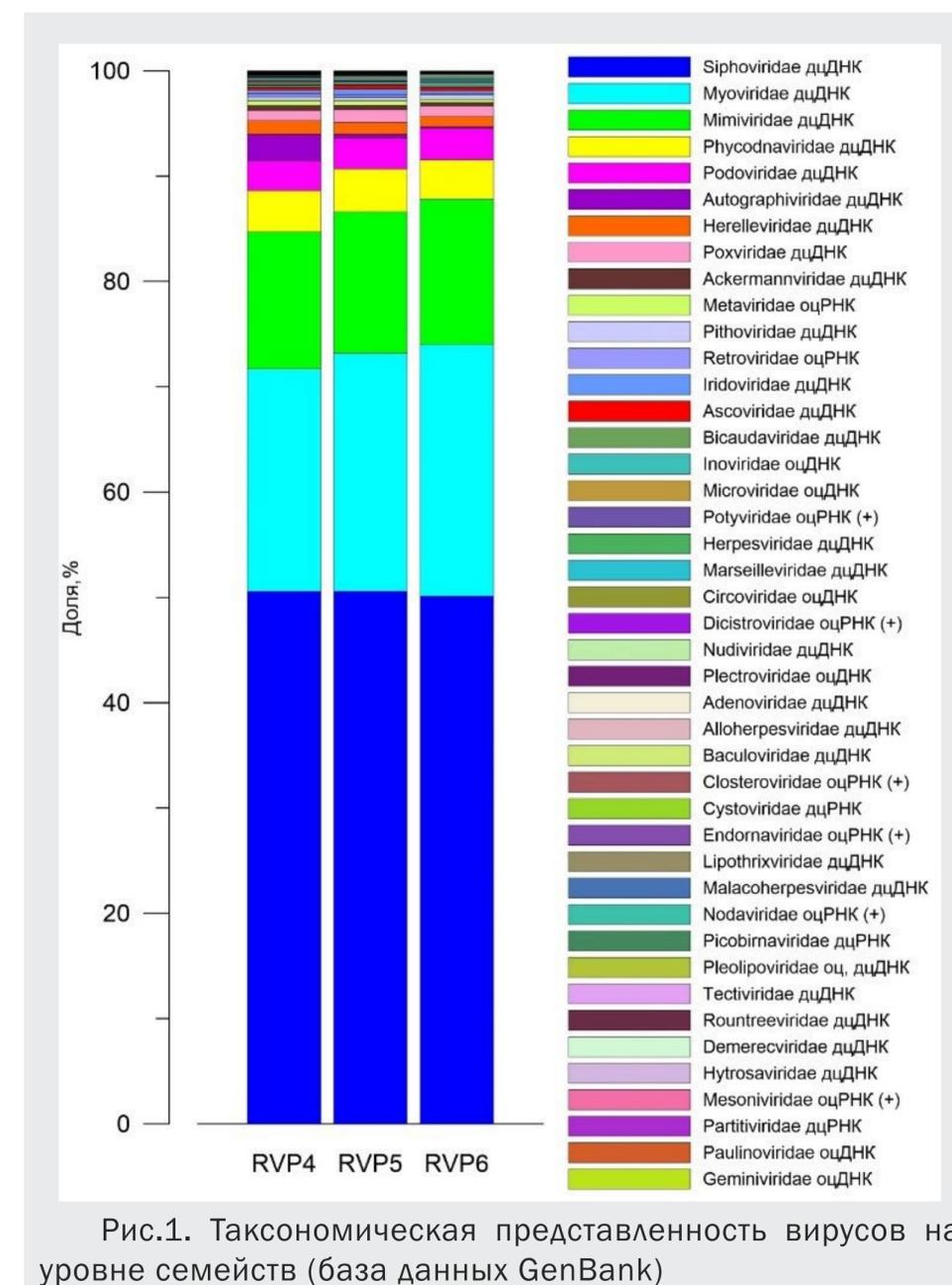
Проведен поиск генов РНК-зависимой РНК-полимеразы (RdRp) в наших наборах данных, который выявил последовательности, схожие с имеющимися в базе данных NR различными РНК-содержащими вирусами, сходство на аминокислотном уровне составило от 24,9 до 81,3%. По базе данных Virus-HostDB (поиск хозяина для известных вирусов), обнаруженным вирусам соответствовал широкий круг хозяев: позвоночные, растения, моллюски, насекомые и др. Выявленные категории, согласно базе Virus orthologous groups (VOG), демонстрируют преобладание белков с неизвестной функцией (64,6-68%), вирусные белки с функцией полезной для хозяина составили 8,1-11,7%, белки вирусной репликации – 3-4%.

В результате ординационного анализа показано, что байкальские виромы отличаются от таковых других экосистем, что связано в первую очередь с географической обособленностью озера, уникальностью его гидрофизических и гидрохимических параметров, высоким эндемизмом его сообществ.

Результаты выполненной в ходе гранта работы дают первоначальное представление (первые сведения) о таксономическом составе РНК-вирусов в оз. Байкал.

Публикации:

Potapov S., Gorshkova A., Krasnopeev A., Podlesnaya G., Tikhonova I., Suslova M., Kwon D., Patrushev M., Drucker V., Belykh O. RNA-Seq Virus Fraction in Lake Baikal and Treated Wastewaters // *International Journal of Molecular Sciences*. 2023. - V. 24. - p. 1-26. DOI: [10.3390/ijms241512049](https://doi.org/10.3390/ijms241512049)





МЕТАГЕНОМНЫЙ АНАЛИЗ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ В ГРАДИЕНТНЫХ ЗОНАХ ОСАДОЧНОЙ ТОЛЩИ ОЗЕРА БАЙКАЛ, ПОИСК НОВЫХ ТАКСОНОВ И МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПУТЕЙ

Номер проекта РФФ 22-14-00084 / Руководитель: д.б.н. Т.И. Земская

Впервые показана роль микроорганизмов в циклах Fe, Mn и метана в донных отложениях Северного Байкала на основе анализа 37 геномов, собранных из метабеномов (MAGs).

Согласно значениям средней идентичности нуклеотидов (ANI) и ДНК-ДНК гибридизации *in silico* (dDDH) для большинства собранных MAGs значения были значительно ниже принятых для границы видов (Goris et al., 2007; Richter, Rosselló-Móra, 2009). Собранные геномы доминирующих филумов *Pseudomonadota*, *Desulfobacteriota*, *Methylomirabilota*, *Halobacterota* и *Crenarhaeota* филогенетически близки отмеченным в экосистемах из различных регионов мира: в озерах Танганьика (Центральная Африка) и Цуг (Швейцария), в обогащенном метаном и сульфат-ионами источнике Зодлтон (США), а также в глубинных метановых морских осадках.

Анализ собранных бактериальных и архейных геномов показал их родство с ранее зарегистрированными геномами/MAGs культивируемых и некультивируемых видов, для которых подтверждено участие в циклах метана и азота, а также железа и марганца (Рис. 1). Анализ собранных геномов свидетельствует о способности отдельных таксонов участвовать в восстановлении/окислении Fe и Mn в зоне АОМ.

Публикации:

Lomakina A., Bukin S., Shubenkova O., Pogodaeva T., Ivanov V., Bukin Y., Zemskaya T. *Microbial Communities in Ferromanganese Sediments from the Northern Basin of Lake Baikal (Russia)* // *Microorganisms*. 2023. - V. 11. - №7. - p. 1-22. DOI: [10.3390/microorganisms11071865](https://doi.org/10.3390/microorganisms11071865)

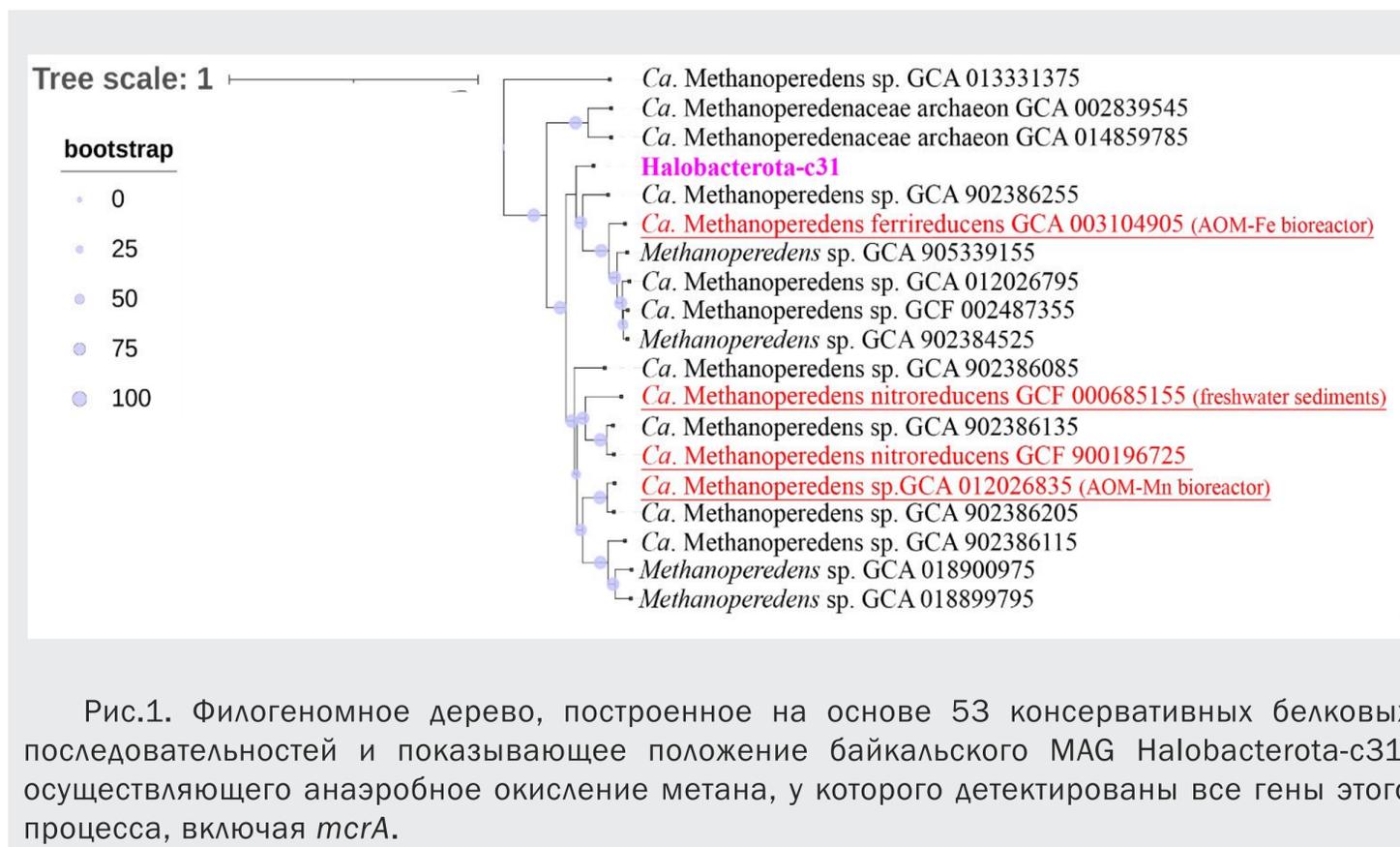


Рис.1. Филогеномное дерево, построенное на основе 53 консервативных белковых последовательностей и показывающее положение байкальского MAG Halobacterota-c31, осуществляющего анаэробное окисление метана, у которого детектированы все гены этого процесса, включая *mcrA*.



МЕТОД ОЦЕНКИ ДОЛИ ПОЛОВОГО РАЗМНОЖЕНИЯ У ОРГАНИЗМОВ СО СМЕШАННОЙ РЕПРОДУКТИВНОЙ СТРАТЕГИЕЙ

Номер проекта РНФ 22-24-00791 / Руководитель: д.б.н. Д.Ю. Щербаков

В рамках данного проекта разработаны 20 пар праймеров для *Hydra vulgaris* с помощью оригинального софта, написанного для этих целей (<https://github.com/AnastasiyaPoroshina/MSA>). Планируется осуществить их тестирование с помощью капиллярного электрофореза и провести отладку на реальных данных.

Из 33 праймеров для видов *Daphnia longispina*, *D. pulex* и *D. galeata* были отобраны 12 праймеров, которые были разделены на три группы и окрашены четырьмя красителями для капиллярного электрофореза (FAM, ROX, TAMARA, RG6). Фрагментный анализ позволил получить спектрограммы капиллярного фореза для определения полиморфных локусов. Также в экспериментальной части проекта было проведено полногеномное секвенирование некоторых образцов, что позволило получить более детальную информацию о генетическом разнообразии и эволюции исследуемых видов.

В теоретической части проекта была разработана объектно-ориентированная имитационная модель, учитывающая две репродуктивные стратегии в популяциях диплоидных организмов: стратегия с рекомбинацией и стратегия без рекомбинации. Также был разработан метод оценки долей различных стратегий размножения на основе детекции отклонения частот нейтральных аллелей микросателлитных локусов от ожидаемого в случае соблюдения правила Харди-Вайнберга. Были созданы компьютерные программы для моделирования искажений равновесного распределения генотипов. Разработана свёрточная нейронная сеть, обученная на данных, соответствующих размеру реальных генетических матриц. Модель показала высокую точность (до 0.97) и способность быстро адаптироваться к новым данным. Это позволило автоматизировать процесс анализа данных и ускорить обработку больших объёмов информации.

Публикации:

Poroshina A., Sherbakov D. A Procedure for Modeling Genetic Diversity Distortions in Populations of Organisms with Mixed Reproductive Strategies // *Mathematics*. 2023. - V. 11. - №13. - p. 1-7. DOI: [10.3390/math11132985](https://doi.org/10.3390/math11132985)

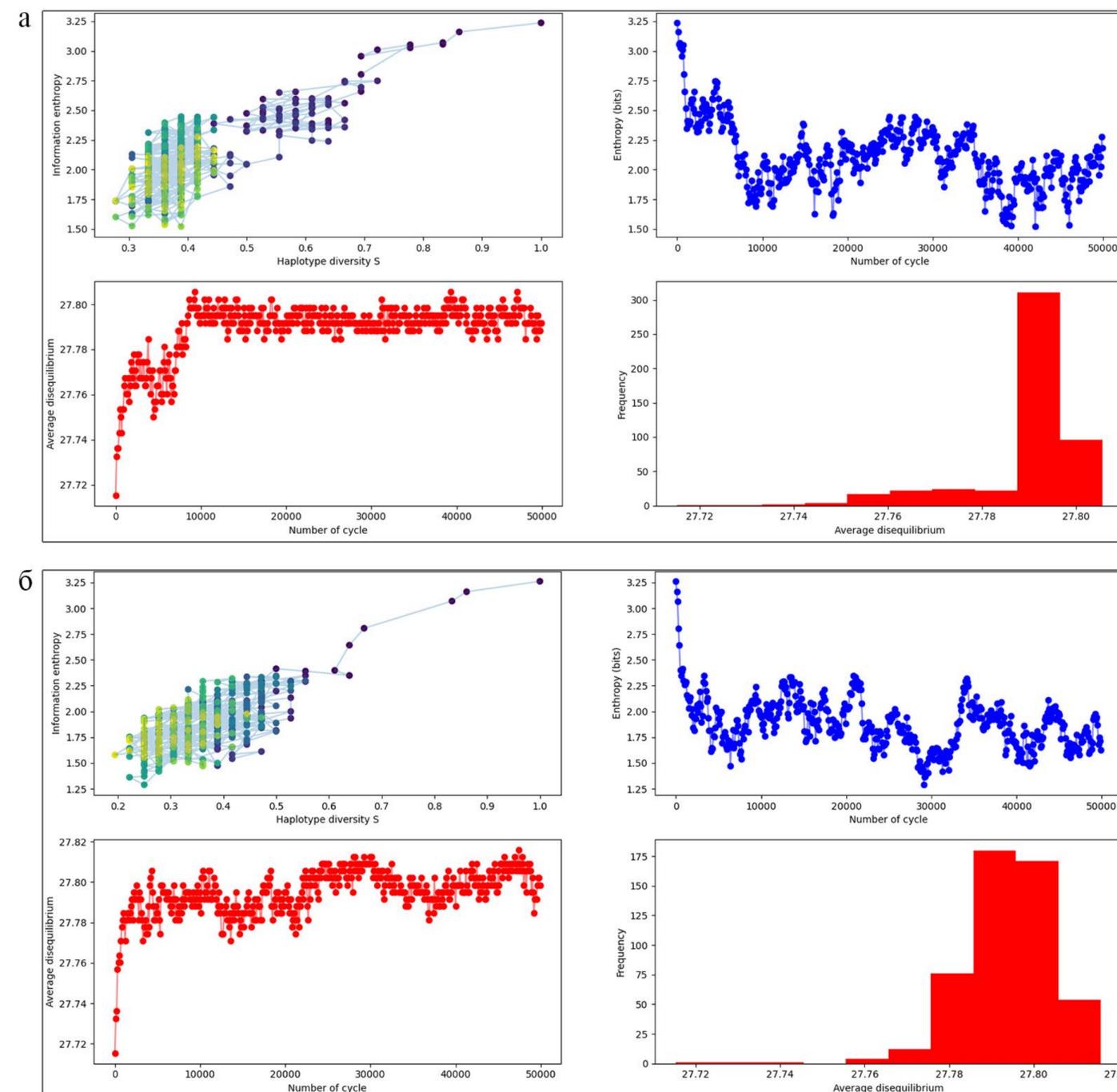


Рис.1. Отношение гаплотипического разнообразия и энтропии $E = \sum_{i=1}^N p_i \log(p_i)$ где N - общее число полиморфных маркеров, p_i - частоты этих маркеров. а) $h=0,01$ б) $h=0,99$



Установлено, что содержание рыб (гурами, *T. bleeker*, 1852 и суматранский барбус, *B. tetrazona*, *Bleeker*, 1855) в условиях непрерывного воздействия гетерогенной смеси аминокислот и пептидов (массовая доля – 0,00002 %) в течение первых двух суток сопровождается полимеризацией актиновых микрофиламентов в апикальном отделе обонятельных рецепторных клеток, что может иметь важное значение в регуляции первичных процессов обонятельной рецепции.

Плотная сеть актина, формирующегося под поверхностной мембраной вершины рецепторной клетки (Рис. 1) при относительно краткосрочном воздействии одорантов, может выполнять, по меньшей мере, две функции. Во-первых, она может выступать в качестве высокоизбирательного фильтра в локальных процессах диффузии различных молекул (сопряженных с трансдукцией химических сигналов) из тела к рецептивному участку обонятельной клетки. Во-вторых, не исключена ее роль в модуляции проведения биохимического сигнала от поверхностной мембраны внутрь клетки. Это дает возможность обеспечивать регуляцию их чувствительности к пахучим веществам, действующим в различных концентрациях. Таким образом, наряду с адаптивными изменениями биохимических процессов, перестройки актина создают дополнительные структурные основы для регуляции чувствительности клеток к пахучим веществам, действующим в различных концентрациях.

Публикации:

Klimenkov I.V., Pyatov S.K., Sudakov N.P. *Structural and functional features of the olfactory epithelium in fish // Limnology and Freshwater Biology*. 2023. - №6. - р. 190-203. DOI: [10.31951/2658-3518-2023-A-6-190](https://doi.org/10.31951/2658-3518-2023-A-6-190)

Обнаруженные факты ремоделирования актина в дендритах хеморецепторных клеток структурно сходны с процессами реорганизации актиновых микрофиламентов, которые являются неотъемлемой частью механизмов созревания и пластичности дендритических шипиков в нейронах центральной нервной системы (Okabe, 2020; Obashi et al., 2021; Kashiwagi et al., 2021). Полученные результаты создают предпосылки для более глубокого понимания первичных механизмов ольфакторного восприятия одорантов внешней среды.



Рис.1. Вершины обонятельных рецепторных клеток (отмечены стрелками), матрикс которых содержит плотную сеть актиновых микрофиламентов у суматранского барбуса после воздействия аминокислот и пептидов в течение 2 суток.



СОЗДАНИЕ ЗАДЕЛА В ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ DDRAD СЕКВЕНИРОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ФИЛОГЕНИИ LUBOMIRSKIIDAE

Номер проекта РНФ 22-24-01037 / Руководитель: к.б.н. В.Б. Ицкович

Впервые с помощью геномных данных (ddRAD seq) проведен анализ генетической структуры 7 предполагаемых видов байкальских губок. Были проанализированы данные высокопроизводительного секвенирования для 21 особи губок и получено 5532 SNP, общих для 80% особей.

Молекулярный анализ позволил выделить три кластера, соответствующие родам байкальских губок *Lubomirskia*, *Baikalospongia* и *Swartschewskia*, что подтверждается морфологическими особенностями, связанными со строением скелета. Сходные генетические профили и высокий уровень интрогрессии указывают на то, что родственные виды родов *Lubomirskia* и *Baikalospongia* фактически могут рассматриваться как один и тот же вид.

Впервые филогенетические взаимоотношения семи видов *Lubomirskiidae* были реконструированы с использованием полногеномных SNP, полученных с помощью секвенирования ddRAD, и морфологических данных. Поскольку в Байкале в настоящее время наблюдается массовое заболевание и гибель губок, информация о количестве существующих видов необходима для мониторинга и защиты биоразнообразия.

Публикации:

Ицкович В.Б., Букшук Н.А., Соколова А.М., Чебунина Н.С., Кармаданова А.А., Глызина О.Ю. Анализ биоразнообразия байкальских губок *Lubomirskiidae* в районах с различным уровнем антропогенной нагрузки // XXI век. Техносферная безопасность. 2023. - Т. 8. - №4. - С. 346-359. DOI: [10.21285/2500-1582-2023-4-346-359](https://doi.org/10.21285/2500-1582-2023-4-346-359)

Ward clustering

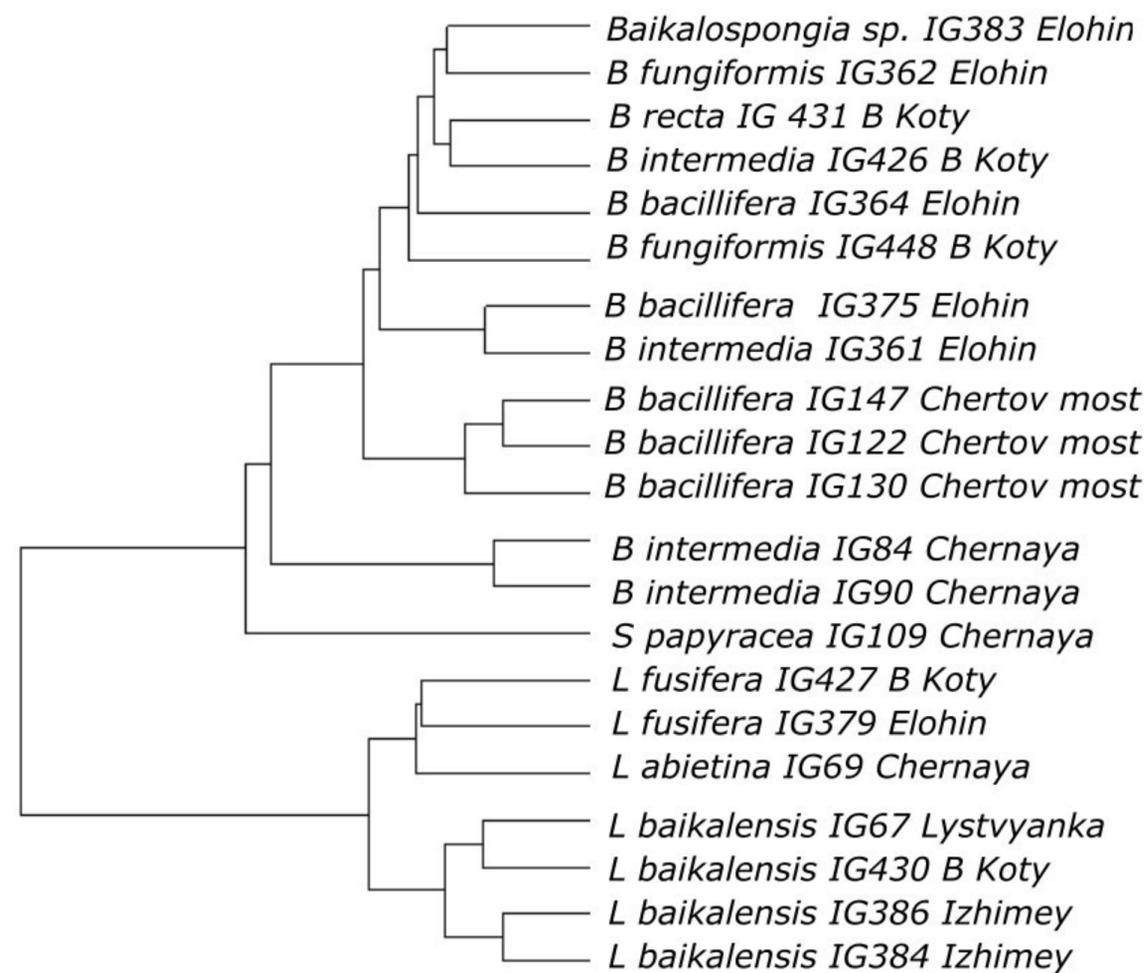


Рис.1. Результаты кластерного анализа по методу Варда.

Проект направлен на выяснение механизмов формирования разнообразия микроэукариот в водохранилищах с использованием методов микроскопии и высокопроизводительного секвенирования ампликонных библиотек.

Методами микроскопии проведен анализ распределения видов фитопланктона на 17 станциях Южного Байкала (ЮБ) и Иркутского водохранилища (ИВ) в июне (Рис. 1, 2) и в августе 2023 г. С использованием методов корреляционного анализа показано (Рис. 3), что в июне ключевым фактором, определяющим распределение видов фитопланктона по станциям, является температура воды, при этом холодолюбивые виды проникают из Байкала в водохранилище до тех станций, где температура воды не превышает 6 °С (ст. 10), а далее по ходу течения воды замещаются видами с более широкими предпочтениями по температуре. Высказана гипотеза, что байкальские холодолюбивые виды могут продвигаться по р. Ангара и заселять водохранилища Ангарского каскада в период ранней весны в современное время, а в исторические времена – в р. Ангара и р. Енисей в периоды похолоданий. Градиент температуры определил и перераспределение чешуйчатых хризофитовых – признанных индикаторов изменений среды обитания, предпочитающих, как принято считать, олиготрофные холодные водоемы. Наибольшее количество видов (23) обнаружено в мелководном заливе водохранилища при максимальных значениях температуры (11.5 °С) и рН (8.57) и минимальных в период наблюдений концентрациях фосфатов и нитратов, что подтверждает мнение о том, что чешуйчатые хризофитовые являются индикаторами олиготрофных вод, но в то же время показывает, что не самые низкие температуры являются оптимальными для их развития. Кроме того, на полученном материале произведена систематическая реконструкция – возведена до ранга вида одна из разновидностей *M. striata* var. *getseniae* в ранг *Mallomonas getseniae* Bessudova.

В августе 2023 г. при равных температурах воды в ЮБ и ИВ показано отличие в структуре сообществ и в списке доминирующих видов. В ЮБ выявлено более высокая численность мелкоклеточных цианобактерий, обнаружено высокое видовое богатство хризофитовых рода *Dinobryon* (11 видов) и крем-

нистых чешуйчатых хризофитовых (22). Состав доминирующих видов микроводорослей ЮБ и ИВ расширен по сравнению с опубликованными ранее данными. Как показал корреляционный анализ, в летний период качественные и количественные показатели фитопланктона конгруэнтны с прозрачностью воды.

Показано, что совместное использование метабаркодирования V8-V9 петель 18S рРНК и микроскопии позволяет более точно оценить таксономическое разнообразие видов фитопланктона и расширить представление о структуре сообществ микроэукариот.

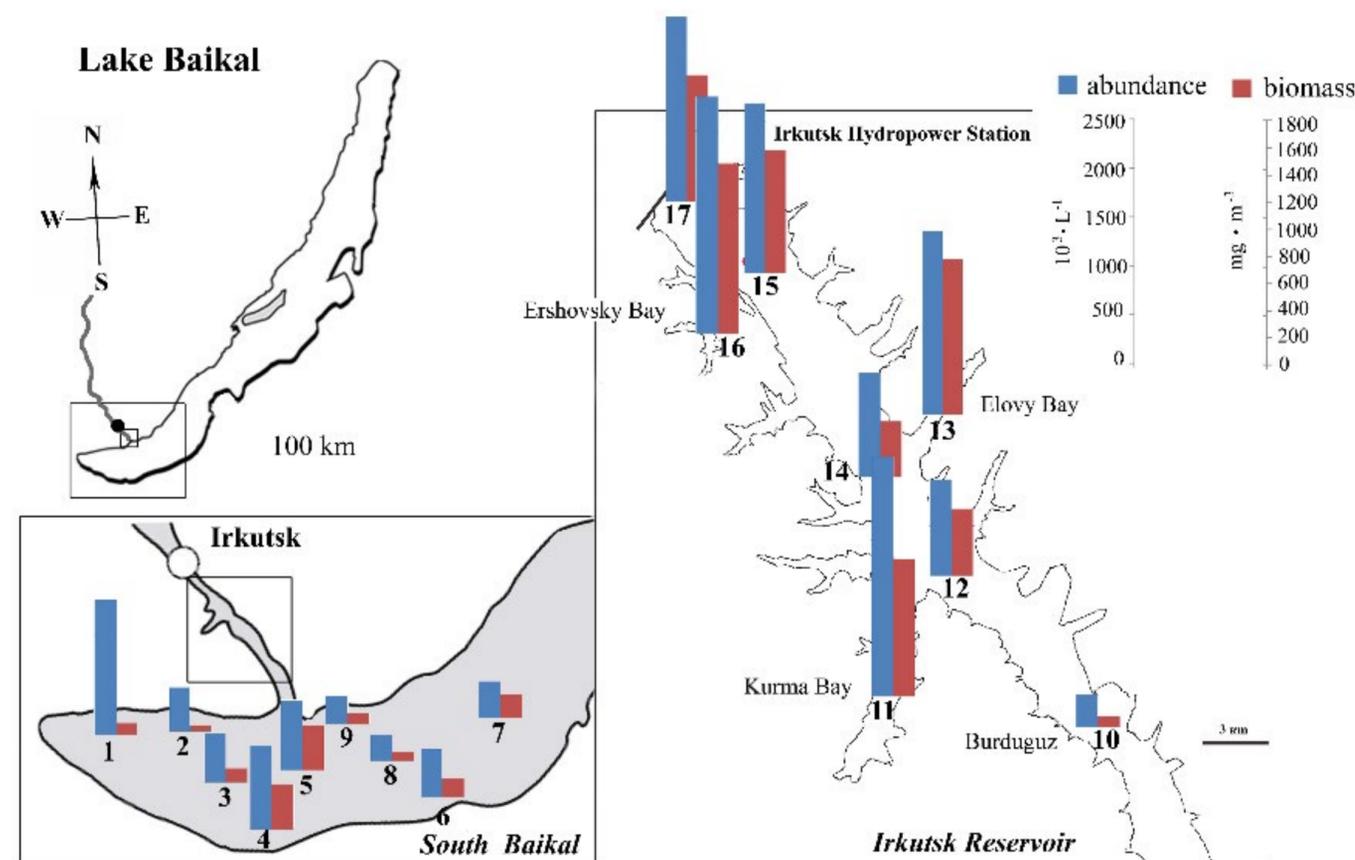


Рис.1. Распределение количества и биомассы фитопланктона в Южном Байкале и Иркутском водохранилище в июне 2023 года (масштаб значений количества и биомассы одинаков на левом и правом рисунках).

Публикации:

Bessudova A., Galachyants Y., Firsova A., Hilkhanova D., Nalimova M., Marchenkov A., Mikhailov I., Sakirko M., Likhoshway Y. Changes in Diversity of Silica-Scaled Chrysophytes during Lake–River–Reservoir Transition (Baikal–Angara–Irkutsk Reservoir) // *Life*. 2023. - V. 13. - №10. - p. 1-17. DOI: [10.3390/life13102052](https://doi.org/10.3390/life13102052)

Bessudova A., Likhoshway Y.V. New observations on *Mallomonas getseniae* comb. et stat. nov. (Chrysophyceae, Synurales) // *Phytotaxa*. 2023. - V. 626. - №3. - p. 213-218. DOI: [10.11646/phytotaxa.626.3.8](https://doi.org/10.11646/phytotaxa.626.3.8)

Firsova A., Galachyants Y., Bessudova A., Titova L., Sakirko M., Marchenkov A., Hilkhanova D., Nalimova M., Buzevich V., Mikhailov I., Likhoshway Y. Environmental Factors Affecting Distribution and Diversity of Phytoplankton in the Irkutsk Reservoir Ecosystem in June 2023 // *Diversity*. 2023. - V. 15. - №10. - p. 1-20. DOI: [10.3390/d15101070](https://doi.org/10.3390/d15101070)

Firsova A., Galachyants Yu., Bessudova A., Mikhailov I., Titova L., Marchenkov A., Hilkhanova D., Nalimova M., Buzevich V., Likhoshway Ye. Summer phytoplankton species composition and abundance in the southern basin of Lake Baikal and Irkutsk Reservoir // *Limnology and Freshwater Biology*. 2023. - №6. - p. 204-228. DOI: [10.31951/2658-3518-2023-A-6-204](https://doi.org/10.31951/2658-3518-2023-A-6-204)

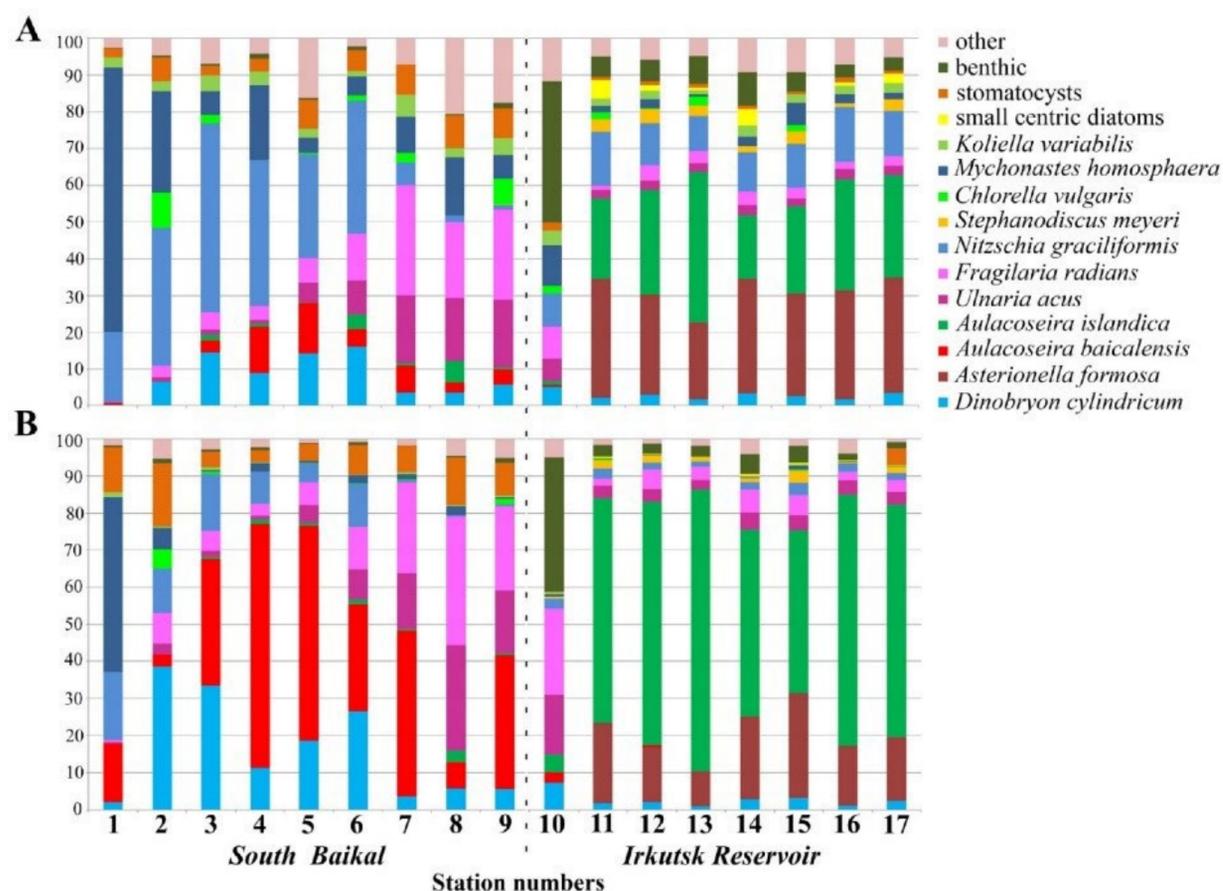


Рис.2. Процентное соотношение по количеству (А) и биомассе (В) видов фитопланктона в Южном Байкале и в Иркутском водохранилище в июне 2023 года (номер станций см. на Рис. 1).

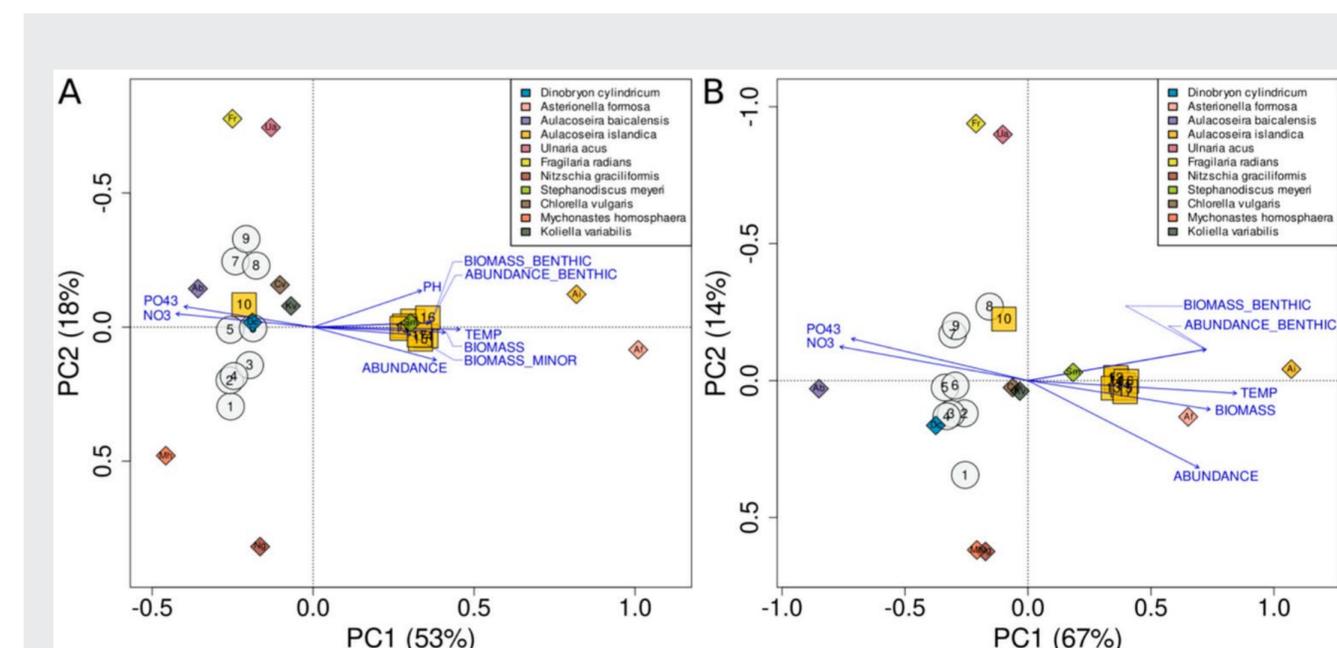


Рис.3. Анализ профилей сообществ видов фитопланктона методом главных компонент для численности видов (А) и биомассы видов (В). Серые кружки — места отбора проб в южной части бассейна озера Байкал. Жёлтые квадраты — места отбора проб в Иркутском водохранилище. Ромбы — доминирующие виды фитопланктона. Синие стрелки — линейная регрессия объясняющих переменных, показывающая направление и диапазон их влияния.



БИОМАРКЕРЫ ТЕМПЕРАТУРНОГО СТРЕССА И ПОКАЗАТЕЛИ БЛАГОПОЛУЧИЯ СИГОВЫХ РЫБ В ЕСТЕСТВЕННОЙ СРЕДЕ И В УСЛОВИЯХ АКВАКУЛЬТУРЫ

Номер проекта РНФ 23-14-00028 / Руководитель: к.б.н., Ю.П. Сапожникова

Разработаны схемы предварительной адаптации и последующего острого температурного стресса у байкальского сига (*C. baicalensis* Dybowski), горбоносого сига Исаченко (пыжьян) (*C. fluviatilis* Isaczenko) и их гибридов F1. Методом RNA-Seq получен набор из дифференциально экспрессируемых генов у адаптированного и неадаптированного на стадии яиц байкальского сига. Экспрессия генов оценивалась сразу после острого температурного стресса (краткосрочный эффект) на стадии личинки (Рис. 1). Гены, отвечающие за передачу сигнала, активирующего реакцию на стресс (1 группа), достоверно повышали экспрессию в ответ на острый стресс вне зависимости от предварительной адаптации, в то время как уровень генов, ответственных за реакцию на уровень кислорода, факторы роста и регуляцию иммунного ответа (3 группа), был выше только у особей, предварительно прошедших адаптацию. Гены, ответственные за регуляцию метаболизма (2 группа), напротив, повышали активность у особей без предварительной адаптации.

У молоди горбоносого сига и его гибрида анализировались длина теломерных участков (ДТ), активность теломеразы (ТА) и профиль клеток крови на 6 день (краткосрочный эффект) и на 20 день (долгосрочный эффект) после температурного воздействия. Острый стресс вызывал увеличение процента зрелых нейтрофилов (НФ) или лимфоцитов (ЛЦ) и снижение количества незрелых НФ в крови. У адаптированных особей наблюдалось высокое соотношение НФ и ЛЦ (N:L), что связано с перераспределением ЛЦ из крови в другие ткани. У неадаптированных гибридов наблюдались симптомы иммуносупрессии. Это проявлялось в длительном снижении лимфобластов в селезенке, фагоцитов в почках, нейтрофилов и моноцитов в периферической крови. Адаптированный горбоносый сиг в отличие от гибрида показал более высокий порог индукции функционально-активных митохондрий (ФАМ) в крови на ранних стадиях и длительную ТА в печени. У неадаптированных гибридов без предварительной адаптации замечено

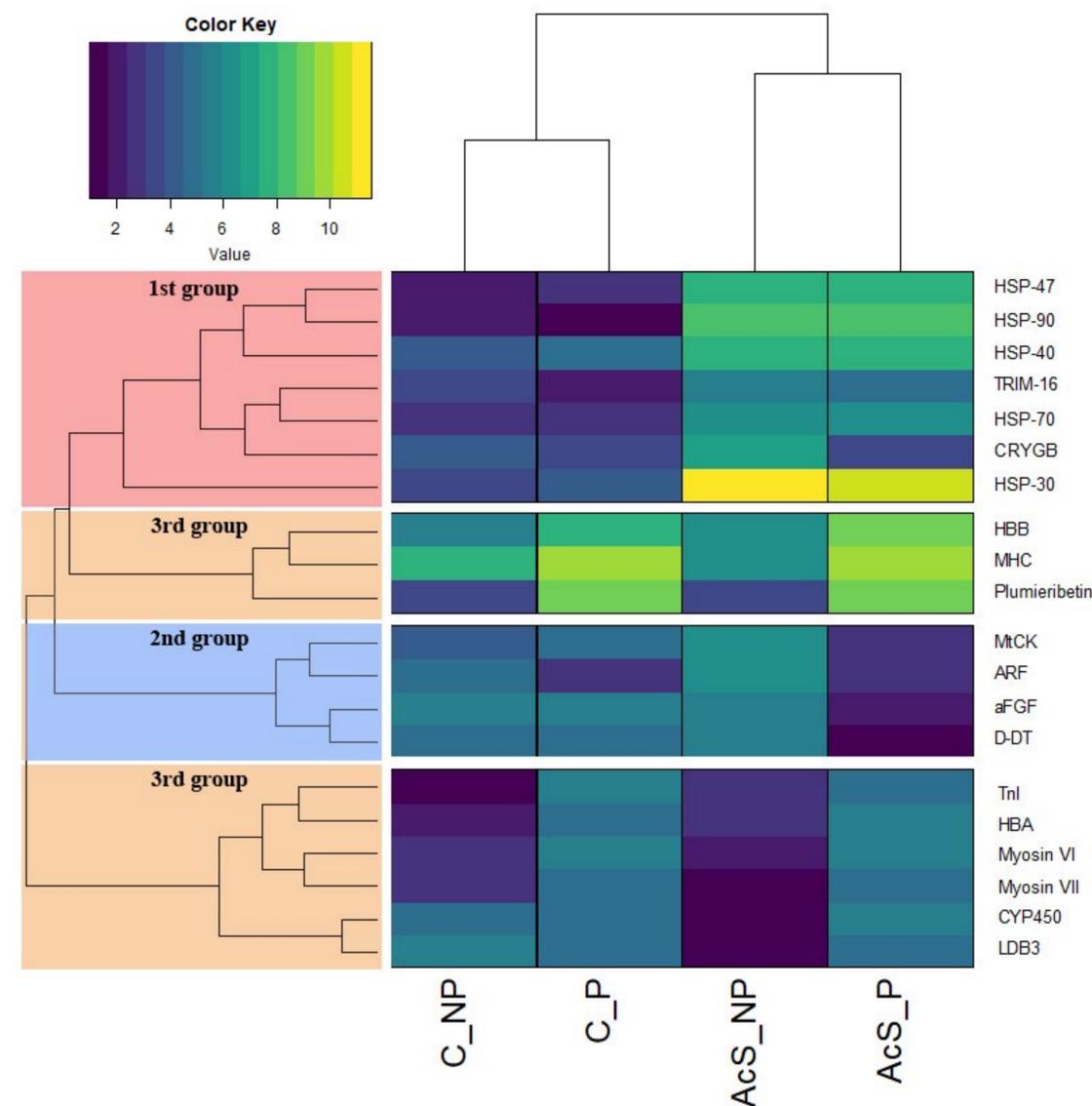


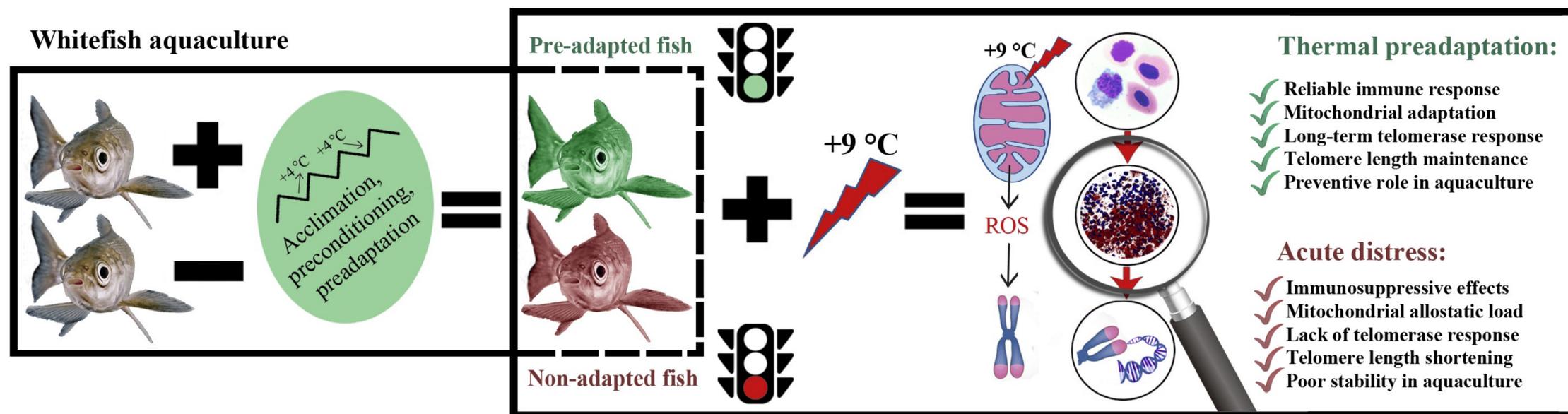
Рис.1. Дифференциальная экспрессия генов, связанных с острым стрессом и предварительной адаптацией у личинок байкальского сига. Гены сгруппированы в соответствии со схожими паттернами экспрессии в группах: желтый цвет указывает на высокую экспрессию гена, а фиолетовый – на низкую экспрессию гена. C_NP – неадаптированный контроль, C_P – адаптированный контроль, AcS_NP – острый стресс у неадаптированных особей, AcS_P – острый стресс у адаптированных особей.

достоверное снижение ФАМ в крови и сильный долговременный ответ на уровне ДТ в жабрах, что отражалось в их укорочении. ТА и ДТ в ответ на температурный стресс демонстрируют большую стабильность горбоносого сига, что, вероятно, связано с широким диапазоном температуры в его естественной среде обитания (Sapozhnikova et al., 2023).

Таким образом, температурная предварительная адаптация увеличивает стрессоустойчивость сиговых рыб и повышает иммунный ответ при последующих стрессовых воздействиях за счет эффекта гормезиса. Температурная адаптация по разработанным схемам может служить актуальной технологией поддержания гомеостаза выращиваемых форм сиговых рыб, предотвращая физиологическое старение в ответ на чрезмерные колебания температуры в условиях коммерческого рыбоводства.

Публикации:

Sapozhnikova Y.P., Koroleva A.G., Yakhnenko V.M., Volkova A.A., Avezova T.N., Glyzina O.Yu., Sakirko M.V., Tolstikova L.I., Sukhanova L.V. *Thermal Preconditioning Alters the Stability of Hump-Snout Whitefish (Coregonus fluviatilis) and Its Hybrid Form, Showing Potential for Aquaculture // Biology. 2023. - V. 12. - №10. - p. 1-26. DOI: 10.3390/biology12101348*



В объектах среды были проанализированы от шестнадцати до двенадцати ПАУ, включая нафталин (НАФ), аценафтен (АЦЕ), фенантрен (ФЕН), антрацен (АНТ), флуорантен (ФЛА), пирен (ПИР), бензо[а]антрацен (БаА), хризен (ХР), бензо[б]флуорантен (БбФ), бензо[к]флуорантен (БкФ), бензо[е]пирен (БеП), бензо[а]пирен (БаП), перилен (ПЕР), индено[1,2,3-сd]пирен (ИДП), бензо(ghi)перилен (БПН).

В результате проведенного исследования установлено, что источниками ПАУ вод являются: горение угля, горение фитомассы, горение нефти и нефтепродуктов, разливы нефтепродуктов, фракционирование ПАУ в объектах среды, старый асфальт, свежий асфальт. Вклады этих источников в загрязнение вод были равны 16%, 29%, 6%, 10%, 23%, 10% и

5%, соответственно. Продукты горения твердого топлива характеризуются абсолютным преобладанием нерастворимых тяжелых ПАУ, состоящих из четырех-шести бензольных колец (Рис. 1). Продукты горения жидкого топлива характеризуются незначительным преобладанием водорастворимых легких (состоящих из двух-трех бензольных колец) и нерастворимых тяжелых ПАУ (состоящих из четырех-шести бензольных колец). Нефтепродукты характеризуются значительно более высокой долей легких ПАУ по сравнению с продуктами горения жидкого топлива.

Во фракции ПАУ, образующейся в процессе их миграции от места выброса/сброса к водному объекту, абсолютно преобладают легкие арены. Продукты разрушения асфальта отличаются от остальных источников

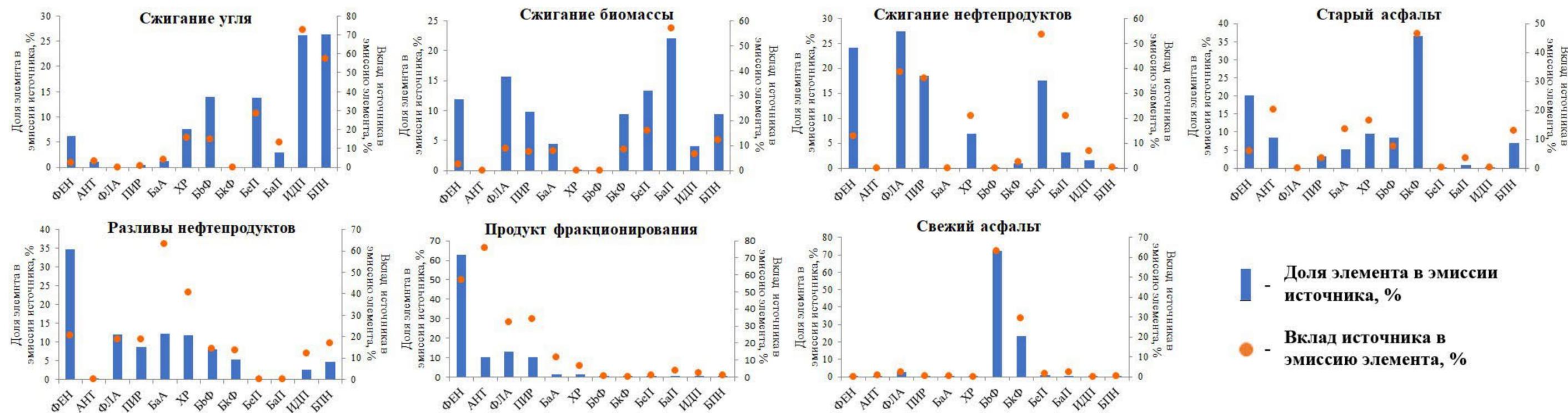


Рис.1. Профили источников ПАУ поверхностных вод, выделенные при помощи факторного анализа.

абсолютным преобладанием в составе ПАУ изомеров с молекулярной массой 252: бензо(b)флуорантена и бензо(k)флуорантена. Свежий асфальт отличается от старого значительно большим содержанием более растворимого изомера (бензо(b)флуорантена), а также наличием легко растворимых фенантрена и антрацена.

Также установлено, что источниками ПАУ снегового покрова промышленных центров являются: производство алюминия, горение бензина, горение мазута и дизельного топлива, горение древесины, ресуспендирование старых продуктов горения древесины. Вклады этих источников в загрязнение аэрозоля ПАУ были равны 6%, 18%, 35%, 27% и 14%, соответственно.

Производство алюминия характеризуется относительно высокими концентрациями флуорантена и пирена (Рис. 2). Горение бензина характеризуется самой высокой концентрацией нафталина среди всех источников. Горение мазута и дизельного топлива также характеризуется преобладанием легких ПАУ, однако отношение сумм концентраций легких и тяжелых ПАУ при нем намного ниже, чем при горении бензина. И свежие, и старые продукты горения древесины характеризуются доминированием тяжелых ПАУ, однако в старых больше бензо(g,h,i)перилена и индено(1,2,3-с,d)пирена.

Публикации:

Semenov M.Y., Marinaite I.I., Silaev A.V., Begunova L.A. Composition, Concentration and Origin of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Waters and Bottom Sediments of Lake Baikal and Its Tributaries // Water. 2023. - V. 15. - №13. - p. 1-25. DOI: [10.3390/w15132324](https://doi.org/10.3390/w15132324)

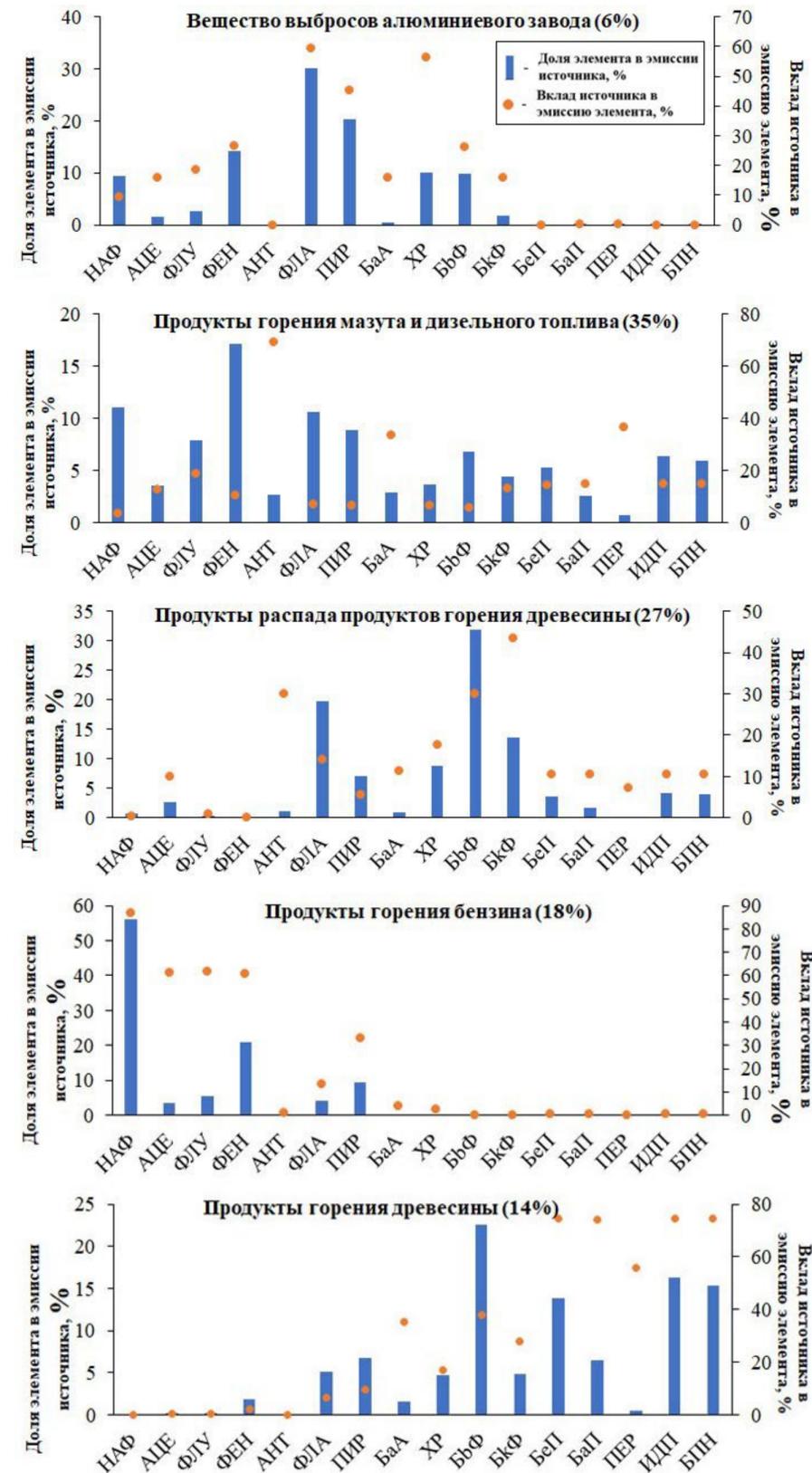


Рис.2. Профили источников ПАУ снегового покрова промышленных центров бассейна озера Байкал.



АНАЛИЗ МЕТАБОЛИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ ОЗЕРА БАЙКАЛ МЕТОДАМИ МЕТАГЕНОМИКИ И МЕТАТРАНСКРИПТОМИКИ

Номер проекта РНФ 21-74-00147 / Руководитель: к.б.н., М.В. Башенхаева

В ходе проекта показано, что физико-химические параметры (температура воды, pH, концентрации растворенного кислорода, биогенных элементов и органического вещества) фотического слоя (0-25 м) изменялись в зависимости от сезона и от развития сообществ фито-, бактериопланктона и автотрофного пикопланктона (Рис.1А). В 2022 г. на весенний период приходился максимум годовой продуктивности фитопланктона

(71%), летом и осенью она снижалась до 10-11%, минимум продуктивности был в зимний период – 8%. По данным микроскопии видовой состав микроводорослей изменялся в течение года. Наиболее представленной группой был отдел Chlorophyta; Bacillariophyta преобладали в весенний и зимний период, а летом, осенью и зимой увеличивалась доля Chrysophyta (Рис. 1Б).

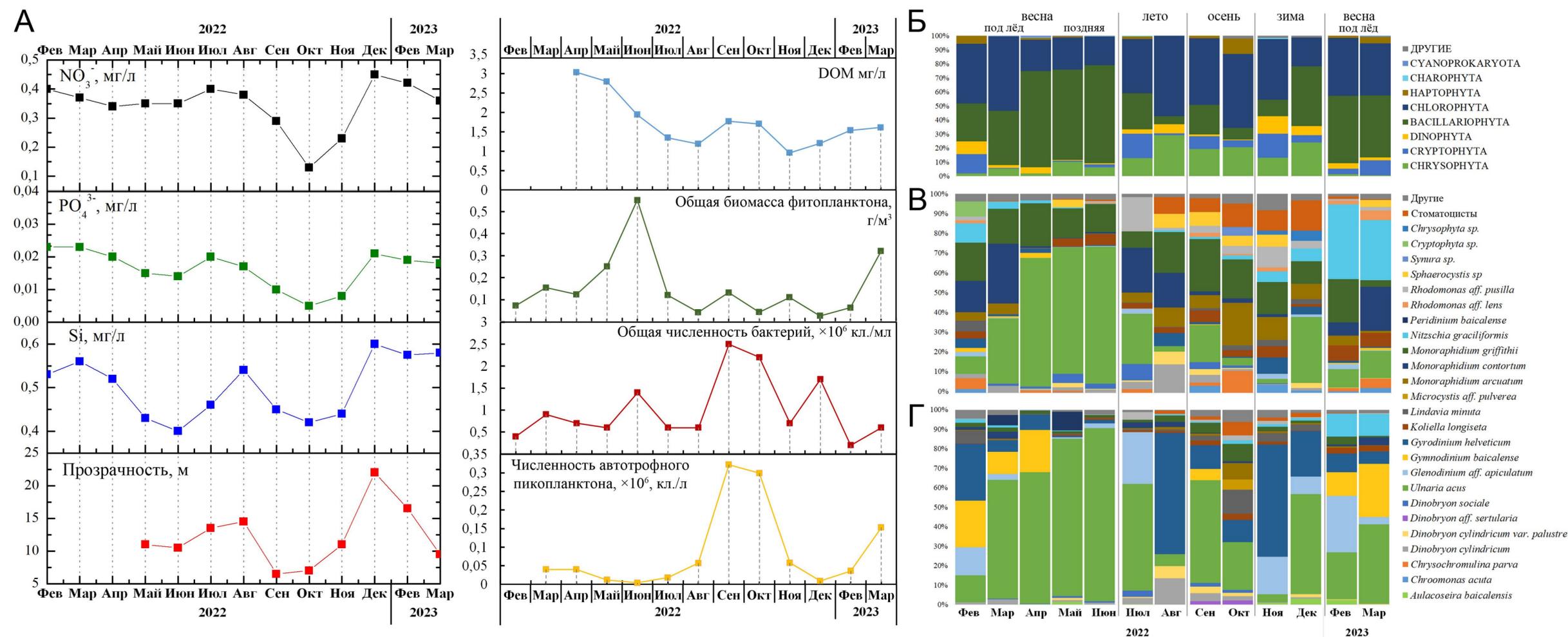


Рис.1. Изменения физико-химических и биологических параметров в фотическом слое (0–25 м) в 2022 – начало 2023 гг. на станции в 2,5 км от поселка Большие Коты. Изменение биогенных элементов (Si, NO₃⁻, PO₄³⁻), прозрачности и количественных показателей фито- и бактериопланктона и автотрофного пикопланктона (А); Процентное соотношение численности фитопланктона по отделам (Б), численности по видам (В) и биомассы по видам (Г).

Показаны сезонные изменения таксономического состава свободноживущих и связанных с микроэукариотами бактериальных сообществ. Сезонные изменения сильнее прослеживались во фракции прикрепленных бактерий по сравнению со свободноживущими. В свободноживущих сообществах практически на протяжении всего года преобладали Actinobacteria, Bacteroidetes и Proteobacteria. В то время как в прикрепленной фракции происходила смена доминирующих таксонов в зависимости от сезона (Рис. 2). Анализ таксономического состава микроэукариотических сообществ на основе данных секвенирования фрагмента гена 18S рРНК показал доминирование в сообществе в подледный период динофлагеллят и инфузорий. В мае и июне в сообществе преобладали диатомовые водоросли, что сопоставимо с данными микроскопического анализа. Летом (июль, август) увеличилась доля в сообществе амёб, а в сентябре возросла доля золотистых водорослей.

На основе данных секвенирования фрагмента гена 16S рРНК с помощью пакета PICRUSt проведено сравнение предсказанных генов и метаболических путей свободноживущих и прикрепленных к микроэукариотам бактериальных сообществ. В результате получены 351 функциональный ген по EC, 1219 для KEGG и 70 путей по MetaCyc, которые отличались между этими двумя группами. Наибольшее количество значимых метаболических путей и предсказанных генов были обогащены в свободноживущих сообществах по сравнению с прикрепленными. Среди предсказанных генов, относящихся к свободноживущим сообществам, отмечены гены, отвечающие за синтез жирных кислот, что может быть связано с адаптацией к низкотемпературным условиям. Также обнаружены защитные гены, отвечающие за выработку токсинов и антитоксинов. В сообществах бактерий, прикрепленных к частицам, отмечены гены ответственные, за синтез целлюлазы и уреазы, за деградацию биополимеров, а также метаболизм серы и деградацию фукозы.

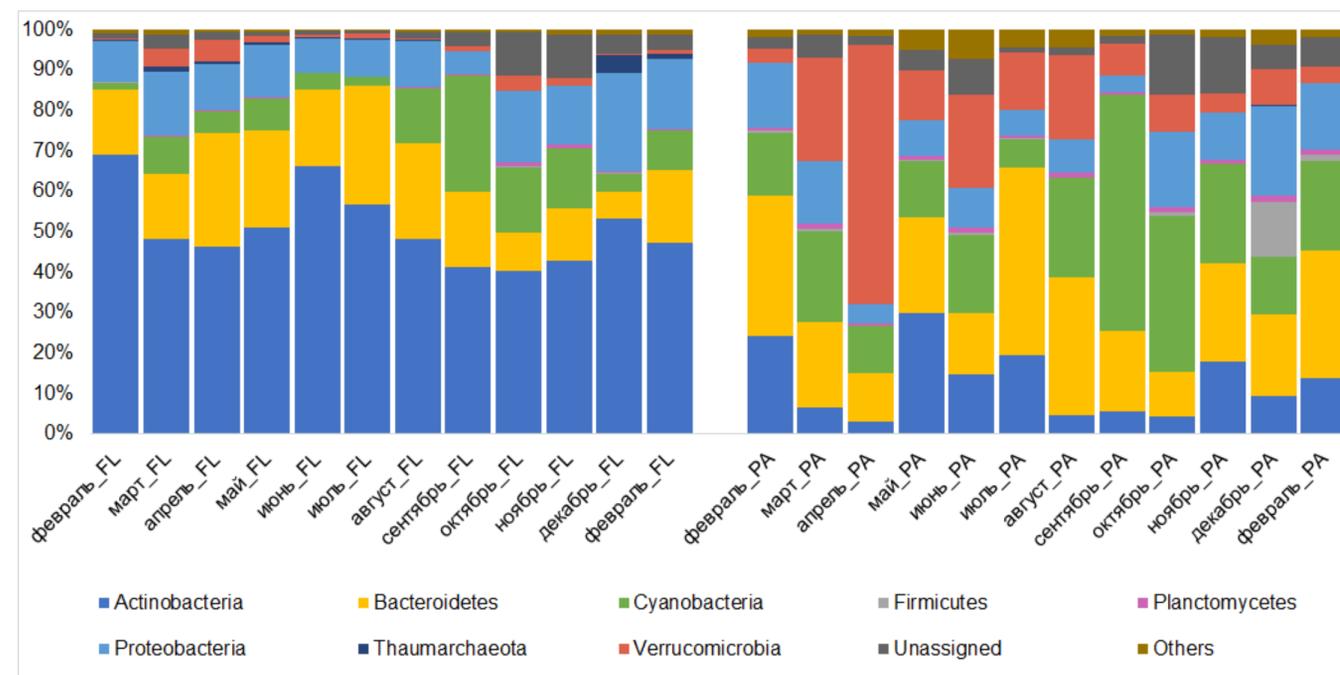


Рис.2. Таксономическое разнообразие на уровне филумов бактериальных и архейных сообществ двух фракций – свободноживущей (FL) и прикрепленной к частицам (PA), отобранных в фотическом слое (0–25 м) с февраля 2022 г. по февраль 2023 г. Данные получены с помощью секвенирования фрагмента гена 16S рРНК.

Публикации:

Bashenkhaeva M., Yeletskaya Y., Tomberg I., Marchenkov A., Titova L., Galachyants Y. Free-Living and Particle-Associated Microbial Communities of Lake Baikal Differ by Season and Nutrient Intake // Diversity. 2023. - V. 15. - №4. - p. 572. DOI: [10.3390/d15040572](https://doi.org/10.3390/d15040572)

Bashenkhaeva M.V., Titova L.A., Martsinechko A.S., Sakirko M.V., Galachyants Yu.P. Seasonal changes of phyto-, bacterioplankton and autotrophic picoplankton in the photic layer of Lake Baikal // Limnology and Freshwater Biology. 2023. - V. 6. - №2. - p. 31-47. DOI: [10.31951/2658-3518-2023-A-2-31](https://doi.org/10.31951/2658-3518-2023-A-2-31)



ПРОЕКТЫ РОССИЙСКОГО ФОНДА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

РФФИ



COREGONUS PIDSCHIAN В МОНГОЛИИ (COREGONIDAE): КОМПЛЕКСНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЭВОЛЮЦИОННОЙ ИСТОРИИ, БИОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ И СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ

Номер проекта РФФИ 20-54-44017 / Руководитель: к.б.н. Л.В. Суханова

Исследованы биологические особенности и родственные связи монгольских форм *Coregonus pidschian* по отношению к представителям комплекса *C. lavaretus*, обитающим в Обском, Енисейском и Амурском бассейнах, и в целом на территории Евразии. Благодаря совместным усилиям российской и монгольской сторон и накопленному обеими сторонами опыту работы с сиговыми рыбами и организации экспедиционных работ на труднодоступных территориях, а также информированности монгольских коллег о потенциальных перспективных точках сбора/ареалах обитания объектов исследования собран уникальный материал на окраинах ареала обитания указанных форм сигов на монгольской и российской территориях (верховья бассейна р. Енисей: водоемы Малого и Большого Енисея, Дархатской котловины, а также Ангаро-Байкальского бассейна с крупными притоками оз. Байкал, включая бассейн р. Селенга).

На основе собранного материала выявлены происхождение и родственные связи пыжьяновидных сигов Монголии (Coregonidae). Молекулярно-филогенетический анализ по фрагментам митохондриального генома (*ND1* и *Cytb*) показал ближайшее родство обитающего в р. Селенга монгольского сига к озерно-речному байкальскому сигу и речному сигу Исаченко из р. Енисей. Выявлена близость дархатских сигов (оз. Доод-Цаган) к сигам Тоджинской котловины и р. Абакан, и в целом ко всей обширной группе *C. lavaretus complex*, которая имеет мтДНК, отличную от таковой сига Исаченко и байкальского озерно-речного сига.

Для морфологического анализа создана большая коллекция отснятых в ходе экспедиций масштабированных фотографий рыб, отловленных как в озерах Дархатской котловины, так и за ее пределами. Проанализирована популяционная структура пыжьяновидных сигов в водоемах бассейна верхнего и среднего течения р. Енисей. Исследуются паразитофауна, разнообразие микробных сообществ пищеварительного тракта и биохимические характеристики пищеварительных ферментов сигов.

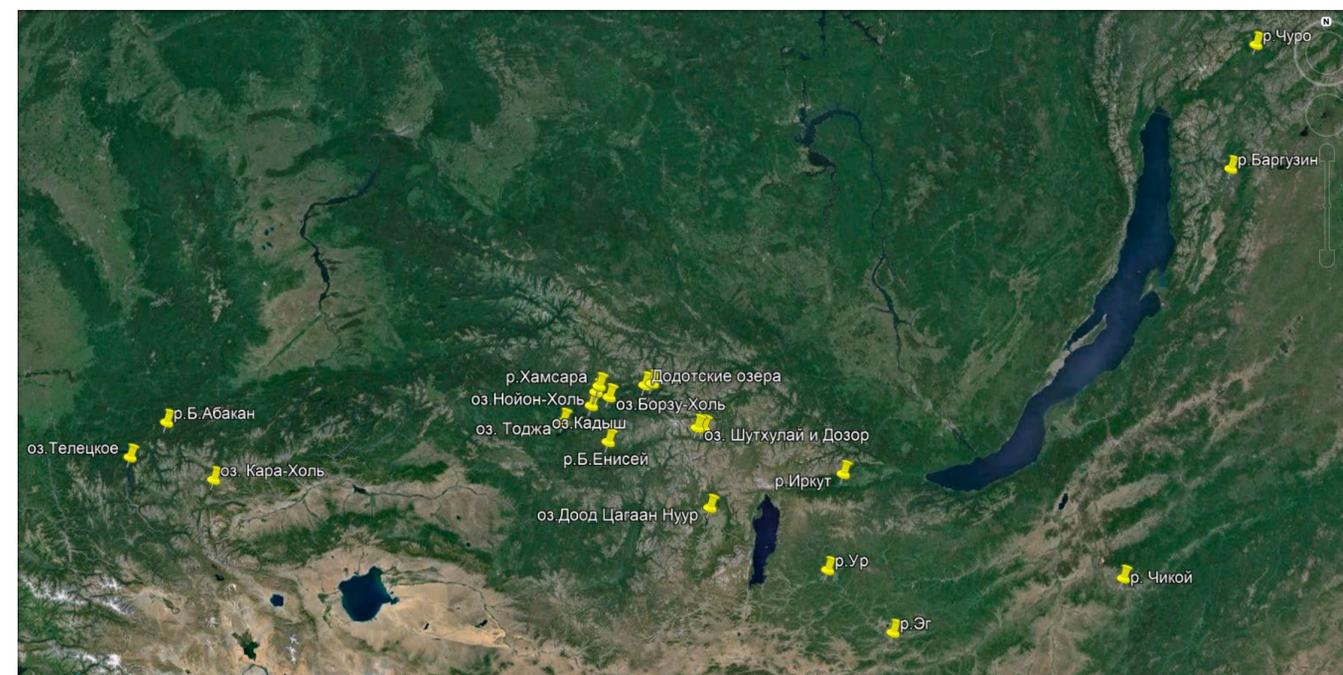


Рис.1. Места лова рыб для популяционно-генетического анализа и величины меристических признаков.



Рис.2. Сиг Исаченко *C. fluviatilis* Isatchenko (р.Урр, Монголия)



Рис.3. Саянский сиг (оз.Шутхулай-Нур)

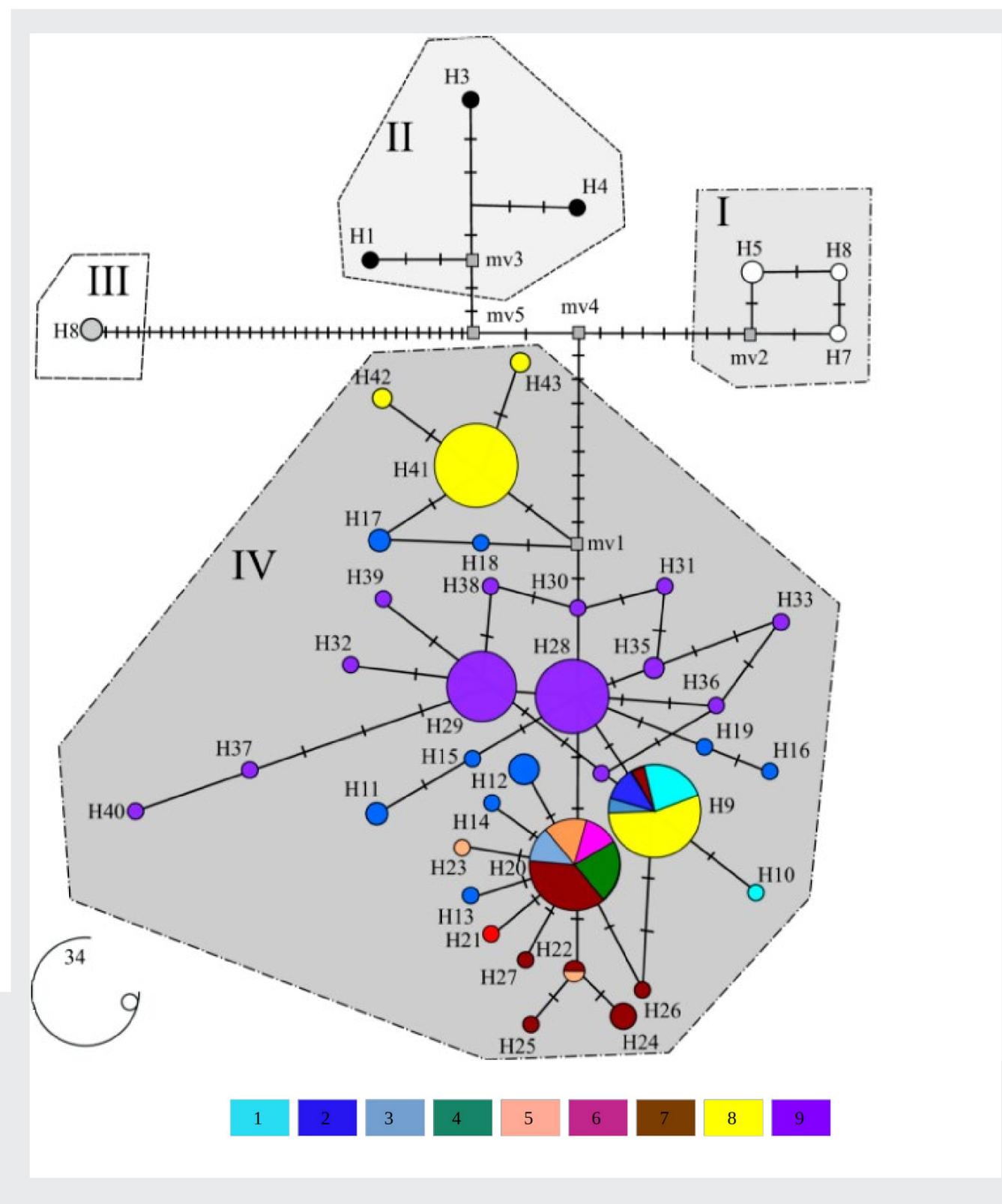
Впервые для исследованных форм сиговых рыб создается криобанк с коллекцией тканей и половых клеток (сперма, молоки, оогонии, сперматогонии), которые могут быть использованы для всестороннего молекулярно-биологического анализа с помощью современных -омик (геномика, транскриптомика, протеомика и т.п.), сохранения популяций, находящихся под угрозой вымирания, создания перспективных аквакультур. В экспериментальных условиях аквариального комплекса тестируются биомаркеры индикации стрессового состояния рыб. Полученные данные важны для дальнейшего использования в мониторинговых работах по оценке благополучия конкретных видов, экологических форм и популяций рыб в естественной среде и в условиях аквакультуры.

Публикации:

Tuvshinjargal N., Bochkarev N.A., Politov D.V., Ayuushsuren Ch., Teterina V.I., Solovyov M.M., Matveev A.N., Smirnov V.V., Sukhanova L.V. Origin and Relationships of Humpback Whitefishes of Mongolia (Coregoninae) // *Geography and Natural Resources*. 2023. - V. 44. - p. S114-S119. DOI: [10.1134/S1875372823050189](https://doi.org/10.1134/S1875372823050189)

Sheveleva N.G., Ayuushsuren C.H., Nepokrytkh A.V., Tuvshinzhargal N., Sukhanova L.V. Composition and Productivity of Zooplankton as a Food Resource for Fish from Lake Dood Tsagaan (Darkhad Valley, Mongolia) // *Geography and Natural Resources*. 2023. - V. 44. - №1. - p. S109-S113. DOI: [10.1134/S1875372823050165](https://doi.org/10.1134/S1875372823050165)

Рис.4. Генеалогическая сеть пыжьяновидных сигов бассейна Телецкого озера и верховья бассейна р. Енисей. МJ-анализ гаплотипов нуклеотидных последовательностей гена ND1 мтДНК. Штрихами указано число нуклеотидных замен; размер окружностей пропорционален абсолютным частотам гаплотипов. I – III – аутгруппа (I – сиг Исаченко, II – байкальский омуль, III – арктический омуль), IV – комплекс пыжьяновидных сигов (1 – оз. Каракуль, 2 – р. Абакан, 3 – оз. Борзу-Холь, 4 – р. Кадышь, 5 – оз. Тоджа, оз. Телецкое, 6 – Додотские озера, 7 – оз. Хамсара, 8 – оз. Цагаан-Нуур (Дархадская котловина, Монголия), 9 – оз. Телецкое.





ПРИБОРНАЯ БАЗА

Приборный центр коллективного пользования физико-химического ультрамикрoанализа (ЦКП «Ультрамикрoанализ»)

Основные сведения о деятельности ЦКП «Ультрамикрoанализ» в 2023 г.

1. Балансовая стоимость оборудования ЦКП, млн. рублей: **228.27**
2. Количество единиц оборудования ЦКП стоимостью от 1 млн рублей, ед.: **20**
3. Штатная численность сотрудников ЦКП (без совместителей), чел.: **5**
4. Общий объем выполненных работ (оказанных услуг), млн. рублей: **18.54**
в том числе в интересах третьих лиц: **6.84**
5. Фактическая загрузка оборудования ЦКП, %: **71.11**
6. Фактическая загрузка оборудования ЦКП в интересах третьих лиц, %: **19.98**
7. Количество организаций-пользователей, ед.: **26**
8. Количество публикаций по результатам работ, выполненных с использованием оборудования ЦКП: **74**,
из них **59** в журналах, индексируемых в Web of Science и Scopus.

<https://ckp-rf.ru/ckp/77542/>

<http://lin.irk.ru/about/structure/ckp-ultramicroanaliz>

Приборный парк ЛИН СО РАН пополнился новым оборудованием и техникой.

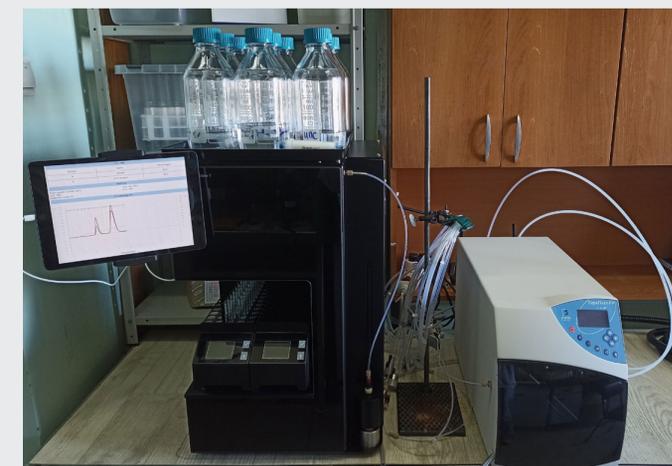
Четырехкомпонентный измеритель полной солнечной радиации SN-522-SS предназначен для исследования энергетического баланса поверхности и радиационных потоков с высокой точностью. Позволяет измерять 4 отдельных компонента радиационного баланса поверхности: приходящие и отраженные излучения в коротковолновом и длинноволновом спектральных диапазонах.



Измеритель-калибратор сопротивления прецизионный ИКС-1 предназначен для измерения температуры с высокой точностью, воспроизведения электрического сопротивления, а также сигналов термометров сопротивления при поверке и испытании как датчиков температуры, так и средств их измерения. Аттестация и поверка термостатов, калибраторов температуры, сушильных шкафов, автоклавов, камер тепла и холода.



Флэш-хроматограф SepaBean Machine T обеспечивает анализ, разделение смесей и пробоподготовку для других методов анализа с использованием различных колонок (загрузка сорбента от 4 г до 3 кг) при давлении элюента до 200 psi (~13 атм). Прибор оснащён UV/Vis детектором (200-800нм) и низкотемпературным испарительным детектором светорассеяния SepaFlash FP LTELSD, позволяющим обнаруживать вещества, не имеющие поглощения в УФ/видимой области.



Осциллограф смешанных сигналов MS08104 предназначен для проведения высокочастотных электро- и радиоизмерений в лабораторных и полевых условиях. Диагностика, ремонт и регулировка самого разнообразного научно-исследовательского оборудования и других радиоэлектронных устройств, в т.ч. для разработки и отладки новых научных приборов.



Контроллер давления специальный одноканальный КДС-1-2 предназначен для прецизионных измерений давления и его высокочастотных пульсаций. Позволяет воспроизводить абсолютное давление при поверке и испытании датчиков давления, в т.ч. датчиков уровня жидкости, основанных на гидростатическом принципе работы.



Комплекс для измерения гидрологических параметров и качества воды предназначен для исследования гидрологических, гидрофизических и гидрохимических параметров качества воды. Позволяет организовать онлайн мониторинг параметров качества воды на автономных станциях на реках или озерах, или на ходу судна. Также при проведении лабораторных экспериментов в бассейнах и культиваторах.



Счетчик клеток QUANTOM Tx™ Microbial Cell Counter Basic

на основе изображения, получаемого с использованием флуоресцентной микроскопии, позволяет детектировать и проводить оценку численности прокариотических и эукариотических клеток размером от 0.3 до 50 мкм. Время анализа составляет около 30 секунд (для захвата и анализа 10 изображений). Счетчик клеток QUANTOM Tx™ дает возможность учитывать клетки в диапазоне концентраций образца от 2×10^5 до 1×10^9 клеток/мл (оптимально от 1×10^6 до 5×10^8 клеток/мл). Загрузочный объем образца составляет 5-6 мкл, анализируемый объем – 0.09 мкл. Счетчик снабжен сенсорным экраном (1280 x 800 пикселей), размер прибора составляет 43.3 x 31.0 x 22.5 см, вес – 10.8 кг. В комплект входит центрифуга для приготовления образцов и специальные стекла. Также для автоматического учета клеток необходимы два специфических красителя для подсчета общей численности клеток и для оценки количества живых клеток.



Настольная лабораторная высокоскоростная центрифуга Labwe BT21RC с охлаждением для работы с биологическими, химическими и природными объектами. Максимальный объем – 4x800 мл, максимальная скорость – 21000 об/мин.



Лабораторный газовый генератор азота SPUTNIK N32 (НПО «Промтегра») приобретен для модернизации хромато-масс-спектрометрического комплекса (ВЭЖХ хроматоргаф Agilent 1200 и время-пролетный масс-спектрометр Agilent 6210 и Agilent 6330). Модернизация позволила улучшить аналитические характеристики прибора (уменьшение фона) за счет возможности использования азота более высокой чистоты.



Установка напыления Desktop Sputter and Carbon Coater DSCR. Система подготовки образцов для сканирующих электронных микроскопов (SEM) представляет собой автоматизированную роторно-насосную установку для нанесения покрытий, сконфигурированную под напылительное и углеродное покрытие (нить) со сменными головками в одном приборе. Установка способна напылять благородные металлы, такие как золото (Au), палладий (Pd), платину (Pt) и золото/палладий (Au/Pd) на непроводящие или плохо проводящие образцы и, таким образом, покрывая образцы электропроводящей пленкой.



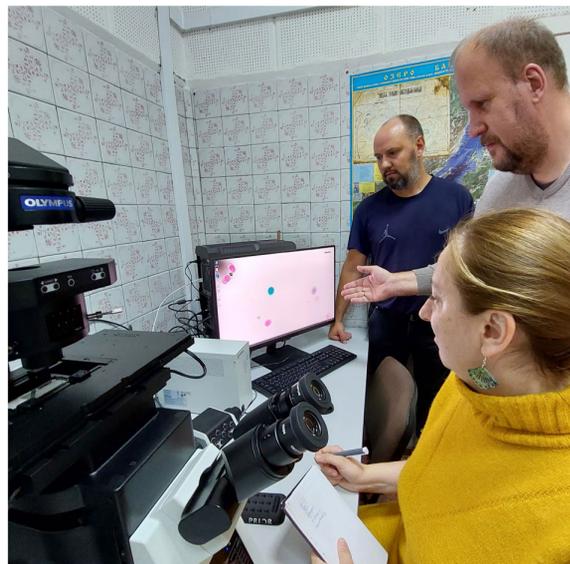
Ионный хроматограф IC-2800 с инфузионным насосом и детектором по проводимости предназначен для определения анионов F^- , Cl^- , NO_2^- , Br^- , BrO_3^- , NO_3^- , HPO_4^{2-} , SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , $S_2O_3^{2-}$, катионов Li^+ , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , муравьиной, уксусной, щавелевой кислоты, побочных продуктов обеззараживания водопроводной воды. Хроматограф оснащен двухплунжерным поршневым насосом с возвратно-поступательным движением и системой проточных каналов, обеспечивает непрерывную автоматическую регенерацию микромембранного подавителя, большую подавляющую способность, низкую фоновую проводимость, при которой могут быть обнаружены компоненты с концентрацией уровня ppb. Автоматический инжектор (автосамплер) обеспечивает работу не менее чем со 120 виалами объемом 1,8 мл.



Спектрофотометр Sintecon CDA-4-UV/VIS. Оптическая конструкция спектрофотометра обеспечивает снижение уровня рассеянного света и широкий фотометрический диапазон. Оптическую часть CDA-4 можно настраивать под специфические потребности анализа. Спектральный диапазон – от 185 нм до 900 нм. Интегрированная ртутная лампа и автоматическая коррекция отклонения спектра обеспечивают высокую точность длины волны. Оптический модуль позволяет выполнять измерения в области дальнего УФ-излучения. Для вариативности анализа оснащен термостатируемым кюветодержателем, а также устройством автоматической смены кювет. Применяется для определения содержания растворенных веществ в воде (нитриты, нитраты, аммоний, соединения фосфора, кремний и др.), а также концентрации хлорофилла а и других пигментов.



Инвертированный микроскоп OLYMPUS IX83 предназначен для проведения широкого спектра научных исследований. Дополнительные модули значительно расширяют возможности микроскопов, позволяя использовать различные методы визуализации для разных приложений: от повседневного документирования до долгосрочных наблюдений с покадровой съемкой. Уникальная открытая рама IX3 предоставляет доступ к световому тракту, позволяя легко управлять освещением и вводить дополнительные устройства. Модули можно быстро менять в процессе работы, добавляя или удаляя функции по мере необходимости.



Особенности микроскопа:

- Модульная моторизация: необходимый уровень автоматизации в зависимости от эксплуатационных требований;
- Уникальная компактность наряду с высокой устойчивостью;
- Флуоресценция: системы освещения и высокоточные фильтры с ионным покрытием обеспечивают высокий уровень соотношения сигнал/шум и низкую автофлуоресценцию для проведения детальных экспериментов;
- Интуитивная система управления для эффективной визуализации живых клеток.

Амплификатор Real-time CFX96 C1000 Touch используется для проведения ПЦР с анализом результатов в режиме реального времени. Прибор позволяет проводить широкий круг исследований: от количественных оценок копийности и экспрессии генов до проведения аллель-специфичной ПЦР. Благодаря наличию пяти каналов измерения флуоресценции имеется возможность постановки мультиплексной ПЦР.



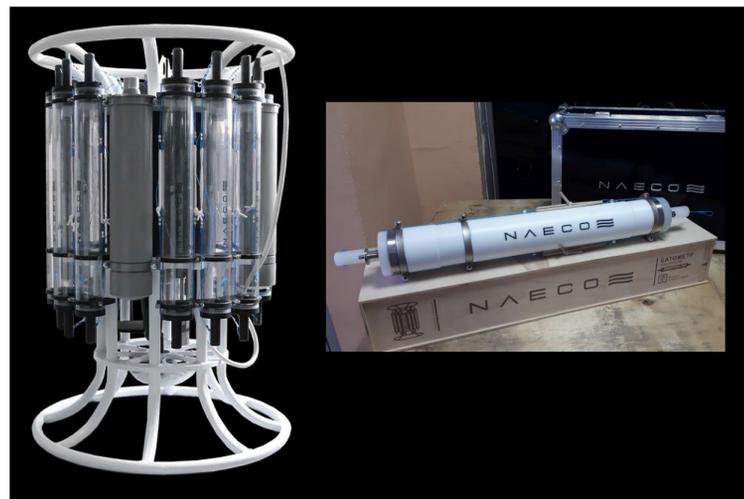
Настольный биореактор Labfirst Scientific BR100 предназначен для культивирования микроорганизмов и культур клеток. В состав каждого биореактора входят управляющая станция и сосуд для культивирования. Управляющая станция используется для управления функциями и параметрами технологического процесса, такими как показатель концентрации водородных ионов (pH), содержание растворенного кислорода (DO), температура и перемешивание. К биореактору подведены газовые линии, позволяющие культивировать микроорганизмы в атмосфере N_2 , CO_2 , O_2 или газовой смеси.



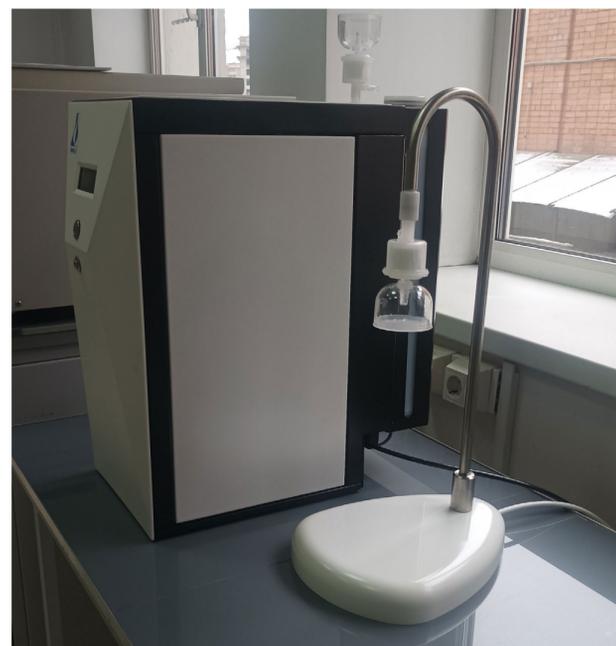
BRED-1000 Спектрофотометр EzDrop 1000 предназначен для измерения концентраций нуклеиновых кислот и белков в микрообъемах.



Батометрическая кассета на 12 батометров предназначена для отбора проб воды на глубинах до 2000 м и размещения на ней комплекса гидрофизических измерителей. Благодаря цифровому управлению осуществляется автоматический отбор проб воды на заданных глубинах при спуске или подъеме кассеты. По требованию ЛИН СО РАН, изготовитель дооснастил батометрическую кассету датчиком касания дна, что позволяет выполнить отбор придонной воды без взмучивания донных осадков. Малые габариты и вес (90 кг) позволят использовать кассету в научных экспедициях с НИС «Титов» и со льда озера.



Система получения сверхчистой воды АКВАЛАБ Supreme 18+ позволяет получить воду степени чистоты 1 по ГОСТ Р 52501-2005 «Вода для лабораторного анализа», типа I по ASTM D1193-06(2011), ISO 3696, CLRW по CLSI, а также воду, соответствующую требованиям ФС.22.0020.18 «Вода очищенная», ФС.22.0019.18 «Вода для инъекций» и другим стандартам для ультрачистой воды.



Система управления оборудованием установки замкнутого водоснабжения предназначена для мониторинга условий среды обитания сиговых рыб, включая долгосрочное автоматическое удаленное измерение концентрации кислорода, CO_2 , значений pH, Red/Ox и других в мини-установках замкнутого водоснабжения. Возможно управление внешними устройствами для автоматического поддержания параметров среды в заданных пределах.



Микроскоп Olympus BX43 оборудован принадлежностями для анализа микропрепаратов в проходящем свете по методике светлого поля, темного поля и дифференциально-интерференционного контраста Номарского (ДИК-контраст). Профессиональная камера ADF PRO 20 позволяет проводить высококачественную фото- и видеосъемку исследуемых объектов с последующей цифровой обработкой полученных изображений.



Всего в 2023 году на приобретение научных приборов и оборудования израсходовано более **75 млн руб.**

Уникальная научная установка «Экспериментальный пресноводный аквариумный комплекс байкальских гидробионтов» (УНУ ПАК)

В 2023 году на базе УНУ ПАК и её филиала в пос. Листвянка было проведено более 15 долгосрочных и краткосрочных научных исследований в рамках 5 «Базовых» тем государственного задания ЛИН СО РАН, а также 3 грантов РФФИ. Продолжены работы по модернизации научной установки и её филиала на берегу озера Байкал в пос. Листвянка. Фактическая загрузка УНУ ПАК составила 100%, 10 организаций-пользователей продолжили работы на её базе, 13 публикаций было подготовлено с использованием УНУ ПАК. Филиал УНУ ПАК в пос. Листвянка в настоящее время готов для долгосрочной и непрерывной работы по разведению байкальских рыб, проведению экспериментальных работ с байкальскими гидробионтами. На основной базе УНУ ПАК была собрана и запущена в работу новая экспериментальная установка, соединяющая три бассейна в единый комплекс, что позволило содержать разные группы рыб в идентичных условиях (Рис. 1).

Основная часть работ на базе УНУ ПАК была посвящена междисциплинарному мониторингу всех этапов жизненного цикла сигаевых рыб

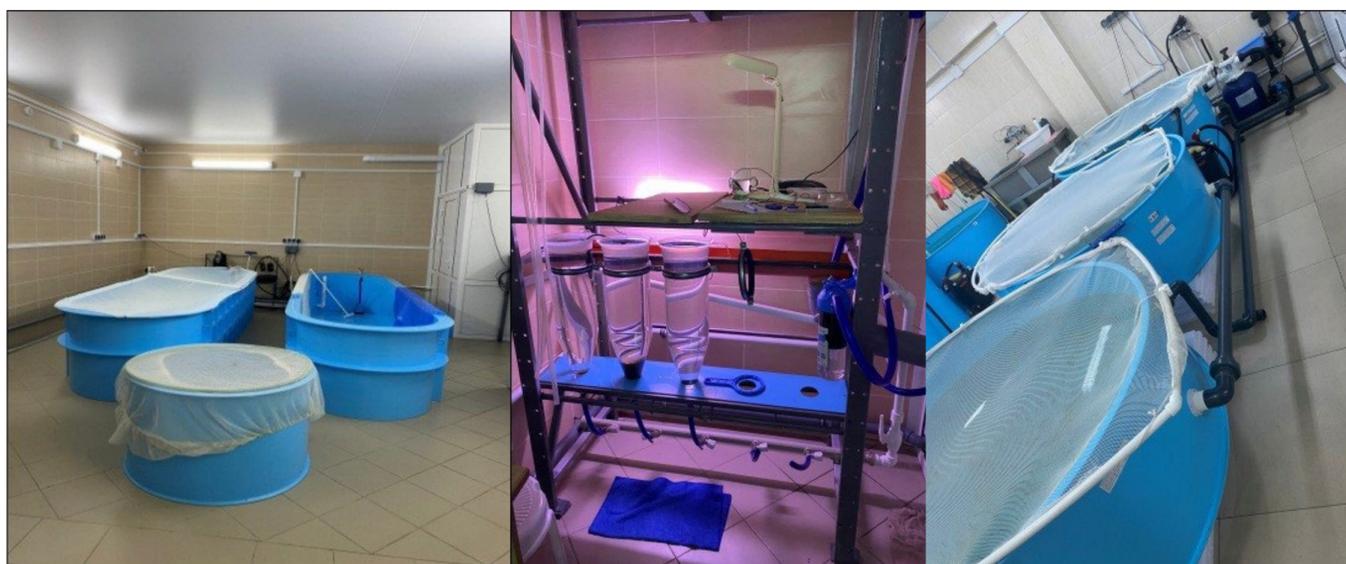


Рис.1. Установки филиала УНУ ПАК на берегу озера Байкал в пос. Листвянка

в модернизированных аквариумных установках с системой удаленного управления. Для получения быстрорастущих, стрессоустойчивых и экологически чистых аквакультур рыб использовали комплекс технологий (мини-УЗВ, стимуляция развития, контроль среды, термоадаптация). Половые продукты рыб, выловленных в оз. Байкал, транспортировали в филиал УНУ ПАК в пос. Листвянка. Путем искусственного оплодотворения, с использованием нативных и криоконсервированных половых продуктов, получили новые чистые линии и гибридные формы байкальских сигаевых рыб – F1, F2, беккроссы (Рис. 2).

Часть работ была посвящена исследованию температурной преадаптации молоди сигаевых рыб, которая связана с феноменом «гормезиса», являющегося количественной мерой биологической пластичности, при которой низкие/сублетальные дозы стрессора являются стимулирующими. Для оценки состояния личинок были выбраны: длина теломер, активность теломеразы и экспрессия генов, продукты которых участвуют в регуляции длины теломер и защите от активных форм кислорода. Акклиматизация и острый температурный стресс (+12 °С) не оказали влияния на длину теломер, но изменили активность теломеразы (акклиматизация



Рис.2. Формирование пигментации на начальных стадиях онтогенеза гибрида сигаевых рыб (фото Кармадановой А.А.).

снизила ее, стресс повысил) и уровни экспрессии генов (Рис. 3). Полученные данные свидетельствуют о положительном влиянии акклиматизации на состояние личинок байкальского сига за счет ремодуляции их теломерной активности и транскрипционного профиля.

Осуществлялись работы по описанию физиологии цианобактерий, образующих биопленки в прибрежной зоне озера Байкал. Исследованы и описаны геномы новых для науки цианобактерий *Tychonema* sp. BVK16 и *Limnofasciculus baicalensis* (Sorokovikova et al., 2023; Evseev et al., 2023). Показан метаболический симбиоз цианобактерии как эдификатора сообществ

с гетеротрофными бактериями (Krasnopreev et al., 2023). Штаммы являются психрофильными и требовательными к освещению, их существование возможно лишь при специальных условиях (Рис. 4).

На базе УНУ ПАК выполнялись квалификационные работы бакалавров и аспирантов ВУЗов г. Иркутска, проводились экскурсионные мероприятия для учащихся и студентов. В познавательных целях УНУ ПАК посетило более 500 школьников, студентов и гостей из разных организаций. Выполнено 7 школьных и студенческих научно-практических работ.

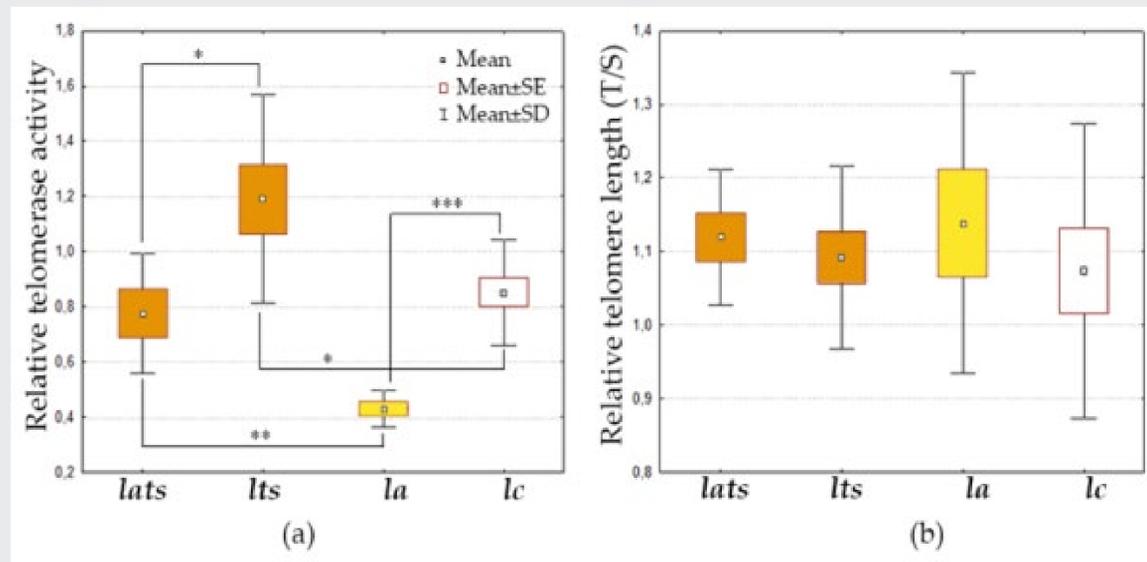


Рис.3. Относительная активность теломеразы (а) и относительная длина теломер (б) у личинок байкальского сига. Группы личинок: lats – акклимированные личинки в условиях температурного стресса; lts – неакклимированные личинки в условиях температурного стресса; la – акклимированные личинки без стресса; lc – контрольные неакклимированные личинки без стресса. Оранжевым цветом обозначены группы, которые подвергались острому температурному стрессу. Желтым цветом обозначены только акклимированные группы. Звездочками обозначены достоверные различия между группами (тест Краскела-Уоллиса, $* < 0.05$, $** < 0.01$, $*** < 0.001$).

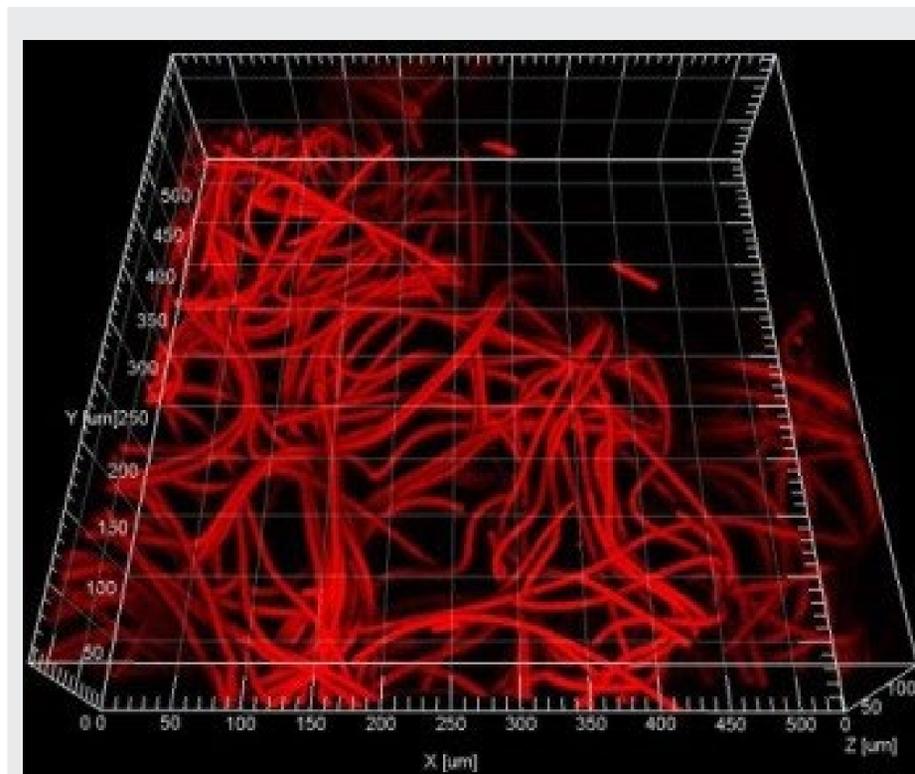


Рис.4. Морфология биопленки *Tychonema* sp. BVK16, образованной в культуре (СЭМ).



ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ РАБОТЫ

Экспедиция по изучению трансформации речного стока Верхней Ангары на устьевом участке и на акватории Ангаро-Кичерского мелководья оз. Байкал

В марте 2023 г. проведен отбор проб воды и снежного покрова в нижнем течении рр. Верхняя Ангара (пос. Верхняя Заимка), Кичера, Рель и Холодная, на акватории Ангаро-Кичерского мелководья на расстоянии 0, 1, 2, 3, 4, 5 км от Кичерской прорвы, р. Тья выше и ниже сброса сточных вод КОС г. Северобайкальска, вдоль трассы Северобайкальск-Улькан-Жигалово. Цель работы – исследовать динамику компонентов химического состава воды притоков Северного Байкала в зимний период, проанализировать химический состав воды и снежного покрова на акватории Ангаро-Кичерского мелководья, количественно оценить уровни аккумуляции различных химических компонентов в снежном покрове. По результатам работ будут определены количественные и качественные показатели химического состава воды притоков Северного Байкала; изучено распределение химического стока реки В. Ангары в зоне смешения речных и озерных вод; проведены оценки поступления химических соединений из атмосферы на Северную котловину озера в зимний период.



Установка гидрофизических станций онлайн мониторинга на озерах Арахлей (Забайкальский край) и Хубсугул (Монголия)

В рамках тематических заданий по крупному научному проекту МИНОБРНАУКИ России «Фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории» ЛИН СО РАН в кооперации с ИПРЭК СО РАН и Институтом астрономии и геофизики Монгольской академии наук были установлены станции онлайн мониторинга уровня режима и метеопараметров окружающей среды на озерах Арахлей (Забайкальский край) и Хубсугул (Северная Монголия). Установленные гидрофизические станции являются новой разработкой ЛИН СО РАН, соответствующей мировому уровню последних достижений науки и техники. В отличие от предыдущих версий станций, они кроме регистрации уровня водоема с разрешением в несколько миллиметров измеряют температуру воды, а также в трех спектральных диапазонах определяют интенсивность солнечной радиации, проникающей в водную толщу. Помимо этого, все станции снабжены блоком измерений метеопараметров приземного слоя атмосферы. Установка станций уровня мониторинга на оз. Хубсугул является крайне актуальной в свете возобновления проектов по строительству гидротехнических сооружений в монгольском сегменте р. Селенги и ее притоков.



Экспедиция на Сыгыктинский ледник (хребет Кодар)

В июле и августе 2023 г. продолжены регулярные экспедиционные исследования на одном из крупнейших ледников хребта Кодар – Сыгыктинском (или Преображенского). Ледник расположен в верховьях левого притока р. Сюльбан (р. Олений Рог) и р.левой Сыгыкты, на высоте 2260–2660 м над уровнем моря, на границе Иркутской области и Забайкальского края. С начала июля 2019 г. на леднике работают две автоматических метеостанции, измеряющие десятки метеорологических параметров с высоким временным разрешением (30 минут) на нескольких высотных уровнях над поверхностью ледника и его верхнем 2-метровом слое (с вертикальным разрешением 10 см).

Задачами экспедиции были: изучение сезонной динамики ледника, отбор образцов воды, снега и льда для химического и изотопного анализов, техобслуживание автоматических метеостанций. За летний сезон 2023 г. (июль–август) получены уникальные данные, позволяющие количественно оценить компоненты теплового баланса в период таяния ледника (радиационный баланс, турбулентный тепло- и влагообмен между ледниковой поверхностью и атмосферой). На настоящий момент длина непрерывных высокоразрешающих рядов метеорологических наблюдений на леднике достигла 1514 дней (4,1 года) – это наиболее продолжительные наблюдения подобного рода, проводимые на ледниках Сибири.

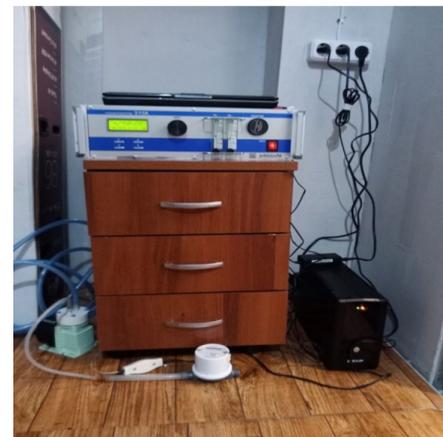


В снежном шурфе на леднике исследована структура снежного покрова сезона аккумуляции 2022/2023 гг. В трещине иркутской ветви ледника на глубинах 360, 245 и 175 см от поверхности были отобраны образцы глубинного льда (предположительно более древнего). На нескольких высотных уровнях ледника отобраны образцы свежеснега, ледникового стока и поверхностного льда. Кроме того, в долинах Сюльбана и Оленьего Рога на 4-х уровнях (1070, 1240, 1830 и 2530 м над уровнем моря) проведены температурные измерения с помощью автоматических регистраторов (термохронов), в бассейне р. Сюльбан были отобраны пробы речной и озерной воды для гидрохимического и изотопного анализов.

Новые экспериментальные данные важны для дальнейшей параметризации моделей динамики горного оледенения во внутренних районах Евразии. Они позволяют количественно оценить основные факторы летнего таяния снега и льда в условиях современных изменений климата, выявить источники океанической и континентальной влаги, поступающей на ледник и понять процессы трансформации атмосферной влаги в регионе, расположенном на границе Атлантического и Тихоокеанского влияния в межгодовом и сезонном циклах. Кроме того, на реальных природных образцах будет отработана методика проведения изотопных исследований водных объектов.

Расширение сети станций мониторинга атмосферы

Для изучения процессов переноса загрязняющих веществ от промышленных комплексов Прибайкалья на фоновые районы юго-восточного побережья озера Байкал на территории Визит-центра «Байкал заповедный» (51.563 с.ш., 105.13 в.д.) в пос. Танхой совместно с сотрудниками Байкальского государственного природного биосферного заповедника в октябре 2023 г. открыта новая станция мониторинга атмосферы. На станции непрерывно ведутся измерения концентрации диоксида серы и массовой концентрации частиц PM10, PM2.5, а также проводится отбор проб атмосферного аэрозоля и осадков для химического анализа. Данные измерений передаются на сервер ЛИН СО РАН, что позволяет оценить состояние атмосферы в режиме реального времени. В будущем количество параметров наблюдений на станции будет расширено с включением новых химических и метеорологических данных.



Вторая научно-образовательная экспедиция «Байкал – природная лаборатория» на базе научного стационара ЛИН СО РАН в пос. Большие Коты



Организаторы: ЛИН СО РАН и Автономная некоммерческая организация «Культурно-досуговый подростково-молодежный центр «Родник» в рамках реализации проекта «Научный потенциал Сибири» при поддержке Фонда президентских грантов.

Цель экспедиции – привлечение школьников к участию в научных междисциплинарных исследованиях, развитие сотрудничества научного сообщества с учреждениями дополнительно и общего среднего образования, помощь в профессиональной ориентации.

Всего в экспедиции приняло участие 20 школьников 7-10 классов из городов: Иркутск, Братск и Красноярск.



Образовательная программа была составлена в нескольких научных направлениях: санитарная микробиология, мониторинг состояния байкальского зоопланктона и зообентоса, аквакультура рыб на примере байкальского омуля и основы методов молекулярной биологии. Каждый день проводились лекции и практические занятия. Также у участников были и досуговые мероприятия: походы, игры и песни у костра на берегу Байкала. Завершилась экспедиция подготовкой участниками научных отчетов, формат которых был предоставлен ребятам на выбор – от традиционной стендовой защиты до театрализованной сценки.

Навигационный сезон

В 2023 г. по 10 «Базовым» и 1 поисковому проектам государственного задания ЛИН СО РАН, а также 5 грантам РФ проводено 35 экспедиций, в которых были задействованы 4 научно-исследовательских судна ЛИН СО РАН. Общая продолжительность проведенных экспедиций составила 263 судосудок (НИС «Академик Коптюг» – 14, НИС «Г.Ю. Верещагин» – 91, НИС «Титов» – 87, НИС «Папанин» – 71). В составе экспедиционных отрядов были ученые и студенты из 13 российских организаций: ИОА СО РАН, ИЗК СО РАН, НИИПФ ИГУ, РГГМУ, ИФМ СО РАН, НИИ биологии ИГУ, ИГМУ, ИМКБ СО РАН, ДГВУ, НГУ, МГУ, ИГУ, ИЦИГ СО РАН. В целом в экспедициях приняли участие 96 исследователей (из них 31 человек в возрасте до 39 лет), 18 зарубежных представителей, 15 студентов и аспирантов. По результатам экспедиций предыдущих лет за отчетный период опубликовано 20 статей в изданиях первого и второго кварталей, индексируемых в международной базе данных Web of Science.

В ходе экспедиционных работ 2023 г. собран материал для оценки современного гидрохимического статуса и биологического разнообразия 80 малых притоков оз. Байкал; исследования процессов, происходящих при смешении маломинерализованных вод (река-озеро), и определения зоны активной трансформации веществ, поступающих с речным стоком. Последние 70 лет исследования химического состава вод в основном проводились на крупных притоках (Селенга, Баргузин, Верхняя Ангара).



Во время экспедиции по всему периметру Байкала в августе 2023 г. выполнены непрерывные измерения газовых примесей, атмосферного аэрозоля, метеопараметров как в приводном слое атмосферы, так и на высотах от 100 до 10000 м. Впервые выявлен вклад и пути трансграничного переноса загрязненных атмосферных примесей в Байкальский регион с Забайкалья, Монголии, Китая.

Сделан пробный запуск разработанных и изготовленных в ЛИН СО РАН автономных дрейфующих буев для изучения пространственно-временной изменчивости течений и оценки коэффициентов турбулентной диффузии. Проведенный эксперимент показал значительное влияние инерционной составляющей в структуре течений в исследованном районе и подтвердил высокую эффективность разработанных буев как инструмента для исследования характеристик приповерхностных течений и мониторинга гидрометеорологических параметров среды.

Проведены детальные гидроакустические съёмки в районах с ранее обнаруженными и вновь найденными пузырьковыми выходами газа в оз. Байкал с целью количественной оценки объемов поступления метана в водную толщу озера и их сравнения с предыдущими измерениями. На протяжении 2017-2021 гг. наблюдалось постепенное увеличение концентрации метана как в глубинной зоне открытого Байкала, так и в его деятельном слое. В 2022-2023 годах – напротив, наметилась тенденция к уменьшению содержания метана и достижение концентраций, сравнимых с 2003 г.

На основе собранного в ходе экспедиций материала впервые тремя методами оценено разнообразие участников цикла азота и фосфора в планктоне оз. Байкал, получена более полная характеристика таксономического состава микроорганизмов, представленного 15 филумами.



Совместная российско-китайская экспедиция

В рамках заключенного в 2023 г. меморандума между ЛИН СО РАН, ИЗК СО РАН, Китайским геологическим университетом и Нанкинским институтом географии и лимнологии КАН о взаимодействии в области исследований по лимнологии и геологии в Восточной Азии прошла российско-китайская экспедиция на оз. Байкал. Участники посетили бухты Песчаная, Бабушка и Ая, а также о. Ольхон и о. Огой. В местах остановок сотрудниками ИЗК СО РАН был проведен экскурс в геологию пород юго-восточного берега оз. Байкал, их происхождение, состав и возраст. В полевых условиях участники экспедиции смогли ознакомиться с местными минералами. Во время экспедиции сотрудники ЛИН СО РАН выступили с докладами: «Ультраструктурные и цитохимические особенности обонятельного эпителия рыб при действии различных одорантов», «Современная и палео-ДНК из донных отложений озера Байкал» и «Палеогляциологическая реконструкция северной части Баргузинского хребта, Северный Байкал». Состоялся обмен опытом и интересами китайской и российской делегаций в области геологии, (палео)лимнологии, микробиологии и мониторинга органических загрязнителей, где были определены области потенциального сотрудничества и дальнейших совместных исследований.



Вторая общероссийская экспедиция Плавающий университет «Байкал-эволюция»

Основная цель проекта – привлечение талантливых студентов и аспирантов биологических специальностей к исследованиям на Байкале, что позволит наилучшим образом продолжить длительную историю изучения озера и более эффективно реагировать на вызовы, созданные быстрыми экологическими процессами, бурно проявляющимися в последнее десятилетие



В экспедиции приняли участие 7 ученых в качестве преподавателей и 12 слушателей. Участники прослушали лекции на стационаре ЛИН СО РАН в п. Большие Коты, ознакомились с особенностями проведения экспедиционных работ на НИС «Титов». Молодые исследователи имели возможность повысить свою квалификацию у ведущих ученых, познакомиться с самыми актуальными методами исследования биоразнообразия природных объектов и современными концепциями теории адаптивной эволюции. Среди лекторов были сотрудники Института цитологии и генетики СО РАН, Института молекулярной и клеточной биологии СО РАН, Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Лимнологического института СО РАН. Среди слушателей – магистранты и аспиранты биологических специальностей Московского государственного университета, Иркутского государственного университета, Новосибирского государственного университета и Дальневосточного государственного университета.



**ПУБЛИКАЦИИ,
МЕРОПРИЯТИЯ,
ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

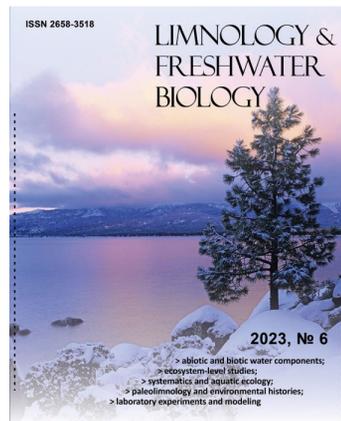
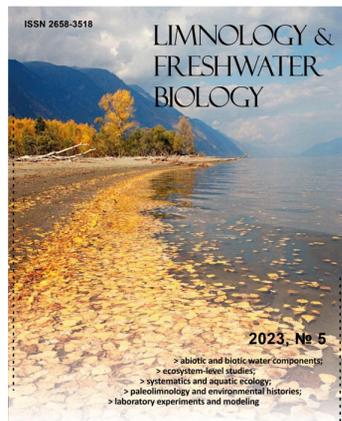
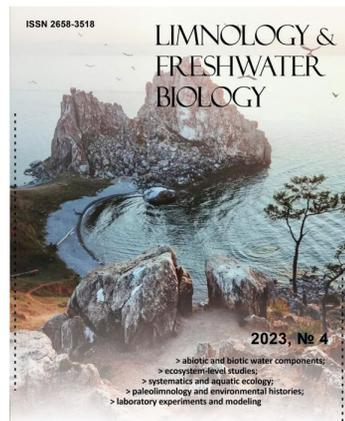
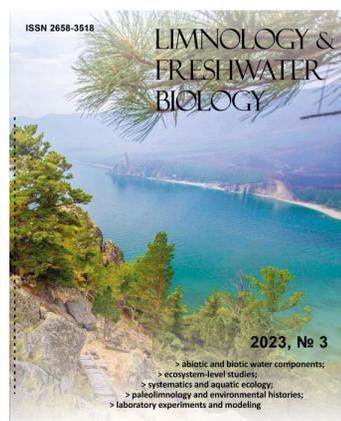
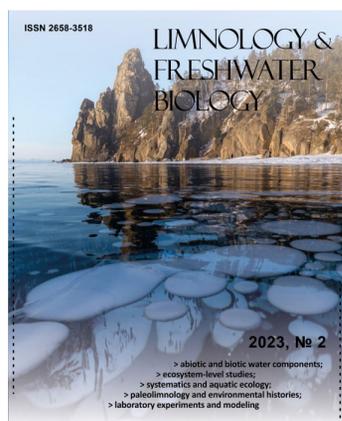
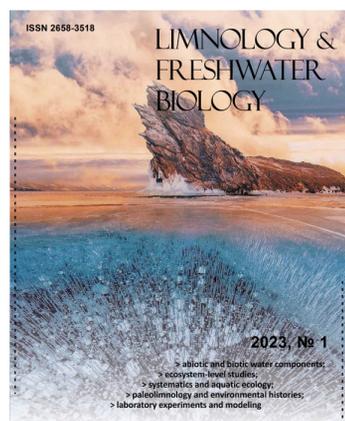
Публикационная результативность

За отчетный период опубликовано **154** статьи, из них **151** статья в журналах, индексируемых в международных информационно-аналитических системах научного цитирования Web of Science и Scopus, в том числе **57** в изданиях первого и второго квартала (Q1 и Q2). Число статей, подготовленных совместно с зарубежными организациями - **28**.

Комплексный балл публикационной результативности составил **573,5**, совокупный импакт фактор журналов – **290,917**.

Вышло **6** номеров нашего журнала **Limnology and Freshwater Biology**. <http://limnolfwbiol.com/>.

31 декабря 2023 г. Limnology and Freshwater Biology включен в реферативную базу данных Scopus.



База данных:

Ходжер Т.В., Голобокова Л.П., Потемкин В.Л., Оболкин В.А., Бердашкинова О.И. База данных: «Химический состав атмосферных аэрозолей на опорных станциях мониторинга атмосферы в Байкальском регионе за период наблюдений 2010-2022 гг».

База данных по химическому составу аэрозолей в Байкальском регионе за период 2010-2022 гг. создана для обеспечения специалистов (химиков, метеорологов, климатологов, экологов) сведениями о зарегистрированных многолетних данных по составу ионов в растворимой фракции аэрозолей, газовых примесей, полученных на трех станциях мониторинга атмосферы: Иркутск (52.3° с.ш., 104.4° в.д.) - урбанизированная, Листвянка (51.9° с.ш., 104.7° в.д.) - сельская, Монды (51.6° с.ш., 101.0° в.д.) - фоновая в различных районах Байкальского региона. Районы исследования выбраны с учетом различной степени антропогенного влияния на окружающую среду. Представленные в базе данные позволят оценивать роль атмосферного канала в переносе загрязняющих веществ из промышленных районов Прибайкалья на акваторию озера Байкал. База данных имеет возможность дополнять ее результатами новых наблюдений.



I Байкальский научный форум школьников в области биологии, экологии, химии, краеведения и туризма



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ
**ФОНДА
ПРЕЗИДЕНТСКИХ
ГРАНТОВ**

16-27 марта 2023 г. прошел I Байкальский Научный Форум школьников, организованный при поддержке Фонда президентских грантов АНО КД ПМЦ «Родник», ЛИН СО РАН и ГБУК Иркутская государственная областная универсальная библиотека имени И.И. Молчанова-Сибирского.

Форум включал в себя два мероприятия:

- II Всероссийскую Байкальскую научно-практическую конференцию школьников «Открывая горизонты» (5-11 классы, 16 и 17 марта)
- Научную школу (7-11 классы, 25-27 марта)

В Конференции приняло участие 103 школьника из городов: Иркутск, Красноярск, Шелехов, Ангарск, Зеленогорск, Мурманск, Снежногорск, Ижевск,



Нижний Тагил, Бийск и Москва. Из них 22 участника представили свои работы заочно с помощью онлайнтрансляции, 81 школьник выступили очно на секциях: «Экология», «Ботаника», «Химия и Жизнь», «Байкаловедение и водные проекты», «Зоология», «Краеведение» и «Социальные и экологические проекты, здоровье человека». В качестве членов экспертной комиссии выступили практикующие специалисты в тех областях науки, которые были представлены на Конференции: сотрудники ЛИН СО РАН, СИФИБР СО РАН, Педагогического института ИГУ, МБУК «Музея истории города Иркутска им А.М. Сибирякова», Иркутского областного краеведческого музея им. Н.Н. Муравьева-Амурского и ИГМУ.



В Научной школе приняли участие 18 учащихся из Иркутска и Ангарска, прошедших конкурсный отбор. Программа Школы включала экспедицию на стационар ЛИН СО РАН в пос. Листвянка, в ходе которой отрабатывались методы отбора проб байкальской воды с помощью батометра, фитопланктона и зоопланктона сетью Джели, а также подледных сообществ при участии водолаза. После отбора проб был сделан микроскопический анализ собранного материала и посев бактерий. В рамках Школы в ЛИН СО РАН прошли практические занятия по статистической обработке биологических данных, были прочитаны лекции по видовому разнообразию байкальской флоры и фауны, экологическому состоянию Байкала, проведены экскурсии в УНУ «Экспериментальный пресноводный аквариумный комплекс байкальских гидробионтов».



В 2023 г. информация о деятельности ЛИН СО РАН была широко освещена в средствах массовой информации и интернет-изданиях

Учеба с подводным роботом. На Байкале завершил работу "Плавучий университет"

27 августа 2023 г. 9:19

© ГТРК «Иркутск» / Наталья Сальникова, Ирина Полова

ИЗДАНИЕ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Научный совет СО РАН по проблемам озера Байкал в 2022 году

06 февраля 2023

Байкал — уникальная природная экосистема, среда обитания единственной в своем роде, более чем на 50 % эндемичной биоты, хранилище более 20 % поверхностных пресных вод планеты. Конвенция о Всемирном наследии ЮНЕСКО называет это озеро универсальной всемирной ценностью, плюс это единственный природный объект, статус которого обеспечен федеральным законом Российской Федерации. Сибирское отделение РАН с самого его создания занимается научными исследованиями в сфере сохранения озера Байкал.

© Байкал.ру

РОСПРИРОДНАДЗОР
Федеральная служба по надзору в сфере природопользования

Ученые исследуют пятна сброса БЦБК на дне озера Байкал

Работы начнутся уже этим летом

19 августа 2023 г. 19:41

© Байкал.ру

Интервью с главным ученым на Байкале геологом Андреем Федотовым об изменениях климата

Каждый слышал о происходящем на наших глазах глобальном потеплении. Эмиссия парниковых газов, таяние вечной мерзлоты, Киотский протокол... Пока одни ученые спорят, насколько виноват в этом человек и что тут можно сделать, находят другие ученые, которые считают, что нынешнее тепло продлится совсем недолго. Скоро нас ждет похолодание. Так ли это? Если так — что нужно делать? Сможем ли мы его пережить? Как адаптироваться к грядущим изменениям климата? Об этом рассуждает Андрей Федотов, директор Лимнологического института Сибирского отделения РАН, доктор геолого-минералогических наук.

© Андрей Федотов

главный по новостям

Вода Байкала в популярных местах кишит кишечными бактериями

19 августа 2023 г. 12:37 | 0 | 1207

Фото: «Знаменитые Гривы Байкала»

16 октября 2024

Иркутские лимнологи изучат состояние притоков Байкала и «сбросное пятно» БЦБК

Иркутск, 27.04.23 (ИА «Телеинформ»), - 300 судов/гонок - такова экспедиционная нагрузка ученых Иркутского Лимнологического института в 2023 году в рамках работы исследовательского Байкала. Сезон на четырех кораблях ЛИН СО РАН начнется 25 мая - с открытия навигации на озеро, а закончится 1 ноября. В сумме четыре корабля будут находиться на Байкале 300 дней. О предстоящих экспедициях рассказал директор Лимнологического института Сибирского отделения РАН (ЛИН СО РАН) Андрей Федотов на пресс-конференции 26 апреля.

Так, в этом году стартует большой проект по аудиту притоков Байкала. Изучение состояния рек, впадающих в Священное озеро, продлится не один год.

- Последние такие масштабные исследования рек Байкала проводились в 1960-е годы. Сейчас интересно посмотреть, как изменилось состояние притоков. На сегодня мы уже знаем точно, что реки южного Байкала (район БЦБК) стали более загрязненными - ртуть в воде стала более заметной. Это общая тенденция, но она хорошо проявлена именно на южном Байкале. Здесь скапливается выброс в атмосферу от иркутско-черемновского промузла. Пойдем от южного Байкала на север - будем изучать каждую реку, впадающую в озеро, прежде всего, биохимический состав, - рассказывает Андрей Федотов.

Также намечается крупный проект по изучению вирусов в воде. Байкал как большой генбанк вирусов пока совсем не изучен, так что это новое масштабное направление.

Кроме того, планируется изучение текущего состояния «пятна сброса на БЦБК» - участка на дне Байкала (на глубине 30 метров и ниже), подвергшегося влиянию стоков целлюлозно-бумажного комбината.

БЕЗ РУБРИКИ

Школьники из Братска участвуют в экспедиции «Байкал — природная лаборатория» в посёлке Большие Коты

АВТОР: ЕЛЕНА СЕВЬЕВА 30.06.2023

© Байкал.ру

Байкал сам отрегулирует численность нерпы, считают иркутские ученые. Правительство страны дало поручение оценить последствия увеличения ее популяции

12 апреля 2023 г. 19:41

Правительство страны дало поручение оценить последствия увеличения ее популяции

© Байкал.ру

В Байкале нашли кишечную палочку и другие «сюрпризы»

Байкал — самое чистое озеро в мире... но только не в туристический сезон. Иркутские ученые рассказали о результатах исследования проб воды, которые отобрали в популярных местах отдыха.

© Лимнологический институт Сибирского отделения РАН

ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Интрузия на Байкале

17 марта 2023

© Байкал.ру

Последние исследования опровергли один из главных нарративов Запада

20 октября 2023 12:19

Андрей Федотов
Директор Лимнологического института Сибирского отделения РАН, доктор геолого-минералогических наук

© Байкал.ру

Всплеск развития цианобактерий наблюдают в Байкале ученые Лимнологического института. С чем это связано и кто виноват в их размножении?

20 августа 2023 г. 9:49

© Байкал.ру

Лед тронулся: на поверхности Байкала образовалась многокилометровая трещина

Всему виной - резкая смена температуры

08.02.2023, 22:42

© Владимир Смирнов/ТВЦ Новости

Тайны кругов на Байкале, одиссея сигахов и сколько омуля еще осталось: директор Иркутского Лимнологического института - об открытиях прошлых экспедиций

Иркутск, 27.04.23 (ИА «Телеинформ»). - Новое о газогидратах, жизни фитопланктона и восстановлении численности омуля в Байкале. Результаты прошлых экспедиций поделился директор Лимнологического института Сибирского отделения РАН (ЛИН СО РАН) Андрей Федотов на пресс-конференции 26 апреля.

Так, в прошлом году лимнологи продолжали изучать малые структуры на льду Байкала, а также провалы их в летнее время. Выяснилось, что появляются эти кольца (которые, к слову, видно не только когда Байкал скован льдом, но и на воде - в виде кругов более темной воды, поднимающейся из глубины) не каждый год. Как напомнил ученый, круги отчетливо фиксируются на космоснимках.

- Возникает вопрос: как они образуются? Какая сила заставляет всплывать эту воду из глубины на поверхность? Одна из гипотез - газогидраты, всплывая, поднимают за собой колонию глубинную водоросль. Последнее время много говорится о том, что в Байкале все больше и больше метана. Однако, в 2022 году обнаружилось, что концентрация метана в озере не растет, она «запоровилась». С чем это связано, еще предстоит выяснить, как и то, почему круги на Байкале появляются не каждый год, - отмечает Андрей Федотов.

Проводились и геоморфологические исследования газогидратов. Были опасения, что их разрушение может способствовать образованию оползней, однако, анализ их структуры показал, что в ближайшее время ожидать чего-то катастрофического в результате разрушения газовых гидратов на дне Байкала не следует.

Состоялся в прошлом году и большая экспедиция по изучению цветения фитопланктона в Байкале - в начале марта, на «Хивуска», с подводными погружениями (работали водолазы, Андрей Федотов тоже нырнул под лед).



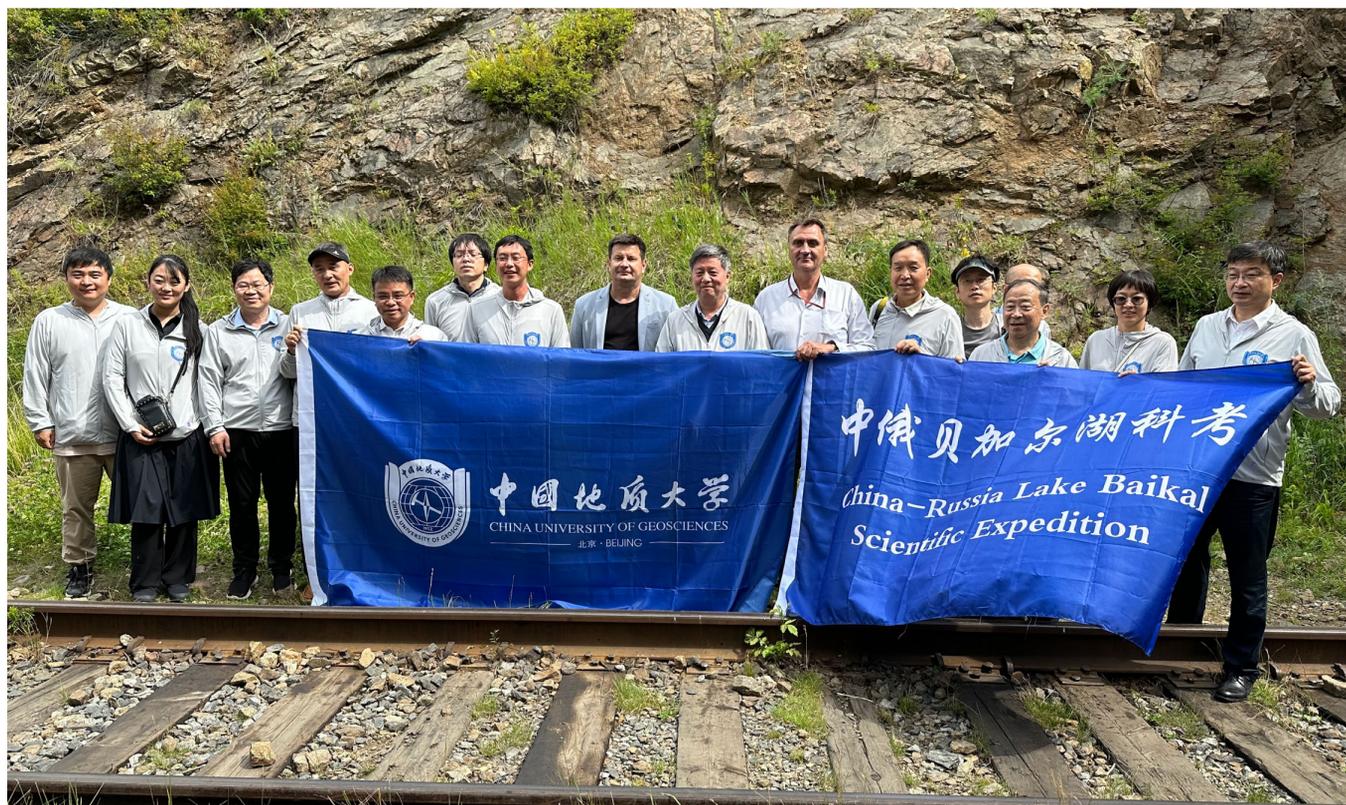
МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Соглашения с зарубежными организациями

В 2023 г. заключено соглашение с Нанкинским институтом географии и лимнологии Китайской академии наук и меморандум о сотрудничестве с Китайским геологическим университетом г. Пекина.

В ходе визита китайская делегация была ознакомлена с деятельностью Института, а также проведен рабочий семинар по обсуждению перспектив российско-китайского взаимодействия в области лимнологии и геологии в Восточной Азии. В семинаре приняли участие сотрудники Китайского геологического университета (г. Пекин) во главе с ректором КГУ академиком Сун Юхонг, профессора-руководители научных тематик из Нанкинского института географии и лимнологии КАН, сотрудники ЛИИ СО РАН и ИЗК СО РАН.

В рамках данного визита Институт посетили Генеральный консул КНР в г. Иркутск Ли Хай и Консул по науке и технике Линь Фан. На основе подписанных соглашений между организациями прошло открытие российско-китайской экспедиции на Байкале.



Китайский геологический университет г. Пекин



Нанкинский институт географии и лимнологии Китайской академии наук



MAX PLANCK INSTITUTE FOR BIOPHYSICAL CHEMISTRY

Институт биофизической химии общества Макса Планка (Германия)



Институт биологии (Монголия)



Технологический институт Китами (Япония)



Университет Тромсё – Арктический университет Норвегии

Крупные сетевые проекты

Международная программа EANET (Сеть мониторинга кислотных выпадений в Восточной Азии), входящая в программу ЮНЕП (UNEP) в рамках ООН по окружающей среде.

Проект GOS4M (Глобальная система мониторинга ртути), состоящий из 43 станций за наблюдением ртути в атмосфере по всему миру, включая Антарктиду.



GLOBAL OBSERVATION SYSTEM FOR MERCURY

Членство в зарубежных организациях

- Федерация Европейских микробиологических обществ (FEMS)
- Научно-руководящий комитет по загрязнению окружающей среды и атмосферной химии (SSC-EPAC) Всемирной метеорологической организации (WMO)
- Международное сообщество исследования диатомей (ISDR)
- Международное сообщество протозоологов (ISOP)
- Ихтиологическое сообщество Британских островов (FSBI)



МОЛОДЕЖЪ ЛИН СО РАН

Аспирантура

В рамках реализации образовательных программ высшего образования – программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре **13** человек проходили очное обучение по **6** научным специальностям:

- 1.4.2. Аналитическая химия;
- 1.5.3. Молекулярная биология;
- 1.5.7. Генетика;
- 1.5.12. Зоология;
- 1.5.15. Экология;
- 1.6.18. Науки об атмосфере и климате.

Принято в аспирантуру 2 человека (1.5.15. Экология, 1.6.18. Науки об атмосфере и климате). Фактический выпуск аспирантов, успешно прошедших государственную итоговую аттестацию и представивших диссертации – 3 человека.

Аспиранту третьего обучения Максиму Шиховцеву присуждена именная стипендия Губернатора Иркутской области.



Аспиранты первого года обучения Евгений Луцкин и Дарья Гутник.

Защиты диссертационных работ

Сидорова Т.В. Молекулярно-генетическое исследование эволюции байкальских сиговых рыб. Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.7. Генетика. Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток, 09.06.2023 г.

Матвеевко Е.Ю. Видовой состав, распределение и молекулярно-генетическая паспортизация фауны пиявок семейства Piscicolidae Johnston, 1865 (Clitellata, Hirudinea) Байкальского региона. Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.12. Зоология. Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, г. Владивосток, 28.11.2023 г.



Екатерина
Матвеевко



Туяна
Сидорова

Практика у студентов

Всего студентов, проходивших практику (учебную, производственную, преддипломную) в ЛИН СО РАН в 2023 году – **42** человека, в том числе:

- Иркутский государственный университет – **37**;
- Российский государственный гидрометеорологический университет – **1**;
- Иркутский техникум речного и автомобильного транспорта – **4**.

Совет научной молодежи

На момент отчетного периода в ЛИН СО РАН работало более 60 молодых ученых (сотрудники и аспиранты в возрасте до 35 лет включительно), представлением интересов которых и координацией разнообразной деятельности занимается Совет Научной Молодежи (СНМ).

В 2023 г. молодыми учеными в соавторстве опубликовано более 70 статей в различных научных журналах, результаты исследований представлены на научно-исследовательских конференциях в городах: Улан-Удэ, Новосибирске, Томске, Екатеринбурге, Санкт-Петербурге, Москве, Краснодаре. Именную стипендию Губернатора Иркутской области 2023 г. получил аспирант, младший научный сотрудник Шиховцев М.Ю. Почетной грамотой и благодарностью мэра г. Иркутска в связи с 60-летием со дня образования Академгородка отмечены научные сотрудники Башенхаева М.В. и Потапов С.А.

Марченков А.М. стал участником мероприятий по обеспечению жильем молодых ученых основного мероприятия «Обеспечение жильем отдельных категорий граждан» и получил государственный жилищный сертификат.

Совместно с администрацией Института проведен внутренний Конкурс проектов молодых ученых – 2023 (учрежденный с 2021 г.), финансовую поддержку получили 4 лучших проекта.



Вручение именной стипендии Губернатора Иркутской области Шиховцеву М.Ю.

Молодые сотрудники института выступали активными участниками различных программ и экспедиций:

- 16-27 марта – в работе I Байкальского Научного Форума школьников;
- 19-30 июня – в научно-образовательной экспедиции школьников «Байкал – природная лаборатория»;
- 30 июля-3 августа – в рабочем российско-китайском семинаре и экспедиции на НИС «Г.Ю. Верещагин»;
- 11-29 сентября – в Программе технических исследований и обучения (TNT), организованных на базе Национального института экологических исследований (NIER, Сеул, республика Корея) и Азиатского центра исследований загрязнения воздуха (АСАР, Ниигата, Япония);
- 4-12 октября – во Всероссийской школе молодых ученых «Высокопроизводительное секвенирование, получение и анализ данных в филогенетике».



Совместная экспедиция с Китайским геологическим университетом и Нанкинским институтом географии и лимнологии КАН



Участники Всероссийской школы молодых ученых «Высокопроизводительное секвенирование, получение и анализ данных в филогенетике»

Молодые ученые активно вовлекались в образовательную, спортивную и общественную жизнь Института.

В течение года проводились лекционные и практические занятия, где гостей Института – участников экскурсий и семинаров знакомили с работой Центра интерактивного мониторинга, Экспериментального пресноводного аквариумного комплекса байкальских гидробионтов, с особенностями исследований с помощью приборной базы Центра коллективного пользования «Ультрамикроанализ», с деятельностью группы водолазных исследований и подводного мониторинга, а также и других подразделений ЛИН СО РАН.



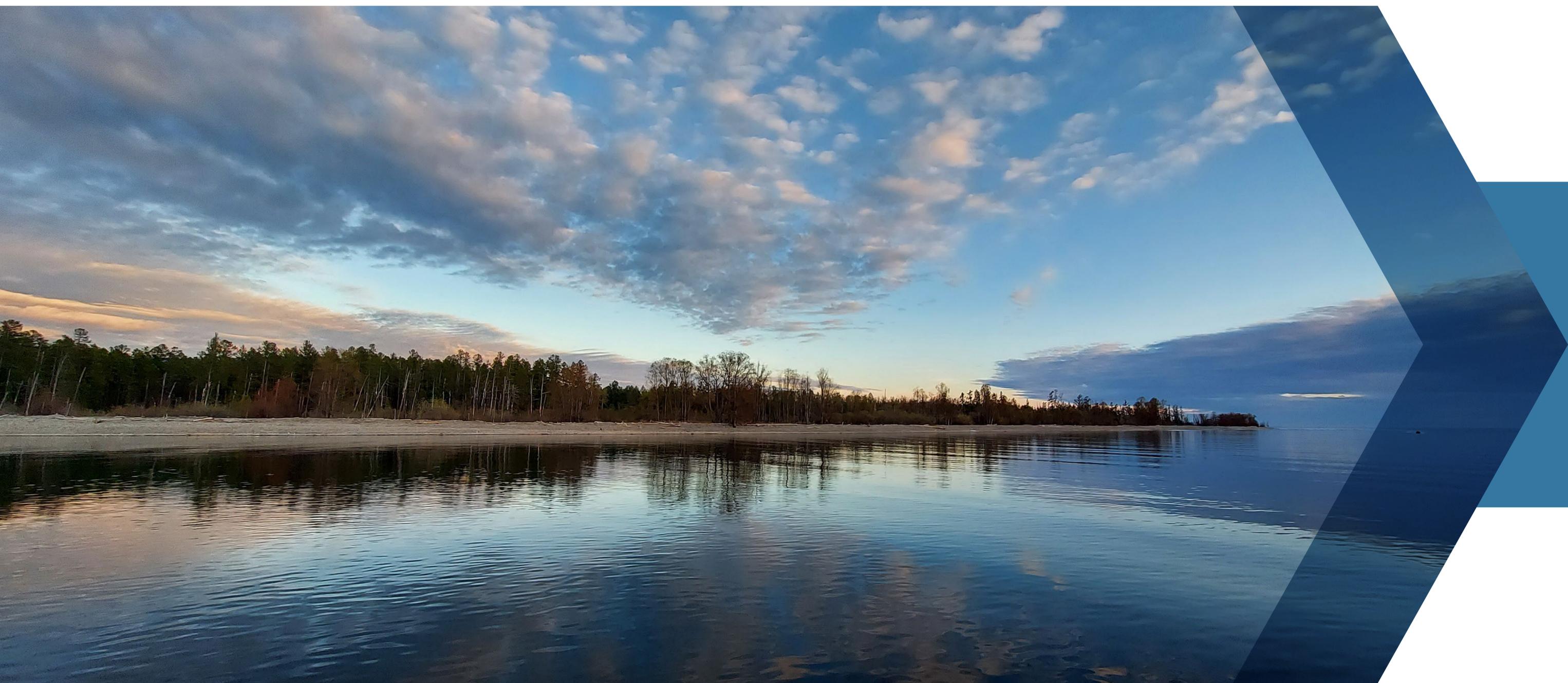
В 2023 г. молодые ученые принимали участие в разнообразных спортивных мероприятиях: Открытые командные первенства Иркутского научного центра СО РАН по шахматам (III место) и по лыжным гонкам (II место), XVII Всероссийская Лыжная Академиада РАН в г. Сыктывкар (IV место), 34-ая эстафета СИФИБР СО РАН, посвященная Дню Победы (III место); Легкоатлетический кросс Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН (VI место).



Совместно с Профсоюзом ЛИН СО РАН были организованы культурно-развлекательные мероприятия к праздничным датам:

- Фотовыставка ко Дню российской науки, на которой были представлены кадры недавних кругобайкальских мониторинговых экспедиций, материалы с экспедиции сотрудников по озёрам Якутии в районе «Полюса холода», микрофотографии исследуемых объектов и др.;
- Праздничный концерт к Международному женскому дню;
- Новогодняя сказка-спектакль «Осторожно, работают мошенники!» для детей и внуков сотрудников Института и Иркутского детского дома-интерната № 2, и новогодний вечер для коллектива Института.





ЛИН СО РАН, Иркутск 2023