

Наименование института: **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук (ЛИН СО РАН)**

Отчет по основной референтной группе 11 География и окружающая среда

Дата формирования отчета: **22.05.2017**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Инфраструктура научной организации

1. Профиль деятельности согласно перечню, утвержденному протоколом заседания Межведомственной комиссии по оценке результативности деятельности научных организаций, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения от 19 января 2016 г. № ДЛ-2/14пр

«Генерация знаний». Организация преимущественно ориентирована на получение новых знаний. Характеризуется высоким уровнем публикационной активности, в т.ч. в ведущих мировых журналах. Исследования и разработки, связанные с получением прикладных результатов и их практическим применением, занимают незначительную часть, что отражается в относительно невысоких показателях по созданию РИД и небольших объемах доходов от оказания научно-технических услуг. (1)

2. Информация о структурных подразделениях научной организации

Отдел ультраструктуры клетки

Научная специализация: Систематика бентосной диатомовой флоры оз. Байкал. Динамика видового состава фитопланктона оз. Байкал, водохранилищ, эстуариев. Динамика трофических маркеров первичных продуцентов оз. Байкал в зависимости от видового состава микроводорослей и в условиях изменения окружающей среды. Систематика и эволюция диатомовой флоры миоцена-плейстоцена Северного полушария. Систематика, экология и распространение хризофитовых водорослей и стоматоцист в современных водоемах и в донных отложениях Евразии. Методы метагеномного анализа для изучения микроорганизмов оз. Байкал. Таксономическое разнообразие, богатство, альго-бактериальные взаимодействия, подледные сообщества, придонные сообщества, деградация основных продуцентов (диатомей) и круговорот Si. Цитология диатомей, исследование механизмов ассимиляции, трансмембранного и внутриклеточного переноса и хранения кремния, участие цитоскелета в морфогенезе видоспецифических кремнистых микро- и наноструктур. Гены и предсказанные белки, потенциально вовлеченные в контроль морфогенеза – филогенетический анализ и иммуноэлектронная визуализация. Эволюция геномов диатомовых водорослей. Горизонтальный и эндосимбиотический перенос генов.



057656

Экспериментальная геномика и транскриптомика. Сравнительная геномика и филогеномика. Молекулярные и цитологические механизмы дифференцировки обонятельных рецепторных клеток у животных в связи с действием факторов внешней среды.

Лаборатория аналитической биоорганической химии

Научная специализация: Исследование структурно-функциональной организации сообщества губок в экосистеме озера Байкал с целью оценки и сохранения биоразнообразия, диагностика видов, межвидовых и симбиотических взаимоотношений. Общее научное направление лаборатория развивает три взаимосвязанных блока проблем:

1. Разработка новых технологий исследований. Методы мониторинга и исследования эндемичных губок в экосистеме озера Байкал.

Основная цель направления – постановка методов количественного учета губок как элемента комплексного мониторинга экосистемы озера Байкал и выбор структурно- и функционально значимых параметров оценки ее состояния. Методы включают также технологию примморф, метагеномный и транскриптомный анализ байкальских организмов, одновременный анализ экспрессии тысяч различных генов и идентификацию генных сетей, а также методы количественной ПЦР для анализа различий в экспрессии определенных выбранных генов в ответ на изменения условий окружающей среды.

2. Макро- и микроэволюция губок в экосистеме озера Байкал (происхождение и организация видов).

Основная цель направления – изучение структурированности спонгиофауны в зависимости от ландшафта литоральной зоны в экосистеме озера Байкал и в водоемах Байкальского региона: анализ видового состава, потока генов и гибридизации между популяциями.

3. Состав, структура и динамика ассоциированных с губками озера Байкал сообществ микроорганизмов (организация сообществ).

Основная цель - установление причин изменений состояния спонгиофауны фотической зоны озера Байкал, определение масштабов поражения губок в экосистеме прибрежной зоны, поиск способов и методов устранения.

Лаборатория биологии водных беспозвоночных

Научная специализация: Изучение биоразнообразия беспозвоночных и водорослей Байкала и других древних озер Земли, а также водоемов Прибайкалья и Забайкалья. Выяснение закономерностей эндемического видообразования, филогенетических и зоогеографических связей байкальской биоты. Исследование экологии сообществ бентоса и планктона. Междисциплинарная оценка современного состояния прибрежной зоны с акцентом на изменения антропогенного характера (эвтрофикация, массовое развитие чужеродных видов и др.). Исследование современного состояния прибрежной зоны озера Байкал с точки зрения многолетней динамики и смены комплексов доминирующих видов гидробионтов, а также факторов их определяющих в условиях широкомасштабных негативных экологических процессов в озере.

Лаборатория биогеохимии



Научная специализация: Определение главных факторов формирования биогеоценозов побережья Байкала; разработка методик выделения типов аквальных и наземных прибрежных биогеоценозов в озера Байкал; изучение биогеохимические характеристик основных групп литорального фитобентоса Байкала; составление карт сопряженных береговых наземных и аквальных биогеоценозов Байкала с выделением зон антропогенного влияния; изучение биогеохимических барьеров в миграции элементов в прибрежной зоне Байкала; выявление участков антропогенного влияния на эвтрофикацию литоральной зоны Байкала.

Лаборатория водной микробиологии

Научная специализация: Объектами исследования лаборатории водной микробиологии являются автотрофные и гетеротрофные бактерии и вирусы водных экосистем, обитающие в биопленках на границах раздела фаз вода-воздух, вода-твердые субстраты, планктоне, ледовых сообществах, в микробиомах водных животных. Лаборатория аккредитована в области санитарно-микробиологического анализа воды и почвы, проводит исследования по оценке качества воды, разнообразию и механизмам выживания условно-патогенных бактерий и вирусов в природной среде. Выполняет изучение биологически активных веществ, синтезируемых микроорганизмами: полезных для использования в биотехнологических целях, токсинов для оценки угрозы здоровью человека и животных. В исследованиях лаборатории используется комплексный методический подход: культивирование на селективных средах; молекулярно-генетическое изучение и идентификация культур и природных сообществ на основе анализа ряда генов; метагеномный и биоинформационный анализ; оценка численности бактерий и вирусов микроскопическими методами, изучение морфологии и ультраструктуры бактерий и вирусов методом электронной микроскопии; поиск и идентификация биологически активных веществ методами иммуноферментного анализа и масс-спектрометрии.

Лаборатория гидрологии и гидрофизики

Научная специализация: Изучение теплового и водного баланса озера Байкал, динамики вод озера, температурного и солевого режима, вертикального и горизонтального обмена, уровня озера; исследование влияния изменений климата на ледовый и температурный режим озера; анализ современных изменений притока воды в оз. Байкал; исследование динамики толщины ледового покрова с учетом тепловых потоков на нижней границе льда; гидроакустический учет омуля. С использованием разработанного в лаборатории гидроакустического оборудования начиная с 2005 года осуществляется поиск новых и мониторинг зарегистрированных выходов газа из донных отложений озера Байкал. Ведется ежегодная оценка количества метана, попадающего в водную толщу из донных осадков через выходы газа. Лабораторией разработан автономный ледовый комплекс для исследования характеристик подледного пограничного слоя воды и потоков тепла в ледовом покрове и на границе вода – лёд в зависимости от проникающей солнечной радиации, потока вымораживаемых солей и скорости подледных течений. Создана сеть из четырех автоном-



ных гидрометеорологических станций, непрерывно передающих информацию на сервер Института.

Лаборатория геносистематики

Научная специализация: Молекулярная экология и эволюция избранных групп байкальских эндемичных беспозвоночных, моделирование эволюционных процессов. Основные объекты исследования: амфироды, моллюски (гастроподы), различные группы аннелид, ручейники и хирономиды. В последнее время к ним добавились изоподы и кишечноподостные. Таким образом, параллельно исследуются как очень богатые видами группы животных, такие как амфиподы, и группы, не прошедшие столь яркую адаптивную радиацию, а именно – полихеты рода *Manayunkia* (Annelida) и гидры. Методы исследования варьируют от классических гидробиологических и экологических, применяемых для исследований структуры и судьбы сообществ, до молекулярно-филогенетических, геномных и постгеномных. Широко используется математическая статистика и сложные методы анализа результатов секвенирования следующего поколения и компьютерное моделирование эволюционных и экологических процессов. В самое последнее время весь методический потенциал лаборатории был использован для решения проблем, связанных с масштабными быстрыми изменениями прибрежных биотопов Байкала, в частности – систематического бурного цветения нитчатых зеленых водорослей, что имело результатом серию публикаций ввысокорейтинговых международных журналах.

Лаборатория геологии озера Байкал

Научная специализация: Лаборатория осуществляет свою деятельность в рамках основного направления деятельности: геолого-геофизическое исследование дна и осадочного наполнения байкальских впадин; поиск, картирование и изучение зон подводной разгрузки углеводородов, включая скопления газовых гидратов; батиметрические и геоморфологические исследования дна озера Байкал; изучение геолого-геоморфологических маркеров колебаний уровня озера Байкал; исследование современного состояния криолитозоны и горного оледенения и реконструкция (моделирование) их параметров в позднем кайнозое; создание геоинформационных систем (ГИС), электронных банков и баз данных (в т.ч. интерактивных) геолого-геоморфологической изученности Байкальского региона.

Лаборатория ихтиологии

Научная специализация: Исследование структурно-функциональной организации высших консументов в экосистеме озера Байкал на основе синтеза данных по их генетико-биохимическому, морфолого-физиологическому, этологическому и экологическому разнообразию.

Общее научное направление лаборатория развивает, решая три взаимосвязанных блока проблем:

1. Разработка новых технологий исследований. Методы мониторинга высших животных в экосистеме озера Байкал.



Основная цель направления – постановка методов количественного учета пелагических животных как элемента комплексного мониторинга экосистемы озера Байкал (зоопланктон, рыбы) и выбор структурно- и функционально значимых параметров оценки ее состояния.

2. Популяционная биология и микроэволюция высших животных в экосистеме озера Байкал (организация видов).

Основная цель направления – изучение структурированности населения рыб и их кормовых объектов в экосистеме озера Байкал и в водоемах Байкальского региона: выявление биологических и экологических детерминантов, генетических последствий.

3. Структура и динамика ихтиоценозов в экосистеме озера Байкал (организация сообществ).

Основная цель направления – исследование закономерностей сосуществования рыб в экологических системах разного ранга: вид - вид, триотроф, пищевая сеть.

Лаборатория микробиологии углеводов

Научная специализация: Изучение микробных сообществ и их метаболического потенциала в зонах повышенных концентраций углеводов и других соединений в холодноводных экосистемах.

Исследуются возможные пути окисления углеводов в аэробных и анаэробных условиях, структура функциональных генов и белков, обеспечивающих данные процессы при низких температурах. Ведется поиск уникальных психрофильных микроорганизмов, участвующих в разложении углеводов при разных геохимических условиях для последующего использования в практике.

Лаборатория палеолимнологии

Научная специализация: Тематикой исследований являются палеоклиматические и палеогеографические реконструкции на основе изучения: донных осадков озер и болот; древесных хронологий; наземных отложений и ледников. В лаборатории выполняются работы по диатомовому, палинологическому, хирономидному, геохимическому и минералогическому методам анализа донных отложений. Элементный анализ влажных кернов донных отложений методом РФА-СИ в режиме непрерывного сканирования осуществляется в ЦКП «Сибирский центр синхротронного и терагерцового излучения» Института ядерной физики СО РАН. Исследования ведутся по общемировому стандарту, рекомендованному проектом PANASH «Изменчивость глобальных палеоклиматов и природной среды» для возможности дальнейшей корреляции полученных результатов с глобальной базой данных по климатическим летописям. Объектами изучения являются четвертичные разрезы и озера, расположенные в Восточной Сибири, Монголии, российском секторе Арктики. Временной охват полученных летописей составляет от миллиона лет до столетия. На основе полученных данных строятся пространственно-временные модели изменения климата, ландшафтов и ледников в кайнозое.

Лаборатория хроматографии



Научная специализация: Анализ биотических и абиотических объектов водной экосистемы Байкала и байкальской природной территории с применением современных инструментальных методов анализа ГХ, ГХ-МС, ВЭЖХ, ВЭЖХ-МС:

- определение стойких органических загрязнителей в биологических объектах и природных средах Байкальской природной территории;
- разработка и апробация методик контроля органических загрязнителей в водной экосистеме Байкала на следовом и ультраследовом уровне концентраций;
 - анализ нефти и продуктов ее деформации в водной экосистеме Байкала;
 - исследование механизмов аккумуляции и концентрирования гидрофобных органических веществ биотой Байкала;
 - анализ жирных кислот в байкальской биоте;
 - идентификация природных полиаминов в биогенном кремнезёме и контроль чистоты синтезированных аналогов;
 - идентификация и количественное определение токсинов в экстрактах цианобактерий и обрастаний губок;
 - анализ сложных пептидных смесей;
 - идентификация пигментов в экстрактах губок;
 - разработка и апробация методик контроля содержания биологически-активных веществ в растительном сырье;
 - разработка и апробация методик контроля содержания лекарственных препаратов в готовых лекарственных формах и сыворотке крови.

Группа химии кремнистых наноструктур

Научная специализация: Изучение закономерностей формирования упорядоченных органических, неорганических и композитных структур в живой природе с использованием моделирования *in vitro* и экспериментов *in vivo*; создание новых химических средств и подходов для изучения живых организмов на молекулярном и супрамолекулярном уровне; разработка новых материалов на основе биоинспирированных подходов; конвергенция современных технологий с "конструкциями" живой природы.

3. Научно-исследовательская инфраструктура

Исследования Института на озере Байкал проводятся с использованием четырех научно-исследовательских судов водоизмещением от 42 до 500 т, оборудованных приспособлениями для отбора проб воды, грунта, траловыми лебёдками, эхолотами, автоматизированным пробоотборником (Carausel SBE-32) для отбора проб воды на разных горизонтах (до 2 км) кассетного типа (24 батометра по 5 л), лабораториями для первичного анализа проб воды и гидробионтов. Автомобильный парк Института состоит из 16 автомобилей, включая внедорожники УАЗ, ГАЗ-66, ГАЗ-330811 (Вепрь). Вездеходная техника представлена гусеничным трактором-тягачом ГАЗ-3403 и четырьмя мотовездеходами Хонда.



Для обеспечения водолазных работ имеется контейнерный водолазный комплекс (КВК) в составе: Барокамера БКД-120Т; компрессор с электроприводом Mariner 250 – E; компрессор с электроприводом PE250-TE-F02; баллоны-воздухохранители для сжатого воздуха БК-100-250 АБ; системы и элементы медицинского отсека контейнера; системы и элементы технического отсека контейнера.

Гидрофизическое и геофизическое оборудование представлено STD зондами для измерения давления, температуры, электропроводности, обратного рассеяния, прозрачности и концентрации кислорода при непрерывном вертикальном зондировании водной толщи до 2 км; акустическим доплеровским профилографом ADP, измерителями скорости течений (MicroADV, InfinityAM USB); измерительным комплексом для мониторинга радона, торона и их дочерних продуктов (Альфарад плюс); многоэлектродной станцией СКАЛА 48; аппаратурой малоглубинного частотного электромагнитного зондирования; малогабаритной буровой установкой ТМ-80.

Институт имеет разнообразное оборудование для комплексного исследования объектов природного и синтетического происхождения в газовом, жидком и твёрдом состоянии:

1. Трансмиссионный и сканирующие электронные микроскопы (LEO 906E, Carl Zeiss, Philips SEM 525-M, Quanta 200), включая зондовую и атомно-силовую микроскопию (СММ 2000), детектор EDAX для элементного анализа.

2. Набор жидкостных хроматографов Милихром, масс-спектрометров и хромато-масс спектрометров, включая системы с матричной лазерной десорбцией/ионизацией (MALDI-TOF, Ultraflex), ионизацией распылением в электрическом поле (ESI) и ионной ловушкой: Agilent, GC 6890, MSD 5973; Agilent HP 1200 Agilent 6210.

3. Газовый хроматограф с пламенно-ионизационным детектором (GC 2010 Plus), портативный газовый хроматограф, газовый хромато-масс спектрометр с тройным квадруполом (GC-МС Triple Quad), газоанализаторы для измерения окислов углерода, азота и серы в воздухе.

4. Ионный хроматограф ICS-3000.

5. Квадрупольный масс-спектрометр Agilent 7500ce с системой лазерной абляции New Wave UP-213 для элементного анализа растворов и твёрдых веществ методом ICP-MS.

6. Установка для исследования растворов наночастиц методами динамического и статического лазерного светорассеяния ЛАД-079.

7. Элементный анализатор общего и органического углерода Vario TOC cube.

8. Лазерный сканирующий (конфокальный) микроскоп LSM 710.

9. ИК и УФ спектрометры, флюориметры.

В составе Института функционирует ЦКП «Ультрамикроанализ» (№ 77542, <http://ckp-irf.ru/ckp/77542/>, <http://lin.irk.ru/about/structure/2016-09-29-04-05-19>), объединяющий наиболее высокотехнологическое оборудование, и уникальная научная установка «Экспериментальный пресноводный аквариумный комплекс байкальских гидробионтов» (ПАК)



(<http://ckp-rf.ru/usu/441551/>, <http://lin.irk.ru/aqua>), обеспечивающая возможность культивирования различных гидробионтов от микроорганизмов до промысловых видов рыб.

В Институте имеются лабораторные помещения, позволяющие проводить работы на современном уровне в областях гидрохимии и аналитической химии, биохимии и молекулярной биологии, синтеза и физикохимии органических, полимерных и композитных материалов.

В составе Института функционируют лаборатории, аккредитованные Федеральной службой по аккредитации:

Лаборатория гидрохимии и химии атмосферы аккредитована на техническую компетентность и независимость, аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.513855 Область аккредитации лаборатории: вода природная (поверхностная, подземная); атмосферные осадки; вода сточная очищенная; вода сточная; вода питьевая; атмосферный аэрозоль (водная вытяжка); атмосферный воздух; почва и донные отложения; отбор проб и пробоподготовка.

Лаборатория водной микробиологии аккредитована в качестве испытательной лаборатории в национальной системе аккредитации, приказ от 14 апреля 2017 г. № Аа-463. Аттестат аккредитации лаборатории водной микробиологии № RA.RU.21ЛИИ02. Область аккредитации: вода питьевая, расфасованная в емкости, вода нецентрализованного водоснабжения, вода природная поверхностная, вода сточная (в т.ч. сточная очищенная), вода, используемая на нефтепромыслах, для заводнения нефтяных пластов, почва. Область аккредитации включает следующие показатели: общее число микроорганизмов (ОМЧ) при 37оС, общее число микроорганизмов (ОМЧ) при 22оС, общие колиформные бактерии (ОКБ), глюкозоположительные колиформные бактерии (ГКБ), колифаги, термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ), споры сульфитредуцирующих клостридий, энтерококки, сальмонеллы, сульфатовосстанавливающие бактерии, общие колиформные бактерии в почве (БГКП).

В лаборатории гидрологии и гидрофизики разрабатываются для нужд Института и сторонних организаций приборы, превосходящие по параметрам известные аналоги:

– автономный ледовый комплекс для исследования характеристик подледного пограничного слоя воды и потоков тепла в ледовом покрове и на границе вода – лёд в зависимости от проникающей солнечной радиации, потока вымораживаемых солей и скорости подледных течений;

– автономная гидрометеорологическая станция;

– инкубатор для культивирования микроорганизмов в микромасштабе.

Можно выделить следующие основные результаты, полученные с интенсивным использованием высокотехнологичного оборудования:

1. С использованием научно-исследовательского флота Института на 20 глубоководных станциях в пелагиали озера выполнены комплексные гидрологические, гидрохимические, гидробиологические исследования. Проанализировано 1850 проб воды, выполнено более



14000 отдельных анализов. На основе большого статистического материала установлено, что межгодовая динамика биогенных элементов, органического вещества в верхнем 200-метровом слое связана с интенсивностью развития фитопланктона, их распределение в водной толще глубже 200 м стабильны и сравнимы с результатами предыдущих лет (1998–2012 гг.). Было проведено исследование внутреннего строения подводных структур Байкала, выполнена идентификация 31 подводной структуры, выделенных по данным многолучевого эхолотирования, съемки дна ГБО, при этом на склоне подводной возвышенности Академический хребет впервые обнаружен район, состоящий из нескольких гидратоносных грязевых вулканов и сипов в виде гряд. Впервые на восточном склоне южной и средней котловин озера выявлены следы падения его уровня на глубины от 36 до 45 м ниже современного уровня, совпадающие с клиноформами и палеопляжем на западном берегу (40–45 м). На основе данных о распределении трития и гидрофизических характеристик выполнено выделение механизмов, вызывающих обновление вод придонной зоны в отдельных котловинах озера. Выяснено, что самую активную роль в обновлении придонных вод в Байкале играет глубинная вынужденная температурная конвекция. Наиболее выражен ее эффект для придонного слоя глубоководной пелагиали (размерами до 200–250 м) и проявляется в заметном (максимально на 0,2оС) понижении температуры воды и повышении концентрации кислорода (максимально на 1,5–2 мг л⁻¹) и концентрации трития (максимально на 1–2 ТЕ).

2. Наличие в Институте аквариального комплекса, оптических (включая конфокальный) и электронных микроскопов, современных хроматографов позволяет выполнять уникальные исследования морфологии и физиологии гидробионтов. Показано, что особенности слуховой чувствительности, ориентации в пространстве и акустического поведения рыб обусловлены особенностями макро- и ультраструктуры их акустического аппарата. У рыб, занимающих разные экологические ниши, отмечена значительная вариация в организации сенсорного слухового эпителия. Показано, что разнородные морфотипы волосковых клеток могут отвечать на частоты разных диапазонов. Сходство ультраструктурных особенностей сенсорного эпителия сиговых рыб природных популяций и полученных методом искусственного оплодотворения в контролируемых условиях свидетельствует о том, что данный признак генетически закреплен. Использование созданных в ЛИН СО РАН специфических флуоресцентных красителей для прижизненной окраски биогенных кремнистых структур позволило проследить начальные стадии ассимиляции кремния диатомовыми водорослями и стадии роста кремнистых спикул губок. На примере *Lubomirskia baicalensis* (Pallas, 1773) показано, что спикулообразование начинается как внутриклеточный процесс и продолжается путём ассимиляции кремния растущей спикулой и её слияния с обогащёнными кремнием склероцитами. Дана оценка содержания трех классов стойких органических загрязнителей (фталатов, полициклических ароматических углеводородов, полихлорированных бифенилов и хлорорганических пестицидов) в пелагиали озера Байкал на современном этапе.



3. С помощью находящейся в Институте платформы массового параллельного секвенирования (Roche 454) проведены работы по чтению полных геномов и метагеномные исследования сообществ водных организмов. Определена последовательность нуклеотидов ядерного генома пеннатной бесшовной диатомовой водоросли *Synedra acus*. Проведены поиск и структурно-функциональная аннотация генов в ядерном геноме *S. acus*. Результаты секвенирования и аннотации доступны по ссылке <http://lin.irk.ru/sacus>. Опубликовано серия работ по молекулярно-филогенетическому и функциональному анализу отдельных генов *Bacillariophyta* и более широкого круга одноклеточных эукариот. Исследовано разнообразие бактерий и архей в разных типах геологических структур на дне Байкала. Доминирующие флотилы бактериальных сообществ относятся к нескольким космополитным таксонам, а их ближайшие гомологи включены в циклы преобразования жидких и газообразных углеводов. Археи представлены 5 филумами, среди которых выявлены последовательности новой ANME-2d клады (*Euryarchaeota*), осуществляющих нитратзависимое анаэробное окисление метана (АОМ). Анализ архей показал, что практически во всех слоях осадка, доминируют представители филы *Thaumarchaeota*, являющиеся автотрофными аэробными окислителями аммония, широко распространенные в почвах, морских и пресных экосистемах.

4. Общая площадь опытных полей, закрепленных за учреждением. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»

Информация не предоставлена

5. Количество длительных стационарных опытов, проведенных организацией за период с 2013 по 2015 год. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»

Информация не предоставлена

6. Показатели деятельности организаций по хранению и приумножению предметной базы научных исследований

Научные коллекции:

1. Беспозвоночных (*Amphipoda*, *Gastropoda*, *Turbellaria*, *Trichoptera*) озера Байкал и некоторых других водоёмов мира.

Включает 3500 единиц хранения, в 2013-2015 гг. пополнена на 357 единиц.

2. Диатомовых водорослей Байкальского региона, в том числе копия коллекции бентосных диатомовых водорослей, собранная совместно с британскими учеными по проекту «Дарвиновская инициатива».

Включает 1260 единиц хранения.

3. Микроорганизмов озера Байкал.

Включает 5000 единиц хранения, в 2013-2015 гг. пополнена на 300 единиц.



4. Архив кернов донных осадков.

Включает 380 единиц хранения, в 2013-2015 гг. пополнена на 90 единиц.

В Институте создана и размещена в сети Интернет постоянно пополняемая интегрированная База данных о Байкале (www.lin.irk.ru и lin.irk.ru/kb/web). Помимо современных данных База содержит сведения из ранее зарегистрированных БД:

1. Фактографическая база данных по гидрохимии оз. Байкал (Гидрохимия оз. Байкал). Свидетельство №960019 (15.07.1996 г.)
2. Библиографическая база данных "Байкал" (ББД "Байкал"), Свидетельство №960018 (15.07.1996 г.)
3. Фактографическая база данных по фитопланктону оз. Байкал (ФБД "Фитопланктон оз. Байкал"), Свидетельство №970045 (12.05.1997 г.)
4. Мониторинг популяции байкальской нерпы (БД "Нерпа"), Свидетельство №980050 (16.01.1998 г.)
5. Единая информационно-поисковая система знаний о Байкале (Банк знаний "Байкал"), Свидетельство №980004 (16.01.1998 г.)
6. Атмосферные аэрозоли Восточной Сибири (БД "Аэрозоли"), Свидетельство №990012 (10.03.1999 г.)
7. Гидрометеорологические характеристики акватории озера Байкал (БД "Гидрометеорологические характеристики Байкала"), Свидетельство №2000620083 (21.11.2000 г.)
8. Температура водной толщи озера Байкал (БД "Температура воды Байкала"), Свидетельство №2000620082 (21.11.2000 г.)
9. Микроорганизмы озера Байкал (БД "Микроорганизмы Байкала"), Свидетельство №2000620013 (23.02.2000 г.)
10. Бактериопланктон реки Енисей (БД "Бактериопланктон Енисея"), Свидетельство №2000620012 (23.02.2000 г.)
11. Гидрохимия реки Енисей (БД "Гидрохимия Енисея"), Свидетельство №2000620011 (23.02.2000 г.)
12. Современное гидрохимическое состояние пелагиали Байкала (БД "Гидрохимия пелагиали Байкала"), Свидетельство №2000620007 (21.02.2000 г.)
13. Прозрачность и показатель ослабления света байкальских вод (БД "Прозрачность"), Свидетельство №2002620040 (12.03.2002 г.)
14. Скорость звука в природных водах на примере озера Байкал, Свидетельство №2004620095 (22.04.2004 г.)
15. Гидрохимическая характеристика р. Селенги, ее дельты и Селенгинского мелководья оз. Байкал (БД "Гидрохимия Селенги и авандельты"), Свидетельство №2005620248 (29.09.2005 г.)
16. Бактериопланктон р. Селенги, ее дельты и барьерной зоны Селенгинского мелководья оз. Байкал (БД "Бактериопланктон Селенги и ее дельты"), Свидетельство №2006620011 (10.01.2006 г.)



17. Гидрохимическая характеристика рек Южного Байкала (БД "Гидрохимия рек Южного Байкала"), Свидетельство №2007620379 (31.10.2007 г.)
18. Зоопланктон реки Енисей, Свидетельство №2008620100 (15.02.2008 г.)
19. Морфо-биологические характеристики байкальского омуля (БД "Байкальский омуль"), Свидетельство №200620116 (04.02.2008 г.)
20. Санитарно-бактериологические показатели качества воды акватории озера Байкал, Свидетельство №2009620013 (11.01.2009 г.)
21. Нуклеотидные последовательности микроорганизмов пресноводных экосистем, Свидетельство №2012621004 (28.09.2012 г.)
22. Пузырьковые выходы газа озера Байкал (БД "Байкал метан"), Свидетельство №2015621626 (03.10.2015 г.)

7. Значение деятельности организации для социально-экономического развития соответствующего региона

1. На основе многолетне-сезонных наблюдений Института составляются государственные доклады в области охраны природной среды и озера Байкал Минприроды Иркутской обл. и респ. Бурятия. Основными разделами этих докладов являются гидрохимические характеристики оз. Байкал, р. Селенги, гидрологические и гидрофизические параметры Байкала, экологические изменения прибрежной зоны, запасы омуля, накопление стойких органических загрязнителей в Байкале, распределение и состав атмосферных выпадений в Центральной экологической зоне Байкальской природной территории.

2. Институт ведет многолетние хоздоговорные работы по комплексному экологическому мониторингу территорий, на которых размещены объекты нефте- и газодобычи на территориях (площадь более 40000 кв. км) в Иркутской области и республики Саха (Якутия).

3. Проводятся регулярные работы по режимному обследованию подводного кабельного перехода ВЛ 35 кВ Сахюрта-Хужир, имеющего важное социально-экономическое значение для Иркутской обл. и развития о. Ольхон.

4. По заказам предприятий и населения выполняются химические, биологические и санитарно-бактериологические анализы питьевой воды, поверхностных и подземных вод, атмосферных осадков, атмосферных аэрозолей, очищенных сточных вод, в аккредитованных лабораториях сертифицированными методами.

5. Предложена методика рекультивации карт накопителей от деятельности Байкальского целлюлозно-бумажного комбината (БЦБК). В данных картах находится более 6.2 млн т отходов от деятельности комбината, в основном в виде взвеси продуктов деструкции лигнина. Несмотря на полную остановку производства на БЦБК, данные отходы не были утилизированы и представляют опасность как в связи с постепенным просачиванием в Байкал, так и с угрозой катастрофического загрязнения Байкала в случае разрушения хранилищ отходов в результате опасных геологических процессов – землетрясений и селей.



В 2013 г. Институтом выполнены работы по "Проведению инженерных изысканий в целях подготовки проектной документации для реализации мероприятий по ликвидации негативного воздействия на окружающую среду отходов, накопленных в результате деятельности Байкальского целлюлозно-бумажного комбината (БЦБК)". При выполнении данных работ использованы патенты Института на "Способ рекультивации карт-шламонакопителей предприятий по производству беленой сульфатной целлюлозы" № 2526983; "Способ обезвреживания отбельных стоков целлюлозно-бумажного производства" № 2050333; "Способ получения органоминерального удобрения" № 2086521; "Органоминеральное удобрение" № 2144014.

6. В постоянном контакте с Западно-Байкальской природоохранной прокуратурой, Иркутским отделением Росприроднадзора и другими федеральными органами ведётся контроль за объектами, характеризующимися повышенной антропогенной нагрузкой на оз. Байкал. В 2015 г. по просьбе межведомственной прокуратуры и органов Росприроднадзора Институтом принималось участие в плановых выездных проверках по выявлению нарушений природоохранного законодательства в центральной зоне озера Байкал. С 2014 г. Институт на постоянной основе оказывает услуги Восточно-Сибирскому ЛУ МВД России на транспорте по проведению экспертных исследований для правоохранительных органов. В частности, выполнялись ихтиологические экспертизы. Результаты всех экспертных работ, выполненных Институтом, отличаются высоким качеством и полностью признаются судами.

7. Институт является единственной организацией, способной выполнять работы по гидроакустическому учёту поголовья омуля – главной промысловой рыбы оз. Байкал. Данные работы проводились в 2011 и 2015 гг., запланированы на 2018 г. в рамках ФЦП "Охрана озера Байкал и социально-экономическое развитие Байкальской природной территории на 2012- 2020 годы".

8. В Институте разработана технология промышленного производства байкальской питьевой воды (Патент № 2045478), на основе которой функционирует ряд предприятий (ООО "Вода Байкала", ООО "Аква", ООО "Аква Байкал", ООО "Байкальская вода", ООО "Основа", ООО "Живая вода") и проектируются новые.

9. В виде дней «Открытых дверей», экскурсий, популярных лекций ведётся эколого-просветительская работа среди школьников и студентов по популяризации знаний о Байкале, научно-исследовательской работе Института и труде ученого. Регулярно оказываются услуги по проведению мероприятий по популяризации знаний об озере Байкал, включая лекции по современному состоянию экосистемы оз. Байкал с использованием научно-исследовательских судов Института (более 20 договоров в 2013-2015 гг.).

10. В 2013-2015 гг. 204 студента ВУЗов Иркутска проходили практику в лабораториях Института, из них 52 выполняли дипломные работы, 12 человек были трудоустроены в Институт по окончании обучения. В аспирантуре ЛИН СО РАН обучались от 20 до 25 человек в год, из них 10 были трудоустроены в Институт по окончании обучения.



11. Научно-исследовательские суда ЛИН СО РАН используются для прохождения производственной практики курсантами Иркутского техникума речного и автомобильного транспорта (20 чел. в 2013-2015 гг.). В период с ноября по январь (до ледостава на оз. Байкал) НИС «Академик В.А. Коптюг» выполнял роль аварийно-спасательного судна на Байкале.

12. По заказам АО Иркутскэнерго проводятся работы по контролю абиотических параметров Иркутского водохранилища.

8. Стратегическое развитие научной организации

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук (ЛИН СО РАН) является многопрофильным междисциплинарным современным научным институтом, проводящим исследования в области лимнологии и смежных отраслей, включая гидрохимию, гидрологию, гидрофизику, классическую и молекулярную биологию, микробиологию, биохимию, палеолимнологию, геологию, геоморфологию, аналитическую и физическую химию, биогеохимию. Работы, выполняемые в ЛИН СО РАН, направлены не только на мониторинг текущего состояния окружающей среды, но и на понимание механизмов функционирования живых организмов и природных систем, на создание новых практически ценных продуктов, включая лекарственные вещества, биоинспирированные материалы, методические разработки по воспроизводству рыбных запасов. ЛИН СО РАН, благодаря высокому уровню проводимых исследований и авторитету в научном и экспертном сообществе, активно участвует в работах в регионах, удалённых от оз. Байкал, включая Арктику и Антарктику, экологическом мониторинге в интересах нефтяной и газовой промышленности, гидроэнергетики. Важность и уникальность исследований, выполняемых в ЛИН СО РАН, обусловлена, в существенной степени, особенностями основного объекта – оз. Байкал, который благодаря сочетанию обширной прибрежной зоны (более 2000 км) и нахождению основных водных запасов в глубоководной области (средняя глубина более 700 м) является своеобразной моделью океана. Флот, приборная база, кадровый потенциал ЛИН СО РАН, его расположение в непосредственной близости от оз. Байкал позволяют проводить широкий комплекс исследований, актуальных и для арктической зоны России.

Высокие антропогенные нагрузки в условиях происходящих в современный период значительных изменений климата оказывают влияние на процессы в гидросфере Земли. Происходит снижение ресурсного потенциала, прежде всего крупных водоемов, текущее и стратегическое значение которых исключительно важно. Изменения климата и антропогенные нагрузки проявляются в повышении среднегодовой температуры воздуха, увеличении масштабов береговой эрозии, поступлении в водоемы органических веществ и биогенных элементов с водосборной территории, изменении состава атмосферного аэрозоля, а также потоков парниковых газов. Особое внимание в настоящее время уделяется изучению основных факторов, обуславливающих процессы глобального изменения при-



родной среды и климата. На водные экосистемы все большее влияние оказывают антропогенные факторы, в частности, загрязнение вод углеводородными экотоксикантами, тяжелыми и редкими металлами и хозяйственно-бытовыми сточными водами. Свыше 72% сточных вод, подлежащих очистке (13,8 куб. км), сбрасываются в водные объекты недостаточно очищенными, 17% (3,4 куб. км) – загрязненными без очистки и только 11% (2 куб. км) – очищенными до установленных нормативов. Общий объем забора (изъятия) водных ресурсов из природных водных объектов в Российской Федерации составляет 80 куб. км в год. В экономике ежегодно используется около 62,5 куб. км воды. В Российской Федерации актуальность данной проблемы подтверждается на правительственном уровне Указом Президента РФ № 899 от 07.07.2011 г., где приоритетными являются мониторинг и прогнозирование состояния окружающей среды, и распоряжением Правительства РФ от 28.12.2010 №2452-р, которым утверждена Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года.

Озеро Байкал – самое глубокое озеро в мире, включающее 20 мировых и около 90% российских запасов поверхностных вод на планете. Сохранение Байкала, как мирового источника чистой пресной воды, и как природного участка с уникальной фауной и флорой, является главной природоохранной задачей и важнейшим условием устойчивого развития Байкальского региона. Берега озера Байкал представлены уникальными ландшафтами, требующими своего сохранения в естественном виде согласно Конвенции об охране всемирного культурного и природного наследия ЮНЕСКО и законодательства Российской Федерации. За последние 5-6 лет, по данным Лимнологического института, в литоральной зоне Байкала вблизи населенных пунктов и туристических комплексов отмечается аномальное развитие нитчатых водорослей. Между тем не такие масштабные, но все-таки аномальные изменения отмечаются на участках побережья, находящихся вдали от населенных пунктов. Фиксируется массовое вымирание эндемичных видов байкальских губок, происходят изменения в видовом составе зоопланктона и зообентоса, с вселением видов несвойственных Байкалу. Изменения в видовом составе биоты Байкала проходят на фоне крайне низкого уровня озера и теплых, во многом аномальных, климатических условий. Безусловно, все эти изменения уже сейчас имеют неблагоприятное воздействие на социально-экономическую ситуацию Байкальского региона. Это снижение имиджа Байкала как чистейшего водоема мира и его туристического потенциала, проблемы гидроэнергетического сектора, снижение запасов основного промыслового вида – байкальского омуля и перспективы введения запрета на его вылов, падение уровня грунтовых вод в прибрежных территориях и многое другое. Все это требует безотлагательных мер по детальному и многоплановому исследованию причин и возможных последствий данной перестройки экосистемы Байкала. При этом очевидно, что требуется существенная модернизация методов этих исследований, с упором на получение непрерывной информации с высоким временным разрешением об изменениях параметров среды обитания и биоценозов озера.



Современные глобальные климатические изменения, возрастающая антропогенная нагрузка на Байкальскую природную территорию, необходимость поиска новых путей развития производства и общества обуславливают целесообразность усиления научного потенциала ЛИН СО РАН путём создания на его основе Национального исследовательского института (далее – Институт).

Научная деятельность Института актуальна для решения вызовов, стоящих перед Россией и ее регионами в следующих направлениях. 1 – геополитическое, одним из глобальных вызовов настоящего времени является нехватка континентальных водных ресурсов. В этой ситуации могут возникать трансграничные споры по действиям, влияющим на функционирование водохозяйственных объектов, расположенных на территории России. Например, снижение стока и качества вод р. Селенги (обеспечивающей 50% водного баланса Байкал) в результате постройки гидротехнических сооружений на ее монгольском участке. Исследования будут скоординированы с сетевой платформой стран БРИКС по направлению «Водные ресурсы и борьба с загрязнением: Технологическая платформа по устойчивому развитию в области экологии», курируемому Россией. 2 – социально-экономическое, выработка рекомендаций и научно-методического обоснования при планировании развития социально-экономического потенциала территорий на основе освоения водных и биологических ресурсов озер, рек и водохранилищ. 3 - экологическое, разработка методов оценки и обеспечения экологической безопасности освоения водных и биологических ресурсов крупных пресноводных водоемов, знаковых для России и мирового наследия. 4 - научное, сохранение лидирующих позиций России в области фундаментальных исследований по наукам о Земле и биологическим наукам. 5 - технологическое, разработка технологий инструментального и дистанционного мониторинга и контроля состояния крупных озер и водохранилищ, разработка методических основ по искусственному воспроизводству и гибридизации рыбных ресурсов.

В Институте выполняются исследования по следующим проблемам приоритетных направлений ПФИ ГАН: VI.50. «Биология развития и эволюция живых систем», VI.51. «Экология организмов и сообществ», VI.55. «Биохимия, физиология и биосферная роль микроорганизмов», VI.61. «Биофизика, радиобиология, математические модели в биологии, биоинформатика», IX.134. «Поверхностные и подземные воды суши – ресурсы и качество, процессы формирования, динамика и механизмы природных и антропогенных изменений; стратегия водообеспечения и водопользования страны». Стратегия развития Института включает развитие фундаментальных исследований по перечисленным выше направлениям с акцентом на исследования механизмов биологического видообразования с использованием как классических, так и новейших методов, в том числе геномики, протеомики, биоинформатики; разработку и применение новых, более точных методов химического анализа и физических измерений. Будут развиваться исследования в области палеоклиматологии для предсказания климатов будущего. Кроме того, будет проводиться комплексное изучение механизмов образования и деградации углеводородов – газа и нефти. Будут



развиваться работы по биотехнологии для получения новых биологически активных и других полезных веществ. Будут проводиться исследования по молекулярной биологии силифицирующих организмов – диатомовых водорослей и губок, направленные на расшифровку механизмов морфогенеза их кремнистых опорных структур и на создание новых наноустройств и наноматериалов.

Стратегия развития Института направлена на исследования в четырех направлениях.

1. Направление «Структура и функционирование экосистем крупных пресноводных водоемов». Разделы направления: 1.1. Многолетняя изменчивость состояния и биопродуктивности крупных водоемов Евразии. 1.2 Сезонная, межгодовая и многолетняя изменчивость параметров сообществ гидробионтов. 1.3. Экологические закономерности формирования структурно-функциональной организации пресноводных экосистем. 1.4. Экологический мониторинг и механизмы влияния естественных и антропогенных факторов на структурно-функциональную организацию пресноводных экосистем, модели и прогнозы их изменения. 1.5. Пространственное распределение сообществ гидробионтов и их биологические характеристики в зонах седиментации, циркуляционных полях течений, зонах смешения разнотипных водных масс, прибрежных участках. 1.6. Комплексные исследования Байкала с использованием высокоточных методов анализа с целью оценки состояния экосистемы озера и возможного накопления экотоксикантов по пищевым цепям.

2. Направление «Потоки вещества и энергии в пресноводных водоемах». Разделы направления: 2.1. Пространственно-временные масштабы гидрофизических явлений, влияющих на перенос вещества и энергии. 2.2. Газогеохимия среды пресноводных водоемов, потоки парниковых газов. 2.3. Трансформация природных и загрязняющих веществ в воде, трофической сети и донных отложениях водоемов. 2.4. Продукция/деструкция органического вещества и связанные с ней потоки биогенных веществ. 2.5. Генезис и палеореконструкции эволюции озерных экосистем. 2.6. Исследование динамики атмосферного аэрозоля и газовых составляющих в нижней атмосфере различными методами в климатических и синоптических масштабах. 2.7. Исследование дальнего переноса аэрозоля и оценка его влияния на формирование региональных особенностей природной среды. 2.8. Развитие методов биогеохимической индикации и мониторинга качества воды и экологического статуса озер и водохранилищ. 2.9. Моделирование переноса вещества и энергии в оз. Байкал. 2.10. Барьерные зоны смешивания озерных и речных вод. 2.11. Исследование углеводородов различного генезиса в озере Байкал, оценка условий и механизмов их формирования и деградации в зависимости от геологических обстановок, определение роли биологических сообществ в этих процессах. 2.12. Разработка новых методов и моделей для оценки и прогнозирования изменений составляющих теплового, водного и углеродного баланса, речного стока, гидрологического цикла Байкала и его бассейна.

3. Направление «Биологическое разнообразие и биопродуктивность». Разделы направления: 3.1. Молекулярно-генетическая экология, эволюция и биоинвазии живых систем. 3.2. Биологическое и генетическое разнообразие распространенных, редких, эндемичных



и криптических видов гидробионтов разнотипных крупных водоемов. ДНК-штрихкодирование. 3.3. Адаптационные способности и симбиотические связи биоты в водоемах и водотоках разных природных зон. 3.4. Состав, механизмы формирования, метаболический и биотехнологический потенциал микробных и вирусных сообществ пресных водоемов. 3.5. Устойчивость пресноводных видов и сообществ к экстремальным климатическим и антропогенным воздействиям. 3.6. Идентификация и исследование генов, играющих определяющую роль в адаптации байкальских организмов к изменениям окружающей среды в процессе видообразования: анализ изменчивости пространственных структур РНК и белков. 3.7. Развитие экспериментальных и теоретических методов анализа нелинейной информации, содержащейся в кодирующих и не кодирующих участках хромосом; создание индивидуально ориентированных моделей генетических процессов в популяциях взаимодействующих организмов для выявления связи микро- и макроэволюционных процессов в формировании устойчивых сообществ беспозвоночных Байкала. 3.8. Исследование жизненных циклов и аутоэкологии в экспериментальных и природных условиях основных первичных продуцентов и доминирующих видов – консументов пелагиали и бентали, определение их адаптивных механизмов к существованию в оз. Байкал. Определение основных факторов, регулирующих взаимодействие в системе продуцент-консумент в озере Байкал. 3.9. Проведение сравнительного анализа состава современных и некоторых ископаемых групп гидробионтов долгоживущих озер Азии и их бассейнов с акцентом на биогеографические связи и спорные проблемы их формирования. 3.10. Исследование механизмов видообразования и адаптаций рыб Байкала на основе анализа данных полногеномного секвенирования, экспрессионного профилирования и с использованием методов функциональной геномики, протеомики, функциональной морфологии, физиологии.

4. Направление «Потенциал биологических и водных ресурсов крупных озер, водохранилищ и рек». Разделы направления: 4.1. Экологическое нормирование антропогенной нагрузки с учетом природных особенностей водных объектов. 4.2 Риски для хозяйственной деятельности, стратегии социально-экономического развития регионов с учетом экологически безопасного использования водно-биологических ресурсов. 4.3. Технологии восстановления природных водоемов, подверженных антропогенному воздействию. 4.4. Рациональное природопользование в трансграничных водных объектах. 4.5. Разработка и внедрение в производство новых перспективных технологий и объектов выращивания, получение новых аквакультур. 4.6. Создание новых практически ценных продуктов на основе природного сырья и биоинспирированного синтеза. 4.7. Получение продуцентов биологически активных соединений, организмов биодеструкторов различных углеводов. 4.8. Разработка и внедрение новых методов геномики, пептидомики, биоинформатики в практику здравоохранения и медицинскую промышленность Иркутской области.

Предполагаются следующие научные подразделения Института:

1. Лаборатория гидрохимии, химии атмосферы и раннего диагенеза осадочного вещества: деятельность лаборатории направлена на исследование химического состава природ-



ных вод, речного стока в озеро, переноса вещества в водной толще, потоков вещества из атмосферы, донных отложений, трансформации вещества на барьерных зонах. Изучение биотической и абиотической составляющей растворенных химических элементов и минеральных веществ, поступающих в Байкал и водохранилища Ангарского каскада, включая процессы выветривания и почвообразования на водосборе. Экологическое сопровождение при разработке и добыче полезных ископаемых.

2. Лаборатория гидрологии и гидрофизики. Основные направления лаборатории: экспериментальное и теоретическое изучение гидрологических и гидрофизических процессов в озере Байкал и его бассейне, их роли в круговороте вещества и энергии в водной толще озера; исследование процессов, формирующих водный, тепловой, ледово-термический режим озера, физические характеристики его вод; изучение факторов, участвующих в функционировании всей озерной экосистемы Байкала; исследование влияния глобальных изменений климата на абиотические компоненты экосистемы; изучение проявлений выходов метана со дна Байкала.

3. Лаборатория биогеохимии. Основные направления исследований лаборатории: определение главных факторов формирования биогеоценозов побережья Байкала; разработка методик выделения типов аквальных и наземных прибрежных биогеоценозов в озера Байкал; изучение биогеохимических характеристик основных групп литорального фитобентоса Байкала; составление карт сопряженных береговых наземных и аквальных биогеоценозов Байкала с выделением зон антропогенного влияния; изучение биогеохимических барьеров в миграции элементов в прибрежной зоне Байкала; выявление участков антропогенного влияния на эвтрофикацию литоральной зоны Байкала.

4. Лаборатория палеолимнологии и климатических систем кайнозоя. Тематикой исследований являются палеоклиматические и палеогеографические реконструкции на основе изучения: донных осадков озер и болот; древесных хронологий; наземных отложений и ледников. Создание пространственно-временных моделей изменения климата и ландшафтов Сибири в кайнозое. Прогноз изменений региональных ландшафтов на ближайшую перспективу.

5. Лаборатория геологии Байкала. Исследования лаборатории направлены на геологическое изучение осадочного заполнения байкальской впадины, включая исследование гидратоносных грязевых вулканов, сипов и покмарков, геоморфологическим исследованием дна и горного окружения водосборного бассейна озера Байкал; создание интерактивной электронной карты байкальской впадины; восстановление геологической истории ее развития.

6. Лаборатория дистанционного зондирования Земли. Деятельность лаборатории направлена на изучение наземных и аквальных экосистем Байкальской природной территории и водохранилищ Ангарского каскада ГЭС по данным дистанционного зондирования Земли с использованием геоинформационных систем.



7. Лаборатория моделирования переноса вещества и энергии в оз. Байкал. Создание балансовых динамических моделей потоков энергии и отдельных видов вещества в озере Байкал, процессов трансформации энергии и вещества в экосистеме озера. Математическое моделирование функционирования экосистемы озера Байкал. Оценка параметров жизнедеятельности отдельных видов организмов, их трофических взаимодействий на основе фондовых и новых данных, с использованием балансовых, энергетических и динамических уравнений моделей. Развитие и применение математических методов анализа экспериментальных данных.

8. Отдел ультраструктуры клетки. Основные направления деятельности: Систематика бентосной диатомовой флоры оз. Байкал. Динамика видового состава фитопланктона оз. Байкал, водохранилищ, эстуариев. Динамика трофических маркеров первичных продуцентов оз. Байкал в зависимости от видового состава микроводорослей и в условиях изменения окружающей среды. Систематика и эволюция диатомовой флоры миоцена-плейстоцена Северного полушария. Систематика, экология и распространение хризофитовых водорослей и стоматоцист в современных водоемах и в донных отложениях Евразии. Методы метагеномного анализа для изучения микроорганизмов оз. Байкал. Таксономическое разнообразие, богатство, альго-бактериальные взаимодействия, подледные сообщества, придонные сообщества, деградация основных продуцентов (диатомей) и круговорот Si. Цитология диатомей, исследование механизмов ассимиляции, трансмембранного и внутриклеточного переноса и хранения кремния, участие цитоскелета в морфогенезе видоспецифических кремнистых микро- и наноструктур. Гены и предсказанные белки, потенциально вовлеченные в контроль морфогенеза – филогенетический анализ и иммуноэлектронная визуализация. Эволюция геномов диатомовых водорослей. Горизонтальный и эндосимбиотический перенос генов. Экспериментальная геномика и транскриптомика. Сравнительная геномика и филогеномика. Молекулярные и цитологические механизмы дифференцировки обонятельных рецепторных клеток у животных в связи с действием факторов внешней среды.

9. Лаборатория водной микробиологии. Лаборатория исследует микробные и вирусные сообщества водных экосистем, формирующиеся в водной толще, во льду, на границах раздела фаз вода-воздух, вода-твердые субстраты, в ассоциации с другими гидробионтами. Проводит выделение, идентификацию и описание чистых культур микроорганизмов, изучает ультраструктуру, физиолого-биохимические, генетические свойства, метаболический и биотехнологический потенциал культур и некультивируемых микроорганизмов, исследует роль бактерий и вирусов в круговороте биогенных элементов. Выполняет микробиологическую оценку качества продукции, воды и почвы.

10. Лаборатория микробиологии углеводов. Нацелена на изучение микробных сообществ и их метаболический потенциал в зонах повышенных концентраций углеводов и других соединений в холодноводных экосистемах. Исследование возможных путей окисления углеводов в аэробных и анаэробных условиях, структура функцио-



нальных генов и белков, обеспечивающих данные процессы при низких температурах. Поиск уникальных психрофильных микроорганизмов, участвующих в разложении углеводов при разных геохимических параметрах для возможного использования в практике.

11. Лаборатория ихтиологии. Исследование структурно-функциональной организации высших консументов в экосистеме озера Байкал на основе синтеза данных по их генетико-биохимическому, морфолого-физиологическому, этологическому и экологическому разнообразию. Разработка методов количественного учета пелагических животных как элемента комплексного мониторинга экосистемы озера Байкал (зоопланктон, рыбы) и выбор структурно- и функционально значимых параметров оценки ее состояния. Популяционная биология и микроэволюция высших животных (организация видов): изучение структурированности населения рыб и их кормовых объектов в экосистеме озера Байкал и в водоемах Байкальского региона: выявление биологических и экологических детерминантов, генетических последствий. Структура и динамика ихтиоценозов в экосистеме озера Байкал (организация сообществ): исследование закономерностей сосуществования рыб в экологических системах разного ранга: вид – вид, триотроф, пищевая сеть.

12. Лаборатория водных беспозвоночных. Научная специализация: Изучение биоразнообразия беспозвоночных и водорослей Байкала и других древних озер Земли, а также водоемов Прибайкалья и Забайкалья. Выяснение закономерностей эндемического видообразования, филогенетических и зоогеографических связей байкальской биоты. Исследование экологии сообществ бентоса и планктона. Междисциплинарная оценка современного состояния прибрежной зоны с акцентом на изменения антропогенного характера (эвтрофикация, массовое развитие чужеродных видов и др.). Исследование современного состояния прибрежной зоны озера Байкал с точки зрения многолетней динамики и смены комплексов доминирующих видов гидробионтов, а также факторов их определяющих в условиях широкомасштабных негативных экологических процессов в озере.

13. Лаборатория эволюционной геномики. Направления деятельности: 1) исследование эволюционных процессов с использованием геномных и пост-геномных технологий, изучение молекулярных механизмов адаптаций, детальное исследование эволюционных историй организмов; 2) использование геномных технологий и молекулярно-филогенетических методов для решения задач, касающихся механизмов формирования и функционирования сообществ организмов; 3) развитие методов биоинформатики, направленных на более полный анализ экспериментальных данных, моделирование эволюционных и экологических процессов в условиях быстрых изменений условий окружающей среды.

14. Лаборатория молекулярной экологии. Изучение экологических вопросов с применением молекулярных методов популяционной генетики, молекулярной филогенетики и геномики для оценки биоразнообразия, межвидовых, в том числе симбиотических, взаимоотношений и диагностики видов. Использование метагеномного и транскриптомного анализа байкальских организмов, анализ микросателлитов для определения потока генов



и гибридизации между популяциями, а также анализ изменений в составе симбионтов в ответ на изменения условий окружающей среды.

15. Лаборатория хроматографии. Основные направления деятельности лаборатории: Анализ биотических и абиотических объектов водной экосистемы Байкала и байкальской природной территории с применением современных инструментальных методов анализа ГХ, ГХ-МС, ВЭЖХ, ВЭЖХ-МС: - определение стойких органических загрязнителей в биологических объектах и природных средах Байкальской природной территории; - разработка и апробация методик контроля органических загрязнителей в водной экосистеме Байкала на следовом и ультраследовом уровне концентраций; – анализ нефти и продуктов ее деформации в водной экосистеме Байкала; – исследование механизмов аккумуляции и концентрирования гидрофобных органических веществ биотой Байкала; – анализ жирных кислот в байкальской биоте; – идентификация природных полиаминов в биогенном кремнезёме и контроль чистоты синтезированных аналогов; – идентификация и количественное определение токсинов в экстрактах цианобактерий и обрастаний губок; – анализ сложных пептидных смесей; – идентификация пигментов в экстрактах губок; – разработка и апробация методик контроля содержания биологически-активных веществ в растительном сырье; – разработка и апробация методик контроля содержания лекарственных препаратов в готовых лекарственных формах и сыворотке крови.

16. Лаборатория биомолекулярных систем. Основные направления деятельности Исследования закономерностей формирования упорядоченных органических, неорганических и композитных структур в живой природе с использованием моделирования *in vitro* и экспериментов *in vivo*; создание новых химических средств и подходов для изучения живых организмов на молекулярном и супрамолекулярном уровне; разработка новых материалов на основе биоинспирированных подходов.

Развитие инфраструктуры Института. С целью повышения эффективности комплексных исследований и мониторинга оз. Байкал предлагается формирование сети автоматических подводных и надводных станций регистраций параметров атмосферы и водной толщи Байкала, что позволит перейти от дискретных/разовых наблюдений к квазинепрерывным. Это позволит существенно улучшить понимание процессов, протекающих в акватории Байкала, оперативно реагировать на антропогенное загрязнение, принимать природоохранные меры и строить прогнозные модели изменений параметров водной среды на краткосрочную перспективу. Создание приборного центра коллективного пользования по мониторингу и исследованию таксономического и генетического разнообразия оз. Байкал, в т.ч. на основе определения нуклеотидных последовательностей в воде, планктоне и донных осадках на основе метагеномного анализа. Внедрение высокотехнологичных методов исследования позволит существенно снизить человеческие трудозатраты и повысить оперативность получения фактического материала об изменениях абиотической и биотической составляющих Байкала.



Бюджет Института. Создание новых лабораторий предполагает корректировку базового финансирования государственного задания Института и создание новых гостей. Предполагаемый объем увеличения дополнительного финансирования составит 77 млн руб., в том числе по статье «заработная плата и начисления» составит порядка 24 млн руб. в год.

Модернизация и улучшение приборного центра коллективного пользования по мониторингу и исследованию таксономического и генетического разнообразия оз. Байкал оценивается на уровне 280 млн руб.

Долгосрочными партнерами из бизнес-структур являются компании ПАУ РусГидро, ПАУ Иркутскэнерго, ООО Иркутская нефтяная компания, ОАО Иркутский алюминиевый завод. Сотрудничество с этими компаниями ведется по линии изучения экосистем водохранилищ Ангарского каскада и мониторинга состояния окружающей природной среды и недр с оценкой текущего и фоновых уровней загрязнения на территориях, на которых размещены объекты нефтегазовой индустрии, прикладные исследования в области порошковой металлургии. В сфере образовательной деятельности основными партнерами являются Иркутский государственный университет, Иркутский национальный исследовательский технический университет, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Томский государственный университет, Пермский государственный университет, Новосибирский национальный исследовательский государственный университет. На базе использования научного флота Института осуществляется многолетний международный образовательный проект – плавучий университет «Класс-Байкал». Заключены долгосрочные соглашения о научном сотрудничестве с 30 зарубежными университетами и институтами из Японии, Новой Зеландии, Франции, США, Испании, Польши, Индии, Вьетнама, Южной Кореи, Китая, Лаоса, Алжира, Камбоджи, Индонезии, Малайзии, Таиланда, Филиппин, Монголии, Мьянмы.

Программа развития Института предусматривает создание совместной кафедры «Экологии пресноводных экосистем» с биолого-почвенным факультетом ИГУ, научно-образовательного технологического центра «Геоисследование Байкала», объединяющий ЛИН СО РАН, учебно-научный Центр ЮНЕСКО-МГУ по морской геологии и геофизике при геологическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова, базовую кафедру радиоэлектроники и телекоммуникационных систем (ИРННТУ) и Технологический институт Китами (Япония).

Интеграция в мировое научное сообщество

9. Участие в крупных международных консорциумах (например - CERN, ОИЯИ, FAIR, DESY, МКС и другие) в период с 2013 по 2015 год

ЕАNET – мониторинг кислотных выпадений в Восточной Азии. Организации участники – Азиатский центр исследования кислотных осадков. В программе участвует 13 стран Восточной Азии, в том числе Россия. В рамках программы по соглашению с Росгидрометом



лаборатория гидрохимии и химии атмосферы ЛИН СОРАН представляет Национальный центр данных и контроля качества измерений сети от России. Три станции мониторинга ЛИН СО РАН, расположенные в п. Монды, п. Листвянка, г. Иркутск, ведут наблюдения в рамках единой сети наблюдений за атмосферными выпадениями. Получены многолетние данные по газовым примесям, аэрозолю, атмосферным осадкам на станциях мониторинга в Байкальском регионе, выявлены их источники, сезонная и межгодовая изменчивость. Определены фоновые уровни загрязнения атмосферы в Центральной Азии.

GMOS (Global Mercury Observatory System) – глобальная система мониторинга ртути. Международный проект в рамках программы ЮНЕП с участием ЛИН СО РАН. Организации участники – Институт исследований атмосферных загрязнений (Италия); Агентство охраны природы США; Исследовательский парк Триангл (США); Исследовательский центр им. Гельмгольца (Германия); Метеорологическая станция на мысе Доброй Надежды Южно-Африканской службы погоды; Шведский институт экологических исследований; Университет Сан Пауло (Бразилия); Университет Ка Фоскари (Италия); Институт динамики природных процессов (Италия); Лаборатория гляциологии и геофизики Университета Гренобля (Франция); Отделение наук об окружающей среде Университета Аархус (Дания); Институт им. Йозефа Стефана (Словения); Йоркский университет (Канада); Обсерватория островов Зеленого мыса; Совместный исследовательский центр Испра (Италия); Санкт-Петербургский государственный университет (Россия); Университет Суринама; Институт геохимии, лаборатория экологии и геохимии Китайской академии наук; Институт управления океанскими ресурсами (Индия); Средиземноморский и Атлантический центры Французского института морских исследований; Технологический университет Готенборга (Швеция). ЛИН СО РАН организована станция непрерывного наблюдения за ртутью в атмосферном воздухе и осадках в п. Листвянка, которая вошла в сеть от Азиатской территории РФ. В режиме непрерывного мониторинга получены результаты по суточной сезонной и межгодовой динамике содержания ртути в атмосфере Прибайкалья. Показано, что концентрации ртути в атмосфере составляют фоновые величины, за исключением определенных синоптических ситуаций, когда загрязнения с воздушными массами попадают в Байкал от региональных антропогенных источников.

«Международная ассоциированная лаборатория «Ледниковые архивы данных о климате и окружающей среде». Организации участники – Франция: Национальный центр научных исследований; Комиссариат по атомной и альтернативным видам энергии; Исследовательский институт развития Университет им. Жозефа Фурье; Версальский университет Сен Кантен ан Ивелин; Университет им. Клода Бернара; Россия: Институт географии РАН; Институт ядерной физики им. Б.П. Константинова; Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт; Минерально-сырьевой университет "Горный"; РФФИ. Лаборатории создана для сохранения сотрудничества между Францией и Россией в области изучения ледниковых архивов и объединения усилий специалистов различных сторон в исследованиях, начатых в рамках Европейского научно-исследовательского объединения



«Восток» (2004-2011 гг.). Задачи лаборатории: улучшение понимания механизмов смены ледниковых и межледниковых периодов благодаря новому международному проекту бурения ледникового покрова Восточной Антарктиды, нацеленному на получение ледяного ядра возрастом в последний 1 млн. лет; документирование физических и геохимических характеристик снежных и фирновых слоев для описания их физических свойств; определение естественной изменчивости климатических индикаторов ледяных последовательностей в связи с глобальным потеплением для определения биологических составляющих льда; изучение новых технологий бурения и длительной консервации глубоких ледовых скважин. Вклад ЛИН СО РАН в реализацию проекта: проведение комплексных исследований химического состава и морфологии микрочастиц снежно-фирнового покрова на территории Восточной Антарктиды. Анализ сульфатных профилей позволил построить комбинированную 900-летнюю сульфатную летопись вулканических событий для района станции Восток с высоким разрешением (менее 1 года). По вулканическим маркерам и профилю содержания Na^+ были рассчитаны скорости аккумуляции и установлена их выраженная вариабельность.

Байкальский плавучий университет «Class Baikal». Организации участники – Университет Сарбоны (Франция), Университет Осло (Норвегия), МГУ (Россия), ИрНИТУ (Россия). Статус ЛИН СО РАН – организация соучредитель. Организация научно-образовательного процесса по литолого-геофизическому изучению нефте-газопроявлений в осадочных чехлах на примере озера Байкал.

10. Включение полевых опытов организации в российские и международные исследовательские сети. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»

Информация не предоставлена

11. Наличие зарубежных грантов, международных исследовательских программ или проектов за период с 2013 по 2015 год

Греция, University of Crete; Финляндия, University of Helsinki; Германия, Technical University of Dresden– Проект ERA-NET в 7-ой рамочной программе Европейского союза «Синтез кремнеземных материалов и нанокompозитов биологическим путем на основе интеллектуальных полимеров в качестве матриц» (01.09.2012 – 31.01.2015). Вклад ЛИН СО РАН в реализацию проекта: получение полиакрилатных производных пропиламинов реакцией полиакрилоилхлорида с N,N-диэтил-N'-метилпропан-1,3-диамином и N'-метил-N,N-дипропилпропан-1,3-диамином. При окрашивании композитных микрочастиц флуоресцентным красителем получены новые флуоресцентные частицы для визуализации потоков при гидродинамических испытаниях. Проведена гидрофобизация хитозана, являющегося производным природного полимера хитина. Получены новые термо- и pH-лабильные полимеры, перспективные для синтеза кремнистых нанокompозитов и конструи-



рования более сложных макромолекулярных систем, включая средства доставки лекарственных препаратов.

Корея, Корейский институт полярных исследований – «Проведение научных исследований на озере Байкал» (08.02.2013 – 01.03.2014). Вклад ЛИН СО РАН в реализацию проекта: изучение байкальских экстремофильных микроорганизмов. Проведена совместная работа по апробированию методики культивирования микроорганизмов, ассоциированных с байкальскими губками, с использованием наконечников с минимальной твердой питательной средой. Применение «метода наконечника» позволило получить 34 штамма, представителей пяти филумов: Actinobacteria, Alphaproteobacteria, Betaproteobacteria, Firmicutes и Gammaproteobacteria. При стандартном культивировании выявлено в два раза меньше штаммов (16), относящихся к филумам Betaproteobacteria, Gammaproteobacteria и Firmicutes. Изучено бактериальное разнообразие двух эндемичных губок озера Байкал – ветвистой *Lubomirskia baicalensis* и корковой *Baikalospongia* sp. В микробных ассоциациях исследуемых губок идентифицировано 24 бактериальных филума, среди которых доминировали представители Bacteroidetes, Proteobacteria и Actinobacteria.

Новая Зеландия, Школа биологических наук, Веллингтонский Университет им. королевы Виктории – «Исследование зеленых водорослей озера Байкал» (21.05.14 – 31.12.15). Вклад ЛИН СО РАН в реализацию проекта: исследование генетического разнообразия эндемичных кладофор и их видообразования (гибридизация, полиплоидность, половая несовместимость); оценка текущих условий прибрежной окружающей среды, включая морфологическую и молекулярную идентификацию развивающихся масс зеленых водорослей; анализ разнообразия, определение видов и внутривидовой изменчивости *Ulothrix zonata*; исследование морфологической и генетической вариативности водных лишайников, молекулярная идентификация гриба-хозяина и водоросли-фотобионта.

США, School of Oceanography, University of Washington – «Проведение совместных работ по выделению и анализу органических и неорганических веществ из кремнистых створок диатомей, обитающих в оз. Байкал, для исследования кругооборота кремния в биосфере» (25.05.2011 – н.в.). Вклад ЛИН СО РАН в реализацию проекта: выполнение работ с использованием различных методологических подходов для изучения химического состава кремнистых створок диатомей, включая микроэлементный состав (биогенные элементы, тяжелые металлы), структуру и свойства инкорпорированных в кремнезем органических соединений.

США, Texas Natural Science Center – «Исследование эволюции видов диатомовых водорослей в оз. Байкал» (30.11.11 – 31.12.2015). Вклад ЛИН СО РАН в реализацию проекта: изучение эволюции и экологии диатомей, живущих в Байкале и их родство с диатомеями из близлежащих водоёмов, внутривидовой изменчивости байкальских диатомей, изменчивости популяции внутри каждой котловины и между котловинами Байкала, и генома диатомей.



Финляндия, Финский научно-исследовательский институт леса и рыбоводства – «Организация и проведение XII Международного Симпозиума по Биологии и Менеджменту Сиговых Рыб» (09.06.14 – 30.08.14). Вклад ЛИН СО РАН в реализацию проекта: проведение XII Международного симпозиума по биологии и менеджменту сиговых рыб. Организации участники – ИОГУНБ им. И.И. Молчанова-Сибирского; ИОГен РАН; Лимнологический институт, Австрия; Университет Инсбрука, Австрия; Центр экологии и гидрологии, Великобритания; ИГУ; ООО «ИЦ «Иркутскэнерго»; ИОГен им. Н.И. Вавилова РАН; Байкальский музей ИНЦ СО РАН; Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН; Лимнологический институт, Германия; Университет г. Констанца, Германия; Институт физиологии животных и генетики Чешской академии наук; ИСЭЖ СО РАН; ФГУП «Госрыбцентр»; БФ ФГУП «Госрыбцентр» Россия, Улан-Удэ, Ангаро-Байкальское территориальное управление.

Франция, Национальный музей естественной истории – «Изучение физиологии диатомовых водорослей и других силикатирующих организмов» (14.01.2013 – н.в.). Вклад ЛИН СО РАН в реализацию проекта: выполнение работ с использованием различных методологических подходов для исследования механизма силификации в живых организмах.

Франция, Средиземноморский институт морского и наземного разнообразия и экологии – «Массовая гибель байкальских губок: экологическое расследование беспрецедентного события» (16.03.15 – 31.03.18). Вклад ЛИН СО РАН в реализацию проекта: Морфологическая и генетическая идентификация здоровых и больных губок, микроскопия симбиотического состава фиксированных губок.

Швеция, Университет Лунда – «Генетическая дифференциация в популяциях простейших» (14.12.13 – 20.12.2015). Вклад ЛИН СО РАН в реализацию проекта: проведение поиска динофитовых водорослей в озерах Байкал, Заверняиха и Котокель. На основе отобранных проб получено 10 моноклональных культур вида *Peridinium baicalense* и 20 моноклональных культур вида *Scrippsiella aff. hangoei*, из которых выделена ДНК для дальнейших генетических анализов. В ходе проекта подобраны условия для культивирования эндемичных байкальских водорослей, что открывает возможность для их всестороннего изучения.

Япония, Технологический институт Китами – «Исследование области образования многофазного гидрата метана у дна Байкала» (01.06.09 – 31.03.20). Вклад ЛИН СО РАН в реализацию проекта: поиск новых гидратоносных структур, изучение механизмов образования этих структур и газовых гидратов в них; построение карты распределения газовых гидратов у дна Байкала путём геофизических средств и анализа кернов с осадками, которая в дальнейшем послужит для мониторинга образования/диссоциации газовых гидратов в Байкале. В ходе совместных экспедиционных работ открыты новые районы с приповерхностным залеганием газовых гидратов. Вдоль восточного берега южной котловины озера обнаружены впервые гидраты и новые грязевые вулканы, в одном из которых найдены совместно залегающие газовые гидраты структуры 1 и 2. Открыта новая форма грязевых



вулканов на эрозионных останцах - гребнях на склоне впадин. Уточнены поисковые геолого-геофизические признаки нахождения газовых гидратов в байкальских осадках.

Япония, Университет Кумамото – «Исследование газообмена между поверхностью оз. Байкал и атмосферой» (30.03.11 – 29.05.15). Вклад ЛИН СО РАН в реализацию проекта: совместные исследования с помощью различных методологических подходов механизмов продукции байкальскими водорослями метилсернистых соединений (диметилсульфид, диметилсульфоксид и др.) и их роли в физиологии клеток различных видов водорослей, а также потоков этих веществ в атмосферу; измерение *in situ* содержания диметилсульфида, метилмеркаптана в атмосферном воздухе, пропионата диметилсульфида в воде Байкала в период массового размножения фитопланктона озера в марте - апреле и августе – сентябре. Получены первые уникальные данные по продуцированию метилсернистых соединений планктонными водорослями Байкала. Обычно продуцирование органических сернистых соединений производится морскими водорослями. Байкал пока единственный пресный водоем, где найдены водоросли, продуцирующие эти соединения.

Япония, Факультет передовых наук Токийского университета – «Исследование байкальских гидробионтов» (21.07.14 – 31.07.18). Вклад ЛИН СО РАН в реализацию проекта: сбор материала для исследования соотношения стабильных изотопов С и N в доминирующих представителях бентосных сообществ заплесковой и мелководной зон озера Байкал; специальные исследования доминирующих гидробионтов заплесковой и мелководной зон – макрофитов, губок, турбеллярий, олигохет, амфипод, моллюсков, насекомых и т.д.; изучение бентосных сине-зеленых водорослей и их функциональная роль в азотном цикле бентосных пищевых цепей; сравнение полученных результатов с более ранними данными для обнаружения возможных процессов эвтрофикации. Проведено три совместных экспедиции по Южному Байкалу. Собрано более 150 проб водорослей, губок, олигохет и других групп беспозвоночных для анализа стабильных изотопов N и C. Обобщены сведения по данному показателю за период 1999-2006 гг.

НАУЧНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ОРГАНИЗАЦИИ

Наиболее значимые результаты фундаментальных исследований

12. Научные направления исследований, проводимых организацией, и их наиболее значимые результаты, полученные в период с 2013 по 2015 год

Направление VI.50. «Биология развития и эволюция живых систем»

1. Опубликованы два атласа-определителя пеннатных бентосных диатомовых водорослей озера Байкал, в которых с помощью методов сканирующей электронной микроскопии проведена ревизия семейства CYMBELLACEAE и описано несколько новых родов. С помощью сканирующей электронной микроскопии проведена ревизия семейства Naviculaceae в оз. Байкал, описано 3 новых рода, из 193 обнаруженных видов и внутриви-



довых таксонов 65 – новые. В миоцен-плиоценовых отложениях Прибайкалья выявлено 86 видов диатомовых водорослей, среди которых 4 - новых; в водоемах и отложениях Евразии описано 150 морфотипов стоматоцист хризофитовых водорослей, из них 30 - новых. Разработаны методы синтеза флуоресцентных производных биогенных полиаминов, аналогичных обнаруженным в кремнистых створках диатомей. Полученные соединения специфически окрашивают растущие створки диатомей и спикулы кремнистых губок. Использование новых красителей позволило проследить начальные стадии ассимиляции кремния диатомеями. Культивирование кремнистых губок и примморф в присутствии меченных полиаминов впервые открывает возможность надёжно идентифицировать спикулы, растущие в ходе эксперимента.

2. На основании результатов анализа данных о последовательностях полных митохондриальных геномов и полиморфизма участков ядерной и митохондриальной ДНК байкальских эндемиков реконструированы их эволюционные истории. Дивергенция губок *Lubomirskiidae* произошла в период Миоцена, основные этапы кладогенеза приходятся на 2,5 и 0,5 млн. лет и совпадают с периодами сильного похолодания. Возраст наиболее раннего общего предка пелагических ракообразных составил: 1,8-1,3 млн. лет для *M. branickii*, 0,6-0,4 млн. лет для *E. baicalensis* и 0,3-0,2 млн. лет для *C. kolensis*. Подтверждено наличие двух периодов быстрого кладогенеза (мультифуркации) в пределах рыб рода *Coregonus*: появление 3 млн. лет назад основных клад и 1,5 млн. лет назад основных клад группы «истинных» сигов; выявлены сайты сегрегации популяций и видов в пределах родов *Batrachocottus* и *Comerphorus*; показана роль посттранскрипционной регуляции экспрессии генов мтДНК как фактора, способствующего разделению большой голомянки на две генетические группы.

3. Проведен анализ симбиотической эукариотической микробиоты губок и рыб. Доминирующими эндосимбионтами байкальских губок *L. baicalensis* и *B. bacillifera* являются водоросли рода *Choricystis* (Eukaryota; Viridiplantae; Chlorophyta; Trebouxiophyceae), характеризующиеся присутствием дополнительных продолжительных (600-900 п.н.) интронов в гене 18S rRNA. Определен состав микробного сообщества *L. baicalensis*, представленного филами Cyanobacteria, Verrucomicrobia, Proteobacteria, Bacteroidetes и Planctomycetes, показано, что при поражении губки происходит существенная смена его состава и структуры; проведен анализ генов поликетидсинтаз (PKS). Оценено разнообразие и филогенетическое положение прокариотических фотосимбионтов, ассоциированных с губками семейства *Lubomirskiidae*; проведена идентификация T4-подобных бактериофагов (T4-like viruses) в *L. baicalensis* на основе фрагмента гена основного капсидного белка g23. Определено генетическое разнообразие диплонад у лососевидных рыб оз. Байкал; обнаружен новый генотип *Spironucleus barkhanus*, специфичный для представителей рода *Coregonus*. Определен состав микрофлоры пищеварительного тракта лососевидных рыб с разными пищевыми стратегиями на примере байкальского омуля и черного байкальского хариуса, и близкородственных керчаковых рыб с идентичными условиями обитания на примере



большой и малой голомянок. Выявлены представители аллохтонной и автохтонной микробиоты, общие и отличающиеся для разных видов рыб. Кроме того, проведен анализ ассоциированной микрофлоры пищеварительной системы малой голомянки *Comerphorus dybowski*. Определены таксоны культивируемых гетеротрофных микроорганизмов, характерных для язвенных проявлений на внешних покровах рыб: представители родов *Aeromonas*, *Shewanella*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium*, *Janthinobacterium* и *Pseudomonas*. Доля потенциальных патогенов, представителей родов *Aeromonas*, *Shewanella*, *Acinetobacter* и *Pseudomonas*, описанных как возбудители сочетанных инфекций водных организмов, составила 39-50%. Анализ разнообразия представителей этих родов у рыб из водоемов Восточной Сибири выявил широкий спектр видов - возбудителей заболеваний холодно-кровных и теплокровных организмов, включая человека.

Статьи и РИД:

1. Annenkov V.V., Basharina T.N., Danilovtseva E.N., Grachev M.A. Putative silicon transport vesicles in the cytoplasm of the diatom *Synedra acus* during surge uptake of silicon. // *Protoplasma*. – 2013. – V. 250. – P. 1147–1153. IF=2,723; Информационно-аналитические системы научного цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ; DOI: 10.1007/s00709-013-0495-x

2. Usoltseva M., Kocielek J. P., Khursevich G. Three new species of *Alveolophora* (*Aulacoseiraceae*, *Bacillariophyceae*) from Miocene deposits in western North America. // *Phycologia*. – 2013. – V. 52(1). – P. 109–117. IF=2,262; Информационно-аналитические системы научного цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ; DOI: 0.2216/12-022.1

3. Maikova O., Khanaev I. Belikov S. Sherbakov D. Two hypotheses of the evolution of endemic sponges in Lake Baikal (*Lubomirskiidae*) // *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*. – 2015. – V.53, № 2. – P. 175-179. IF=1,821; Информационно-аналитические системы научного цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ; DOI: 10.1111/jzs.12086

4. Teterina V.I., Mamontov A.M., Sukhanova L.V., Kirilchik S.V. Signs of Selection in Synonymous Sites of the Mitochondrial Cytochrome b Gene of Baikal Oilfish (*Comerphoridae*) by mRNA Secondary Structure Alterations // *BioMed Research International (J. of Biomedicine and Biotechnology)*. – 2015. – Article ID 387913. – 8 pages. IF = 2,149; Информационно-аналитические системы научного цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ; DOI: 10.1155/2015/387913

5. Белькова Н.Л., Суханова Е.В., Деникина Н.Н., Дзюба Е.В. Патент на изобретение № 2514668 «Способ мультиплексной детекции представителей родов *Aeromonas* и *Flavobacterium*». Заявка №2012147068/10, 06.11.2012 – 2014.

Направление VI.51. «Экология организмов и сообществ»

Исследование прибрежной зоны в 2013-2015 гг. выявило значительные изменения в структуре и количественных характеристиках практически всех составляющих биоты:



1. В фитобентосе отмечена смена доминантных видов и увеличение их биомассы. В масштабах всего озера обнаружено массовое развитие несвойственных для Байкала водорослей рода *Spirogyra*, которые освоили не менее 50% побережья озера. Пик развития приходился на сентябрь-октябрь. Сырая биомасса спирогиры (min – 11 г/м², max – 652 г/м²) сравнима либо превышает значения, характерные для байкальских водорослей первого растительного пояса. Ранее на глубинах 0,5-1 м формировал скопления *Ulothrix zonata* – 21,4 г/м² (Ижболдина, 1990). Круглогодичная вегетация спирогиры отмечена в двух районах: зал. Листвяничный и мелководье р. Тья – бух. Сеногда, где они внедрились в открытое озеро до 20 м. Впервые зарегистрирована осенняя смена доминирующего вида урезовой зоны *Ulothrix zonata* на *Stygeoclonium tenue* в масштабах всего озера. Количественно оценены береговые выбросы водорослей в трех котловинах озера. Наиболее массово водоросли развивались на севере в районе р. Тья. Расчетная масса выброшенных на берег скоплений около 1400 т при длине вдоль береговой линии >10 км, > 90% этой массы составляли представители рода *Spirogyra*. Концентрация фосфатов в водах р. Тья после сброса стоков г. Северобайкальска возросла почти в 100 раз, что свидетельствует о том, что основной причиной массового развития водорослей являлось избыточное поступление биогенов со сточными водами.

2. В зообентосе выявлено поражение и гибель эндемичных байкальских губок всех экологических форм (корковых, глобульных, ветвистых) на глубинах до 20 м. Особи ветвистой *Lubomirskia baikalensis* повреждены в 30-100% случаев (50 погружений). В пятнах поражения на 90-95% доминируют цианопрокариоты 2–3 видов. Начальная стадия отмирания (деформация наружной поверхности) в 50-80% исследованных случаев предшествует заселению ее цианопрокариотами. Обнаружены береговые выбросы мертвых брюхоногих моллюсков, представленные как не эндемиками (62-100%), так и эндемиками. Максимальная численность раковин достигала 11667±5402 экз./м², среди которых преобладали (76%) лимнеиды среднего размера (10-20 мм). Выбросы приурочены к местам массового развития спирогиры (Сеногда, Заречный, Максимиха).

3. Выявлены негативные изменения в планктоне озера. Анализ структуры и количественных показателей фитопланктона показал, что численность мелкоклеточных видов рода *Chlamydomonas Ehrenberg* в последние годы резко возросла (максимальная до 7 млн кл./л). Ранее (1975-1990 гг.) эти водоросли в составе планктона не регистрировались, в единичных количествах были найдены в начале 2000-х гг. В заметном количестве (от 4 до 7 тыс. кл./л) встречались и другие показатели органического загрязнения воды – эвгленовые. В прошлом эвгленовые отмечались в составе планктона единично. На станциях, прилегающих к населенным пунктам, особенно в районе п. Култук, гг. Слюдянка, Байкальск, Северобайкальск и др., были обильны донные нитчатые водоросли рода *Spirogyra Link*. Здесь же в весенний период 2013 г. отсутствовали (или были представлены единичными экземплярами) водоросли «байкальского комплекса»: считавшиеся эндемиками озера *Aulacoseira baicalensis* (K. Meyer) Sim., *Cyclotella baicalensis* Skv., *Stephanodiscus*



meyeri Genkal et Popovsk., а также спорообразующая форма *A. islandica* (O. Müll.) Sim., – присутствующие в фоновых районах озера. Структурные изменения в фитопланктоне и доминирование мелкоклеточных видов свидетельствует об эвтрофировании прибрежной зоны озера. Оценены изменения видовой структуры и количественных показателей зоопланктона мелководья Северного Байкала в условиях обильного развития *Spirogyra* Link. Образование огромного количества детрита (95% спирогира) негативно повлияло на зоопланктон, что выразилось в отсутствии фауны планктона на расстоянии до 10 м от уреза, сокращении его численности и гибели (до 60 %) ракообразных на расстоянии 20–350 м от уреза; перестройкой структуры – выпадении коловраток, доминировании циклопов и отсутствии фильтраторов из ветвистоусых. Большое содержание детрита, с одной стороны, выступает механическим барьером для проникновения кислорода из атмосферы, с другой стороны, поглощает кислород из воды, при этом коловратки как наиболее требовательные к кислороду организмы из планктона исчезают.

Статьи и монографии:

1. Тимошкин О.А., Попова О.В., Лухнев А.Г., Зайцева Е.П. Фауна и особенности распределения микротурбеллярий заплесковой зоны озера Байкал с описанием новых видов рода *Opisthocystis* (Plathelminthes, Turbellaria, Kalyptorhynchia) // Зоологический журнал. – 2014. – Т. 93, № 3. – С. 412–425. IF=0,163; Информационно-аналитические системы научного цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ; DOI: 10.7868/S0044513414030167
 2. Bondarenko N.A., Malnik V.V., Vishnyakov V.S., Rozhkova N.A., Gorshkova A.S., Sinyukovich V.N., Timoshkin O.A., Matveev A.N. Modern State of the biota of the Selenga River Delta (Lake Baikal Basin) under conditions of unstable hydrological regime. Report 1. Microbial Community and Algae // Hydrobiological Journal. – 2015. – V. 52. – P. 17–29. Информационно-аналитические системы научного цитирования: Web of Science, Scopus; DOI: 10.1615/HydrobJ.v52.i1.20
 3. Timoshkin O.A., Bondarenko N.A., Volkova Ye.A., Tomberg I.V., Vishnyakov V.S., Malnik V.V. Mass Development of Green Filamentous Algae of the Genera *Spirogyra* and *Stigeoclonium* (Chlorophyta) in the Littoral Zone of the Southern Part of Lake Baikal // Hydrobiological Journal. – 2015. – V. 51(1). – P. 13–23. Информационно-аналитические системы научного цитирования: Web of Science, Scopus; DOI: 10.1615/HydrobJ.v51.i1.20
 4. Proviz V. Comparative analysis of karyotypes of *Chironomus solitus* Linevich et Erbaeva, 1971 and *Chironomus anthracinus* Zetterstedt, 1860 (Diptera: Chironomidae) from East Siberia. // Comparative Cytogenetics. – 2015. – V. 9, № 2. – P. 237–248. IF=1,338; Информационно-аналитические системы научного цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ; DOI: 10.3897/CompCytogen.v9i2.4702
 5. Оболкина Л.А. Планктонные инфузории озера Байкал. – Новосибирск: Наука, 2015. – 231с. ISBN 978-5-02-019182-2. (Формат 70x108/16, тираж 300 экз.)
- Направление VI.55. «Биохимия, физиология и биосферная роль микроорганизмов»



1. В природных экосистемах более 95-99% бактерий существуют в виде биопленок – специфически организованных микробных сообществ, образование и функционирование которых представляет сложный, строго регулируемый биологический процесс. Получена коллекция гетеротрофных микроорганизмов из биопленок, сформированных на границе разделов фаз вода-воздух и вода-твердый субстрат. Показано, что гетеротрофные бактерии, изолированные из биопленок, развивающихся на горных породах и в поверхностном слое, активно продуцируют широкий спектр внеклеточных ферментов и метаболитов. Штаммы биопленок твердых субстратов обладали преимущественно протеолитической и амилолитической активностями. Установлена высокая устойчивость к УФ-облучению представителей филой Firmicutes, которые также проявляли множественную антимикробную активность, подавляя рост патогенных микроорганизмов. Учитывая, что байкальские микроорганизмы обитают в экстремальных условиях холодного и глубокого олиготрофного водоема, они обладают высоким адаптивным потенциалом, который позволяет им эффективно запускать различные механизмы к выживанию, выраженные в активной репарации ДНК, в способности инициировать процессы спорообразования, в высокой ферментативной и антагонистической активностях.

2. Бактериофаги – самые многочисленные организмы в водоемах, они влияют на разнообразие и численность бактерий, регулируют круговорот веществ и энергии в водных экосистемах и перспективны для использования в медицине. Из проб, отобранных в озере Байкал, изолирован новый бактериофаг PaBG способный инфицировать штамм *Pseudomonas aeruginosa* PAO1 – факультативный патоген человека, вызывающий госпитальные инфекции с устойчивостью к широкому спектру антибиотиков. Бактериофаг PaBG отнесен к семейству миовирусов (Myoviridae) – фагов с сократимым хвостом. Диаметр головки фага составил 136 нм, длина хвоста – 220 нм согласно данным трансмиссионной электронной микроскопии. Методом NGS определен полный геном бактериофага, состоящий из двухцепочечной ДНК длиной 258,139 bp и содержащий 308 открытых рамок считывания.

3. Цианобактерии синтезируют огромное количество вторичных метаболитов разнообразной химической структуры, синтез значительной части которых, включая токсины опасные для жизни и здоровья людей и соединения, перспективные в биомедицинском отношении, осуществляется мультиферментными комплексами, состоящими из нерибосомных пептид-синтетаз (NRPS) и поликетидсинтаз (PKS). Методами секвенирования нового поколения (NGS) показано высокое таксономическое и генетическое разнообразие цианобактерий, авто- и гетеротрофных бактерий в микробиомах биопленок твердых субстратов, нейстона и планктона. С помощью маркеров к генам синтеза цианотоксинов, входящим в кластеры *mcu* (микроцистины) и *sxt* (сакситоксин и его аналоги), в природных популяциях озера Байкал выявлены цианобактерии родов *Anabaena* и *Microcystis*, содержащие гены синтеза гепатотоксичных микроцистинов и нейротоксичного сакситоксина, и продуцирующие эти токсины в концентрациях, не превышающих предельно допустимых



по нормативам ВОЗ. В культурах цианобактерий и *in situ* обнаружены кластеры генов, кодирующие синтез фармакологически активных пептидов: аеругинозинов (aer) и анабе-нопептилидов (apd) – ингибиторов сериновых протеаз, в частности, тромбина и трипсина. С использованием методов ЖХ-МС идентифицировано около 50 вариантов токсинов цианобактерий.

Статьи:

1. Sorokovikova E.G., Belykh O.I., Gladkikh A.S., Kotsar O.V., Tikhonova I.V., Timoshkin O.A., Parfenova V.V. Diversity of cyanobacterial species and phylotypes in biofilms from the littoral zone of Lake Baikal // *J. Microbiology*. – 2013. – V. 51, № 6. – P. 757–765. IF=1,529; Информационно-аналитические системы научного цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ; DOI: 10.1007/s12275-013-3240-4

2. Гладких А.С., Калюжная Ок.В., Белых О.И., Ан Т.С., Парфенова В.В. Анализ бактериального сообщества двух эндемичных видов губок из озера Байкал // *Микробиология*. – 2014. – Т. 83, № 6. – С. 1–12. IF=0,754; Информационно-аналитические системы научного цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ; DOI: 10.7868/S0026365614060068

3. Jung D., Seo E-Yo., Epstein S.S., Joung Yo., Han Ja., Parfenova V.V., Belykh O.I., Gladkikh A.S., Ahn T.S. Application of a new cultivation technology, I-tip, for studying microbial diversity in freshwater sponges of lake Baikal, Russia // *FEMS Microbiol Ecol*. – 2014. – V. 90, V.2. – P. 417–423. IF=4,087; Информационно-аналитические системы научного цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ; DOI: 10.1111/1574-6941.12399

4. Белых О.И., Гладких А.С., Сороковикова Е.Г., Тихонова И.В., Бутина Т.В. Идентификация токсичных цианобактерий в озере Байкал // *ДАН*. – 2015. – Т. 463, № 3. – С. 349–353. IF=0,358; Информационно-аналитические системы научного цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ; DOI: 10.7868/S0869565215210227

5. Белых О.И., Гладких А.С., Тихонова И.В., Кузьмин А.В., Могильникова Т.А., Федорова Г.А., Сороковикова Е.Г. Идентификация цианобактерий продуцентов паралитических токсинов моллюсков в озере Байкал и водохранилищах реки Ангары // *Микробиология*. – 2015. – Т. 84, №. 1. – С. 120–122. IF=0,754; Информационно-аналитические системы научного цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ; DOI: 10.7868/S0026365615010036

Направление VI.61. «Биофизика, радиобиология, математические модели в биологии, биоинформатика»

1. Методы полногеномного и метагеномного анализа применены для изучения микроорганизмов озера Байкал. Изучено таксономическое разнообразие сообществ бактерий и эукариотических микроводорослей фотического слоя в весеннее-летний и зимний периоды в озере Байкал и генетическое разнообразие и структура бактериальных и цианобактериальных сообществ губок озера Байкал.

2. Разработана методика идентификации N-концевой аминокислотной последовательности белков с использованием 4-бромфенилизотиоцианата. Методика использована для идентификации предсказанных (по мРНК) N-концевых последовательностей 4-х зрелых



силикатеинов, входящих в состав кремнистой спикулы эндемичной байкальской губки *Lubomiskia baicalensis*.

3. Обнаружено и охарактеризовано явление изменения специфичности транспортных РНК в митохондриях байкальских амфипод, исследованы перестройки порядка генов в эволюции этих геномов. Изучены популяционные структуры ряда байкальских беспозвоночных. Обнаружены серьезные расхождения между результатами, полученными на основании сравнения митохондриальных и ядерных маркеров. Методы математического моделирования использованы для поиска механизмов этих явлений.

Статьи:

1. Sherbakov D., Panchin Yu., Baranova A. Extracting Evolutionary Insights Using Bioinformatics. // International Journal of Genomics (Comparative and Functional Genomics). – 2013. – 376235. – P. 1–2. IF=2,032; Информационно-аналитические системы научного цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ; DOI: doi.org/10.1155/2013/376235

2. Khabudaev K.V., Petrova D.P. Grachev M.A. Likhoshway Ye.V. A new subfamily LIP of the major intrinsic proteins // BMC Genomics. – 2014. – Vol. 15. – P. 173. IF=4,360; Информационно-аналитические системы научного цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ; DOI: 10.1186/1471-2164-15-173

4. Kravtsova L.S., Izhboldina L.A., Khanaev I.V., Pomazkina G.V., Rodionova E.V., Domysheva V.M., Sakirko M.V., Tomberg I.V., Kostornova T.Ya., Kravchenko O.S., Kupchinsky A.B. Nearshore benthic blooms of filamentous green algae in Lake Baikal // Great Lakes Research. — 2014. — Т. 40. — P. 441–448. IF=2,050; Информационно-аналитические системы научного цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ; DOI: doi.org/10.1016/j.jglr.2014.02.019

2. Bashenkhayeva M.V., Zakharova Yu.R., Petrova D.P., Khanaev I.V., Galachyants Yu.P., Likhoshway Ye.V. Sub-ice Microalgal and Bacterial Communities in Freshwater Lake Baikal, Russia // Microb. Ecol. – 2015. – V. 70, № 3. – P. 751–765. IF=3,560; Информационно-аналитические системы научного цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ; DOI: 10.1007/s00248-015-0619-2

5. Галачьянц Ю.П., Захарова Ю.Р., Петрова Д.П., Морозов А.А., Сидоров И.А., Марченков А.М., Логачева М.Д., Маркелов М.Л., Хабудаев К.В., Лихошвай Е.В., Грачев М.А. Определение нуклеотидной последовательности полного генома бесшовной пениатной диатомеи *Synedra acus* subsp. *Radians* из озера Байкал // Доклады академии наук. – 2015. – Т. 461, №3. – С. 348–352. IF=0,358; Информационно-аналитические системы научного цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ; DOI: 0.7868/S0869565215090248

Направление IX.134. «Поверхностные и подземные воды суши – ресурсы и качество, процессы формирования, динамика и механизмы природных и антропогенных изменений; стратегия водообеспечения и водопользования страны"

1. Анализ современных изменений притока воды в Байкал показал снижение поверхностного притока воды в озеро с 1996 г. и усиление асинхронности колебаний стока рек.



В последние годы приток воды в Байкал был на 20-30% ниже среднемноголетних значений. Впервые проведены исследования пелагических апвеллингов на основе анализа их количественных характеристик. Оценены вертикальные, горизонтальные и временные их масштабы, величина понижения температуры воды и скорость подъема вод. Площадь апвеллингов в Среднем и Южном Байкале находилась в пределах 9-12%, в Северном - 24% от площади всей водной поверхности. Апвеллинг обеспечивает приток в трофогенный слой озера около 85 тыс. т нитратов и около 4,2 тыс. т. фосфатов, что составляет от 7 до 30% биогенных элементов, необходимых для продуцирования первичного органического вещества в озере. Анализ микроэлементного состава вод речных притоков Южного Байкала, вод подземных горизонтов, поступающих в озеро, ювенильных вод источников показал, что он зависит от геологического строения ложа рек. Бытовые стоки многочисленных отелей и ресторанов в п. Листвянка поступают напрямую в подземные горизонты. Отсутствие влияния атмосферного кислорода и ультрафиолетового облучения приводит к поступлению вод с высоким концентрациям аммиака и соединений фосфора и содержанием чуждой симбиотным организмам литорали микрофлоры. Выборочная проверка выявленных электроразведкой участков подземных вод с повышенной минерализацией показала антропогенное влияние, как на химический состав вод, так и на санитарно-микробиологические характеристики. Биогеохимические характеристики аквальных биогеоценозов отличаются для участков побережья с различной степенью антропогенной нагрузки.

2. С 2013 по 2015 гг. на основе данных многолучевого эхолотирования, съемки дна гидролокатором бокового обзора с профилографом, а также геологического опробования в совместных экспедициях с Институтом технологий г. Китами (Япония) открыто 13 гидратоносных структуры. Комплексное изучение этих структур позволило определить механизмы образования гидратных холмов и покмарка. Образование «гидратных холмов» на дне озера Байкал включает две стадии. На первой стадии происходит формирование монолитных слоев гидрата вблизи поверхности дна по фильтрационной модели. На второй – в результате экзогенных подводных процессов происходит смещение осадочного материала, приводящее к неравномерному растворению (эрозии) гидратного слоя. Многократное повторение этих процессов в конечном итоге обуславливает холмистый рельеф гидратного слоя на поверхности дна. Доказано, что площади приповерхностного залегания газовых гидратов в зоне сипов в несколько раз больше, чем в районах грязевых вулканов.

3. На основе изменчивости видового состава хирономид в озерных донных осадках и прироста годичных колец лиственницы сибирской были разработаны трансферные математические модели, позволяющие выполнять количественную реконструкцию летних температур для высокогорных районов Забайкальского края (Кодарский и Коларский хребты) и Бурятии (Восточный Саян). Для последних 850 лет определено, что наиболее сильное снижение летних температур было в ~1550-1710 гг. В отличие от Европы изменчивость летних температур в Восточной Сибири была очень контрастной, с перепадами в несколько градусов. Создан мультитемпоральный каталог ледников бассейна р. Левая



Сыгыкта, Кодар. Анализ разновременных данных показал, что суммарная открытая площадь исследованных ледников уменьшилась с 10,167 км² в 1850 г. до 3,917 км² в 2013 г. Наиболее высокая скорость абсолютной дегляциации наблюдалась в 1995–2001 гг., а самая низкая – в 1850–1995 гг., при этом до 1995 г. она мало менялась. Положительные аномалии баланса массы ледников во время Малого ледникового периода были в 1750–1800 гг. (Восточный Саян) и в 1825–1865 гг. (Байкальский хребет). Неблагоприятные климатические условия для сохранения ледников Восточного Саяна наблюдались в 1840–1900 гг., 1910–1920 гг. и после 1995 г., а на Байкальском хребте – в 1790–1810 гг., 1860–1890 гг., 1910–1920 гг., 1945–1975 гг. и после 2005 г.

Статьи:

1. Khlystov O., De Batist M., Shoji H., Nachikubo A., Nishio S., Naudts L., Poort J., Khabuev A., Belousov O., Manakov A., Kalmychkov G. Gas hydrate of Lake Baikal: Discovery and varieties // *Journal of Asian Earth Sciences*. – 2013. – V. 62, № 1. – P. 162–166. IF=3,190; Информационно-аналитические системы научного цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ; DOI: doi.org/10.1016/j.jseaes.2012.03.009
2. Aslamov I.A., Kozlov V.V., Kirillin G.B., Mizandronev I.B., Kucher K.M., Makarov M.M., Gornov A.Yu., Granin N.G. Ice-water heat exchange during ice growth in Lake Baikal // *Journal of Great Lakes Research*. – 2014. – V. 40, № 3. – P. 599–607. IF=2,050; Информационно-аналитические системы научного цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ; DOI: doi.org/10.1016/j.jglr.2014.06.004
3. De Jonge C., Stadnitskaia A., Hopmans E.C., Cherkashov G., Fedotov A., Damste Jaap-S. S. In situ produced branched glycerol dialkyl glycerol tetraethers in suspended particulate matter from the Yenisei River, Eastern Siberia // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – 2014. – V. 125. – P. 476–491. IF=4,993; Информационно-аналитические системы научного цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ; DOI: doi.org/10.1016/j.gca.2013.10.031
4. Minami H., Nachikubo A., Sakagami H., Yamashita S., Soramoto Y., Kotake T., Takahashi N., Shoji H., Pogodaeva T., Khlystov O., Khabuev A., Naudts L., De Batist M. Sequentially sampled gas hydrate water, coupled with pore water and bottom water isotopic and ionic signatures at the Kukuy mud volcano, Lake Baikal: ambiguous deep-rooted source of hydrate-forming water // *Geo-Marine Letters*. – 2014. – № 34. – С. 241–251. IF=2,286; Информационно-аналитические системы научного цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ; DOI: 10.1007/s00367-014-0364-4
5. Troitskaya E., Blinov V., Ivanov V., Zhdanov A., Gnatovsky R., Sutyryna E., Shimaraev M. Cyclonic circulation and upwelling in Lake Baikal // *Aquatic Sciences*. – 2015, № 77. – P. 171–182. IF=3,164; Информационно-аналитические системы научного цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ; DOI: 10.1007/s00027-014-0361-8



13. Защищенные диссертационные работы, подготовленные период с 2013 по 2015 год на основе полевой опытной работы учреждения. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».

Информация не предоставлена

14. Перечень наиболее значимых публикаций и монографий, подготовленных сотрудниками научной организации за период с 2013 по 2015 год

В отчетном периоде всего опубликовано 4 монографии, 392 статьи, из них в Web of Science – 278, Scopus – 245, РИНЦ – 381

Монографии:

1. Сутурин А.Н., Замалетдинов Р.С., Секерина Н.В. Месторождения нефритов / Под ред. И.С. Ломоносова. – Иркутск: Изд-во ИГУ. – 2015. – 377с. ISBN: 978-5-9624-1278-8. (Формат 60x90/16, тираж 300 экз.)

Статьи:

1. Хлыстов О.М., Нишио Ш., Манаков А.Ю., Сугияма Х., Хабуев А.В., Белоусов О.В., Грачев М.А. Опыт картирования кровли приповерхностных газовых гидратов озера Байкал и извлечение газа из них // Геология и геофизика. – 2014. – Т. 55, № 9. – С. 1415–1425. IF=1,274; Информационно-аналитические системы научного цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ; DOI: 10.1016/j.rgg.2014.08.007

2. Khodzher T.V., Golobokova L.P., Osipov E.Yu., Shibaev Yu.A., Lipenkov V.Y., Osipova O.P., Petit J.R. Spatial-temporal dynamics of chemical composition of surface snow in East Antarctica along the Progress station–Vostok station transe // The Cryosphere. – 2014. – № 8. – P.931–939. IF=5,591; Информационно-аналитические системы научного цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ; DOI: 10.5194/tc-8-931-2014

3. Vet R., Artz R.S., Carou S., Shaw M., Ro C.-U., Aas W., Baker A, Bowersox V.C., Dentener F., Galy-Lacaux C., Hou A., Pienaar J.J., Gillett R., Forti. M.C., Gromov S., Hara H., Khodzher T., Mahowald N.M., Nickovic S., Rao P. S. P., Reid N.W. A global assessment of precipitation chemistry and deposition of sulfur, nitrogen, sea salt, base cations, organic acids, acidity and pH, and phosphorus // Atmospheric Environment. – 2014. – V. 93. – P. 3–100. IF=3,780; Информационно-аналитические системы научного цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ; DOI: 10.1016/j.atmosenv.2013.10.060

4. Osipov E.Yu., Osipova O.P. Mountain glaciers of southeast Siberia: current state and changes since the Little Ice Age // Annals of Glaciology. – 2014. – V. 55(66). – P. 167–176. IF=2,572; Информационно-аналитические системы научного цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ; DOI: 10.3189/2014AoG66A135

5. Osipov E.Yu. , Khodzher T.V., Golobokova L.P., Onischuk N.A., Lipenkov V.Y., Ekaykin A.A., Shibaev Y.A., Osipova O.P. High-resolution 900 year volcanic and climatic record from the Vostok area, East Antarctica // The Cryosphere. – 2014. – № 8. – P. 843–851. IF=5,591;



Информационно-аналитические системы научного цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ; DOI: 10.5194/tc-8-843-2014

6. De Jonge C., Stadnitskaia A., Hopmans E.C., Cherkashov G., Fedotov A., Streletskaya I.D., Vasiliev A.A., Sinninghe Damste J.S. Drastic changes in the distribution of branched tetraether lipids in suspended matter and sediments from the Yenisei River and Kara Sea (Siberia): Implications for the use of brGDGT-based proxies in coastal marine sediments // *The Cryosphere*. – 2015. – № 165. – P. 200–225. IF=4,870; Информационно-аналитические системы научного цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ; DOI: 10.1016/j.gca.2015.05.044

7. Chebykin, E.P., Gorbarenko S.A., Stepanova O.G., Panov V.S., Goldberg E.L. Geochemical multielement signatures of glacial and interglacial facies of the Okhotsk Sea deepwatersediments during the past 350 kyr: A response to global climate changes at the orbital and millennial scales // *Paleoceanography*. – 2015. – № 30. – P. 303–316. IF=4,039; Информационно-аналитические системы научного цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ; DOI: 10.1002/2014PA002718

8. Potemkina T.G., Potemkin V.L. Sediment load of the main rivers of Lake Baikal in a changing environment (east Siberia, Russia) // *Quaternary International*. – 2015. – № 380–381. – P. 342–349. IF=2,383; Информационно-аналитические системы научного цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ; DOI: 10.1016/j.quaint.2014.08.029

9. Fedotov A. P., Trunova V.A., Enushchenk I.V., Vorobyeva S.S., Stepanova O.G., Petrovskii S.K., Melgunov M.S., Zvereva V.V., Krapivina S.M., Zheleznyakova T.O. A 850-year record climate and vegetation changes in East Siberia (Russia), inferred from geochemical and biological proxies of lake sediments // *Environmental Earth Sciences*. – 2015. – V. 73, № 11. – P. 7297–7314. IF=2,013; Информационно-аналитические системы научного цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ; DOI: 10.1007/s12665-014-3906-1

10. Semenov M.Y., Zimnik E.A. A three component hydrograph separation based on relationship between organic and inorganic component concentrations: a case study in Eastern Siberia, Russia // *Environmental Earth Sciences*. – 2015. – V.73, № 2. – P. 611–620. IF=2,013; Информационно-аналитические системы научного цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ; DOI: 10.1007/s12665-014-3533-x

15. Гранты на проведение фундаментальных исследований, реализованные при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Российского гуманитарного научного фонда, Российского научного фонда и другие

За отчетный период на базе ЛИИ СО РАН было выполнено 60 проектов РФФИ, общее финансирование которых составило более 40800 тыс. руб.

1. РФФИ № 11-05-00140-а «Гидролого-морфологические процессы в устьях рек, впадающих в Байкал, и их влияние на режим озера» (2011-2013 гг., 1010 тыс. руб.)

Природный комплекс устьевых областей рек (УОР) формируется в результате сложных устьевых процессов, которые могут оказывать влияние как на режим прибрежной зоны, так и режим самого водоема. В последние десятилетия в устьевых областях рек Байкала,



как и многих рек мира, происходят изменения устьевых процессов. Изучение этих изменений (тенденций стока воды и наносов, колебаний уровня воды, затопления дельт, просадки грунта и тектонического погружения дельт, оценки распределения стока воды и наносов по рукавам, баланса наносов в дельтах, оценки выноса наносов на устьевое взморье и т.д.) с учетом антропогенного влияния, глобального и особенностей регионального изменения климата позволило в рамках проекта РФФИ проследить развитие устьев и оценить масштабы изменений в устьевых областях рек Байкала, оценить современное состояние и определить перспективы дальнейшего развития, оценить влияния устьевых процессов на режим оз. Байкал. Результаты проекта важны и полезны в целях рационального использования и охраны устьев рек и самого Байкала.

2. РФФИ № 11-05-00438-а «Термодинамические и конвективные режимы глубоких природных вод на примере озер Байкал, Восток (Антарктида) и подледного океана на Европе (спутник Юпитера)» (2011-2013 гг., 815 тыс. руб.)

Рассматривается слой подледного океана Европы толщиной в 500 бар пресной воды, вода появляется при 273.84 бара при Земных условиях, 20.58 км при условиях Европы (расчеты Feistel (1995) совпадают с нашими расчетами). Также совпадает пересечение кривых льда Tice, температуры максимальной плотности Tmd, температуры плавления льда Tmelt = Tfresh, температуры океана Tos, равное -2.062оС. В данном случае можно судить о температурном конвекционном режиме в подледном океане Европа, как это происходит на озере Байкал. Конвективный обмен в непосредственно зоне температуры максимальной плотности Tmd велик, часто здесь бывают отрицательные знаки у термической частоты плавучести, что бывает на озере Байкал, но, а в подледном океане Европы это проявляется еще сильнее. Этим объясняется Conataga Chaos и другие эффекты. Примеры даны здесь в Земных условиях.

3. РФФИ № 11-05-00713-а «Эволюция оледенения и климата Байкальской горной области в позднеледниковье и голоцене» (2011-2013 гг., 1175 тыс. руб.)

Проведены полевые и дистанционные геоморфологические исследования ледникового рельефа и отложений в восьми ключевых районах Байкальской горной области (БГО), получены их космогенно-изотопные (^{10}Be , ^{26}Al) и радиоуглеродные датировки. Выявлено три разновозрастных генерации конечных морен, относящиеся к Последнему Ледниковому Максимуму (ПЛМ, 20 тыс. л.н.), Позднему Дриасу (ПД, 11-12 тыс. л.н.) и Малому Ледниковому Периоду (МЛП, 500-150 л.н.). С помощью ГИС построены пространственные модели ледников на временные срезы ПД и МЛП, рассчитаны высоты границ питания ледников и реконструированы вертикальные профили баланса массы. По данным космогенно-изотопного датирования ледниковых форм в бассейнах рр. Фролихи и Томпуды (Баргузинский хребет) разработана модель позднеледниковой дегляциации. На основе палеогляциологических данных рассчитаны летняя температура, атмосферные осадки и ледниковый сток: во время ПД при 25-50% сокращении осадков летняя температура снижалась на 3,7-7,8 °С (Восточный Саян) и 4,2-5,8 °С (Байкальский хребет). Установлено,



что во время МЛП при снижении летней температуры на 1°C осадки уменьшались на 22%, при этом суммарная годовая абляция составляла 1470-2730 мм, а талый ледниковый сток был в 1,4-2,2 раза больше современного. По результатам изучения кернов озерных и торфяных отложений, древесно-кольцевых хронологий получены высокоразрешающие климатические летописи охватывающие временной интервал до 8 тыс.

4. РФФИ № 12-05-31268 «Изменчивость гидрометеорологических процессов на Байкале под влиянием климатических воздействий» (2012-2013 гг., 700 тыс. руб.)

В результате анализа современных изменений ледово-термических процессов на Байкале и влияния на эти процессы циркуляции атмосферы показано, что усиление зонального переноса воздушных масс в холодный период приводит к более позднему замерзанию и более раннему вскрытию ледяного покрова. С усилением блокирующих перенос механизмов (Сибирский антициклон, Скандинавский антициклон) связаны более суровые зимы. Изменение соотношения между активностью этих групп процессов во времени вызывает внутривековую цикличность ледово-термических процессов.

5. РФФИ № 12-05-33007 «Вопросы географического распространения видов диатомей Байкальского региона в контексте поиска палеонтологических доказательств геологических событий в неогеновом периоде» (2012-2013 гг., 4000 тыс. руб.)

В 2013-14 гг. в рамках реализации данного проекта проведены 3 экспедиции с отбором образцов из керна скважин, пробуренных Байкальским филиалом «Сосновгеология» ФГУП Урангеологоразведка» в Баргузинской долине и Витимском плоскогорье. Организовано бурение скважины мощностью 90 м в Тункинской котловине. Проведено сравнение комплексов доминирующих видов из миоценовых отложений Байкальского региона (оз. Байкал, Витимское плато, Тункинская котловина). Показано, что диатомовая флора каждого водоема обладает резко выраженным эндемизмом, хотя доминирующими видами являются представители одних и тех же планктонных родов *Alveolophora* (*Miosira*), *Actinocyclus*, *Concentrodiscus*, *Aulacoseira*, *Lobodiscus* и *Mesodictiopsis*. Общим видом для палеоводоемов Байкальского региона является эндемик Байкала – *Aulacoseira baicalensis*, который, вероятно, попал в Байкал из водоемов Витимского плоскогорья. Анализ географического распространения видов одного из самых распространенных миоценовых родов Северного полушария *Alveolophora* показал, что из 10 видов этого рода только один вид *A. jouseana* имеет широкое географическое распространение в разновозрастных отложениях миоцена Евразийского континента. Остальные виды имеют локальное распространение. Показана широкая морфологическая вариабельность видов этого рода по структуре ребер, ареолированности лицевой поверхности створки и на загибе, форме двугубых выростов.

6. РФФИ № 13-05-00022 «Реконструкция динамики ледника Перетолчина (Восточные Саяны, Восточная Сибирь) в позднем голоцене на основе высокоразрешающих био-геохимических летописей из донных осадков прогляциального озера» (2013-2016 гг., 1222 тыс. руб.)



В работе исследовались донные осадки прогляциального озера Эхой, питающегося тальми водами ледника Перетолчина. Керна озерных донных отложений изучались с временным разрешением год-сезон рентгенофлуоресцентным анализом с использованием синхротронного излучения в режиме сканирования и традиционного анализа (РФА-СИ-скан, РФА-СИ), методом инфракрасной спектроскопии и цветовой обработкой фотографий керна. Глубинно-возрастная модель кернов строилась на подсчете годовых слоев с контролем модели по анализу распределения активностей изотопов ^{210}Pb , ^{137}Cs , ^{238}U и ^{226}Ra . Динамика ледника рассматривается через интенсивность поставки тальми водами ледника кластогенного материала в озеро. В элементном составе донных отложений выделяются три группы элементов, отображающих периоды смещения переднего края ледника и интенсивность развития аквальной биоты. Первая группа элементов (Ca, K, Ti, Fe и Mn) характеризует поставку кластогенного материала без существенных изменений границ ледника. Вторая группа элементов (Ni, Cu, Br и U) отвечает за интенсивность развития аквальной биоты. Третья группа элементов (Rb, Sr, Zr, Nb, Y и Th) указывает на то, что смещение переднего края ледника было значительным. Существенная деградация ледника началась после 1920 г., однако при этом до 1947 г. отступление его нижней границы было незначительным. С 1947 по 1970 гг. ледник отступал интенсивно. Наиболее быстро этот процесс проходил в период 1953-1970 гг. Устойчиво высокие региональные летние температуры 1938-1970 гг. послужили причиной значительной потери ледником своих объемов и существенного редуцирования его границ. Следующий период устойчивой деградации ледника продолжался с 1980 по 2000 гг. и был синхронен с резким глобальным увеличением температур в Северном полушарии. После 2000 г. темпы деградации ледника снизились. Сравнение полученных данных с другими ледниками Восточной Сибири (Кодарский, Байкальский хр.) показало, что за последнее столетие наибольшую скорость деградации имел ледник Перетолчина.

7. РФФИ № 14-05-00277 «Физико-химические и биологические процессы, регулирующие суточный ход газообмена углеродосодержащих газов, в системе «вода-атмосфера» в литорали южного Байкала» (2014-2016 гг., 1470 тыс. руб.)

Парциальное давление углекислого газа в воде к моменту вскрытия Байкала заметно меньше его парциального давления в атмосфере, и в литорали Южного Байкала поток CO_2 может быть направлен только из атмосферы на водную поверхность. В период открытой воды синхронно с увеличением дневного стока CO_2 наблюдается снижение фотосинтетической активности планктона. По изотопному отношению d^{13}C установлено, что основная доля CO_2 при дневном его стоке из атмосферы сосредоточена в ограниченном слое поверхностной воды. Величина парциального давления метана в поверхностной и придонной воде литорали выше, чем в приливной атмосфере, и его вариации не связаны с суточным ходом. На содержание метана в верхнем слое всей акватории Байкала преимущественное влияние оказывает прибрежная зона и, в особенности, речные выносы растворенного CH_4 .



8. РФФИ № 14-45-04066 «Разработка нового метода оценки вкладов множественных источников в загрязнение территории полициклическими ароматическими углеводородами (Иркутско-Черемховский промышленный узел)» (2014-2016 гг., 175 тыс. руб.)

Разработан новый метод выявления и определения вкладов источников полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в различных природных средах – почвах, снеге, поверхностных и грунтовых водах и донных осадках. Метод основан на представлении смешения выбросов множественных источников ПАУ в качестве двумерной геометрической модели и оценке их вкладов путем решения систем линейных уравнений. В качестве маркера источников ПАУ использованы суммарные концентрации ПАУ, имеющих одинаковую молекулярную массу и характеризующихся сходными физико-химическими свойствами.

9. РФФИ № 15-05-04525 «Горные ледники юга Восточной Сибири: климатические и топографические факторы изменений за последние 160 лет и дальнейшая эволюция в XXI веке» (2015-2017 гг., 1690 тыс. руб.)

По данным дешифрирования снимков Landsat впервые проведена ГИС-каталогизация ледников Восточного Саяна по состоянию на 1850, 1990, 2000 и 2010 гг. Всего каталогизировано 172 ледника общей площадью 18,554 км², с использованием модели SRTM измерены их морфометрические характеристики. Впервые выполнена количественная оценка ледниковой динамики с конца Малого ледникового периода. Установлен отчетливый тренд деградации площади оледенения (на 58%) в 1850-2010 г., при этом ускоренная дегляциация наблюдалась в 1990-2000 гг. (3%/год, в 11 раз выше чем в 1850-1990 гг.). Проведен анализ связи климатических и неклиматических факторов с дегляциацией, установлено соответствие между климатическими трендами и ледниковой динамикой в 1950-2010 гг. С использованием статистической модели реконструирована динамика оледенения в 1890-2010 гг., при этом наиболее быстрое сокращение ледников наблюдалось в 1890-х, 1910-х и 1990-х годах, а в 1930-1950-х, 1970-х и 2000-х гг. имело место незначительное увеличение площади оледенения. Была установлена статистическая связь между сокращением площади ледников и их размерами, уклоном и компактностью. Проведены уникальные многолетние натурные исследования режима ледника №18 (Пик Топографов, Восточный Саян). Выполнен анализ связей между атмосферной циркуляцией и температурным режимом ледниковой зоны Байкальского хребта, синоптические условия летних сезонов 2001-2013 гг. классифицированы по их влиянию на интенсивность ледниковой абляции. Установлено, что наибольшее таяние наблюдается при антициклоническом барическом поле и частных антициклонах, а наименьшее при усилении циклонической активности и затоках арктического воздуха.

10. РФФИ № 15-55-16001 «Пространственно-временные изменения химического состава снежного покрова в Восточной Антарктиде за последние 200 лет и их связь с атмосферной циркуляцией» (2015-2017 гг., 1100 тыс. руб.)



Изучены пространственно-временные особенности химического состава снежно-фирнового покрова Восточной Антарктиды за последние 200 лет. В единый файл объединены результаты химического анализа кернов из 35 скважин и шурфов. Полученные экспериментальные данные используются в гляциоклиматическом моделировании. Изменения интенсивности атмосферной циркуляции в индоокеанском секторе Восточной Антарктиды в XX веке совпадают со сменой циркуляционных эпох в Сибирском секторе северного полушария: усиление интенсивности циркуляции над индоокеанским сектором Восточной Антарктиды соответствует двум зональным циркуляционным эпохам (1935-1962 гг. и 1977-2005 гг.).

16. Гранты, реализованные на основе полевой опытной работы организации при поддержке российских и международных научных фондов. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».

Информация не предоставлена

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Наиболее значимые результаты поисковых и прикладных исследований

17. Поисковые и прикладные проекты, реализованные в рамках федеральных целевых программ, а также при поддержке фондов развития в период с 2013 по 2015 год

ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы», ГК № 2012-1.2.1.-12-000-1013-041 «Исследование динамики популяций байкальских организмов».

В рамках проекта оценен генетический полиморфизм модельных байкальских беспозвоночных. Исследован полиморфизм ядерной ДНК зеленых водорослей *Draparnaldioides simplex* и *Elodea canadensis*. Охарактеризованы EPIC-маркеры (α - и β -субъединицы АТФ-синтазы) эндемичных байкальских видов моллюсков *Baicalia carinata* и *Godlewskia pulchella*, *Maackia herderiana* и амфипод (*Eulimnogammarus olivaceus*, *E. maackii*, *E. vittatus*, *Pallaseopsis kesslerii*, *P. grubii*). Создан алгоритм тестирования репрезентативности выборок фрагментов ДНК и компьютерные модели двух сценариев микроэволюционных процессов в популяциях: при контрастном характере эволюции нейтральных молекулярных маркеров, а также при резких изменениях скорости фиксации нейтральных мутаций. Разработаны инструкция и программное обеспечение для моделей динамики микроэволюционных процессов (<http://www.sherb.lin.irk.ru>). Полученные результаты могут быть использованы для оценки биологических ресурсов природных экосистем, установления эффективных



связей экономического развития и природоохранных мероприятий. Немаловажное значение результаты НИР имеют как для фундаментальной науки, так и для образовательного процесса в ВУЗах при чтении лекционных курсов и проведении практических занятий для студентов.

Внедренческий потенциал научной организации

18. Наличие технологической инфраструктуры для прикладных исследований

Исследования Института на озере Байкал проводятся с использованием четырёх научно-исследовательских судов водоизмещением от 42 до 500 т, оборудованных приспособлениями для отбора проб воды, грунта, траловыми лебёдками, эхолотами, автоматизированным пробоотборником (Carausel SBE-32) для отбора проб воды на разных горизонтах (до 2 км) кассетного типа (24 батометра по 5 л), лабораториями для первичного анализа проб воды и гидробионтов. Автомобильный парк Института состоит из 16 автомобилей, включая внедорожники УАЗ, ГАЗ-66, ГАЗ-330811 (Вепрь). Вездеходная техника представлена гусеничным трактором-тягачом ГАЗ-3403 и четырьмя мотовездеходами Хонда.

Для обеспечения водолазных работ имеется контейнерный водолазный комплекс (КВК) в составе: Барокамера БКД-120Т; компрессор с электроприводом Mariner 250 – E; компрессор с электроприводом PE250-TE-F02; баллоны-воздухохранители для сжатого воздуха БК-100-250 АБ; системы и элементы медицинского отсека контейнера; системы и элементы технического отсека контейнера.

Институт располагает круглогодичными стационарами в п. Листвянка и п. Большие Коты, оборудованными для проведения гидрофизических, гидрохимических и гидробиологических работ. На стационаре в п. Большие Коты базируется Байкальская атмосферно-лимнологическая обсерватория (БАЛО), созданная совместно с Институтом оптики атмосферы СО РАН (г. Томск).

Гидрофизическое и геофизическое оборудование представлено STD зондами для измерения давления, температуры, электропроводности, обратного рассеяния, прозрачности и концентрации кислорода при непрерывном вертикальном зондировании водной толщи до 2 км; акустическим доплеровским профилографом ADP, измерителями скорости течений (MicroADV, InfinityAM USB); измерительным комплексом для мониторинга радона, торона и их дочерних продуктов (Альфарад плюс); многоэлектродной станцией СКАЛА 48; аппаратурой малоглубинного частотного электромагнитного зондирования; малогабаритной буровой установкой ТМ-80.

В составе Института функционирует ЦКП «Ультрамикрoанализ» (№ 77542, <http://ckp-rf.ru/ckp/77542/>, <http://lin.irk.ru/about/structure/2016-09-29-04-05-19>), объединяющий наиболее высокотехнологическое оборудование и уникальная научная установка «Экспериментальный пресноводный аквариумный комплекс байкальских гидробионтов» (УНУ ПАК) (<http://ckp-rf.ru/usu/441551/>, <http://lin.irk.ru/aqua>), обеспечивающая возможность



культивирования различных гидробионтов от микроорганизмов до промысловых видов рыб.

В Институте имеются лабораторные помещения, позволяющие проводить работы на современном уровне в областях гидрохимии и аналитической химии, биохимии и молекулярной биологии, синтеза и физикохимии органических, полимерных и композитных материалов.

В составе Института функционируют лаборатории, аккредитованные Федеральной службой по аккредитации:

Лаборатория гидрохимии и химии атмосферы аккредитована на техническую компетентность и независимость, аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.513855. Лаборатория водной микробиологии аккредитована в качестве испытательной лаборатории в национальной системе аккредитации, приказ от 14 апреля 2017, № Аа-463. Аттестат аккредитации лаборатории водной микробиологии № RA.RU.21ЛИ02.

Институт располагает несколькими десятками патентов (<http://lin.irk.ru/innovation/patents>), ряд из которых использованы в производстве ("Многоячейковое устройство для культивирования и проведения экспериментов с микроводорослями" Патент на полезную модель № 82457 РФ; "Способ тушения и предотвращения пожаров на свалках и торфяниках" Патент № 2350369; "Способ прокладки подводного кабеля" Патент №2280931).

Основные прикладные результаты и разработки:

1. В лаборатории гидрологии и гидрофизики разработаны и производятся для нужд Института и сторонних организаций приборы, превосходящие по параметрам известные аналоги: автономный ледовый комплекс для исследования характеристик подледного пограничного слоя воды и потоков тепла в ледовом покрове и на границе вода – лёд в зависимости от проникающей солнечной радиации, потока вымораживаемых солей и скорости подледных течений; автономная гидрометеорологическая станция; инкубатор для культивирования микроорганизмов в микромасштабе.

2. В 2013 г. выполнены работы по "Проведению инженерных изысканий в целях подготовки проектной документации для реализации мероприятий по ликвидации негативного воздействия на окружающую среду отходов, накопленных в результате деятельности Байкальского целлюлозно-бумажного комбината (БЦБК)". При выполнении данных работ использованы патенты Института на "Способ рекультивации карт-шламонакопителей предприятий по производству белой сульфатной целлюлозы" № 2526983; "Способ обезвреживания отбельных стоков целлюлозно-бумажного производства" № 2050333; "Способ получения органоминерального удобрения" № 2086521; "Органоминеральное удобрение" № 2144014.

3. В 2013-2015 гг. разрабатывались программы мониторинга состояния окружающей природной среды и недр с оценкой текущего и фоновый уровней загрязнения, и проводились работы по мониторингу на территориях: Аянского лицензионного участка и Аянского



месторождения, Бюкского лицензионного участка, Южно-Джункунского лицензионного участка, Верхнеджункунского лицензионного участка, Сунтарского лицензионного участка, Ярактинского НГКМ, Марковского НГКМ и Потаповской площади, Кийского лицензионного участка, Средненепского лицензионного участка, Даниловского НГКМ, Ангаро-Илимского ГКМ, Нарьягинского лицензионного участка, Ялыкского лицензионного участка, Иктехского лицензионного участка, Северо-Могдинского лицензионного участка, Большеতিরского лицензионного участка, Западно-Ярактинского лицензионного участка. Данные работы производились по заказу ЗАО "НафтаСиб-Иркутск", ООО "ИНК-НефтеГазГеология", ЗАО "ИНК-Запад", ООО "Тихоокеанский терминал" и ООО "Иркутская нефтяная компания".

19. Перечень наиболее значимых разработок организации, которые были внедрены за период с 2013 по 2015 год

В рамках внедрения в хозяйственный оборот разработанного Институтом способа производства байкальской питьевой воды (Патент № 2045478) оказывается практическая и консультационная помощь предприятиям, выпускающим продукцию по лицензии ЛИН СО РАН: ООО "Вода Байкала", ООО "Аква", ООО "Аква Байкал", ООО "Байкальская вода", ООО "Основа", ООО "Живая вода".

Высокий уровень специалистов Института, наличие оборудования и аккредитованных лабораторий позволяют выполнять большой объём экспертных работ по заказу федеральных органов. В 2015 г. по просьбе межведомственной прокуратуры и органов Росприроднадзора Институтом принималось участие в плановых выездных проверках по выявлению нарушений природоохранного законодательства в центральной зоне озера Байкал. С 2014 г. Институт на постоянной основе оказывает услуги Восточно-Сибирскому ЛУ МВД России на транспорте по проведению экспертных исследований для правоохранительных органов. В частности, выполнялись ихтиологические экспертизы. Результаты всех экспертных работ, выполненных Институтом, отличаются высоким качеством и полностью признаются судами.

В 2013-2015 гг. проводились регулярные работы по "Режимному обследованию подводного кабельного перехода ВЛ 35 кВ "Сахюрта-Хужир" с целью проведения мониторинга оценки воздействия электромагнитных полей на окружающую среду (Ольхонские ворота – Хужир)" по заказу ОАО "Иркутская электросетевая компания". Данный кабель проложен в 2004 г. по заказу ОАО "Иркутскэнерго" на основе патента ЛИН СО РАН № 2280931. Использование предложенной Институтом технологии позволило сэкономить несколько десятков миллионов рублей финансовых средств, сократить сроки проведения работ, минимизировать экологический ущерб при строительстве и дальнейшей эксплуатации подводных энергетических кабельных линий.

Перспективные адъюванты для производства антител и новых вакцин. Разработан ряд синтетических полимеров, разбавленные водные растворы которых (0.05 мг/мл и ниже)



проявляют свойства адъювантов при простом смешении с растворами антигенов, в ходе которого образуются растворимые комплексы антиген-полимер. Иммунизация лабораторных животных с применением новых адъювантов позволяет достигать значений титров защитных антител в несколько раз выше, чем показатели с использованием полного адъюванта Фрейнда. Испытания проведены для следующих антигенов: поверхностный антиген вируса гепатита В (HBsAg), антигены арбовирусов комплекса Калифорнийского энцефалита и Батаи, клеточные стенки коринебактерий дифтерии (препарат Кодивак), полиомиелита (вакцина Иммовакс Полио). Использованные полимеры нетоксичны ($LD_{50} > 1000$ мг/кг), имеют малые молекулярные массы (< 60 кДа), достаточные для выведения из организма почками. Более 20 лет они используются в ФГБНУ "Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека" для наработки антител в диагностических целях, при этом никакого отрицательного действия на лабораторных животных (кролики, мыши) не отмечено. Полимеры сами по себе и при раздельном с антигеном введении их животным не обладают иммуностимулирующим действием, что снижает вероятность индукции ими аллергических реакции. Растворы полимерных адъювантов выдерживают лиофилизацию и последующее растворение без изменения своей структуры, что позволяет предположить возможность их использования для стабилизации антигенов с целью понижения требований к "холодовой цепи". Области возможного применения разработки включают: наработку антител для диагностических систем (иммуоферментных, эритроцитарных и латексных); разработку препаратов на основе защитных иммуноглобулинов для лечения инфекционных заболеваний; создание новых защитных вакцин, в том числе не требующих жёсткого выполнения "холодовой цепи". Разработка выполнена совместно с ФГБНУ "Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека" СО РАН и защищена патентами РФ (№№ 2534558, 2205408, 2129014, 2111013).

В УНУ ПАК продолжают сложные междисциплинарные эксперименты по искусственной гибридизации байкальских сиговых рыб и их многоплановому исследованию, начатые в 2010 г. В частности, в живой коллекции ПАК присутствуют все представители байкальских сиговых рыб. Возраст живой коллекции гибридов озерного сига и омуля на сегодняшний день составляет 3 года. Получены мальки посольского омуля, оплодотворенные замороженной спермой и первая опытная партия гибрида F1 озерно-речного сига и байкальского омуля. Проведены работы по созданию нового блока аквакомплекса, представленного системой проточных бассейнов. Эти бассейны прошли апробацию на территории рыбопроизводного завода ООО «Байкальская рыба» в п. Бурдугуз. Система бассейнов проточная без включения в нее очистных фильтров и водоподготовки. Вода в бассейны подаётся непосредственно из р. Ангара. В них содержатся крупные особи гибрида озерного сига и омуля.

ЭКСПЕРТНАЯ И ДОГОВОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ



Экспертная деятельность научных организаций

20. Подготовка нормативно-технических документов международного, межгосударственного и национального значения, в том числе стандартов, норм, правил, технических регламентов и иных регулирующих документов, утвержденных федеральными органами исполнительной власти, международными и межгосударственными органами

Группой экспертов программы ЕАНЕТ при участии ЛИИ СО РАН (зав. лаб. гидрохимии и химии атмосферы ЛИИ СО РАН, д.г.н., проф. Ходжер Т.В. в качестве руководителя) выпущено методическое руководство «Technical Manual for Inland Aquatic Environment Monitoring in East Asia». Данное руководство было утверждено Ученым Советом (SAG) и на межправительственном совещании (IG) программы ЕАНЕТ в Бангкоке. В настоящее время это руководство используется 13 странами из Восточной Азии для контроля природных поверхностных вод.

Выполнение научно-исследовательских работ и услуг в интересах других организаций

21. Перечень наиболее значимых научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ и услуг, выполненных по договорам за период с 2013 по 2015 год

В отчетном периоде проведено 126 договорных работ на общую сумму более 152 млн. руб.

1. Проведение натуральных испытаний программ оперативной и постобработки сейсмоакустических данных на акватории озера Байкал в рамках совместного геолого-геофизического изучения современного осадконакопления и гидратообразования в районах распространения грязевых вулканов, флюидоразгрузки и оползания на дне (ООО "Центр анализа сейсмических данных МГУ")

В первой части экспедиционных работ было проведено изучение геологии грязевого вулкана «Новосибирск» и района оползня на северо-западном склоне Кукуйской гривы. В данных районах в ходе экспедиции был выполнен отбор проб донных отложений и газовых гидратов. Был отобран 61 керн донных осадков общей длиной около 170 метров и выполнены их литологическое описание и гранулометрический анализ. Также было отобрано 10 проб на биологический анализ. Во второй части экспедиции совместно с представителями МГУ была проведена геофизическая съемка дна озера Байкал в районах Кукуйской гривы и нефтяного проявления в районе мыса Толстый. Для этого использовалось одноканальное непрерывное сейсмопрофилирование и профилограф, принадлежащие МГУ. Общая длина галсов составила 180 погонных километров. В ходе этих работ прошло



обучение морской геологии и геофизики 11 студентов МГУ, прочитано 10 лекций. По результатам работ установлена взаимосвязь активизации гравитационных процессов с землетрясениями, а не с разрушением газовых гидратов. Закартировано газонасыщенное тело, перекрытое в прошлом крупным оползневым телом в районе Кукуйской гривы. Собраны коллекции донных отложений для лабораторных исследований в МГУ. Определены физико-механические свойства гидратовмещающих грунтов в грязевом вулкане.

2. Проведение геологической научной экспедиции для изучения современного осадконакопления и зон фокусированной разгрузки углеводородов на дне озера Байкал (МГУ)

В рамках экспедиции на примере исследования сипов, грязевых вулканов, системы осадконакопления и переноса материала канала-каньон на 8 полигонах морской геологии обучалось 12 студентов, магистрантов, аспирантов. Каждый день читались водные и специальные лекции как учеными, так и студентами, магистрантами, аспирантами. Всего за время экспедиции были прочитано 15 лекций, в ходе научных геолого-геофизических исследований выполнено: 172 км профилей гидролокатором бокового обзора и 598 км профилографа, 177 погонных метров (85 станций) донных осадков, 25 измерений температур в осадках *in situ* (до 3 м), 758 замеров теплофизических свойств. Отобраны пробы газов (708 шт.) и осадков (478 шт.) на различные лабораторные исследования. Установлено, что практически на всех исследуемых структурах присутствует термогенный этан, температуры осадка более высокие в районе сипов по сравнению с районами грязевых вулканов вне зависимости от наличия в них количества газовых гидратов. Определено, что перенос вещества к каналу каньона Хурай идет по нескольким рукавам, а не из пади Хурай как считалось изначально. Вещество собирается вдоль всего западного борта от устья р. Анга до м. Ухан на о. Ольхон. В районе м. Хурай каньон обрывается тектоническим уступом, где формируется новое русло в конус выноса и новый конус.

3. Исследование области образования многофазного гидрата метана у дна Байкала (Технологический институт Китами, Япония)

Проведена батиметрическая съемка юго-западного и южного склонов южнобайкальской котловины с помощью многолучевого эхолота и профилографа. Выполнены геологические исследования 56 объектов, 2/3 из них изучены впервые. Открыто 11 новых гидратоносных структур, в одной из них обнаружены гидраты структуры II.

4. Организация и проведение экспедиции с использованием НИС "Г.Ю. Верещагин" и НИС "Г. Титов" на озере Байкал (ФГУП "ВСЕГЕИ")

Для подготовки картографического материала проведен комплекс полевых исследований для изучения опасных процессов, связанных с миграцией углеводородов в центральной экологической зоне Байкальской природной территории. На НИС «Г.Ю. Верещагин» выполнен пробоотбор грунта с помощью грейфера по 82 станциям. При помощи пробоотборника воды SBE 32 сделаны два вертикальных гидрогеохимических разреза воды с интервалом между горизонтами опробования 50 м. На 50 станциях выполнен отбор воды при помощи батометра. На 48 станциях гравитационной бентосной трубой проведен отбор



проб придонной воды и осадка. На НИС «Г. Титов» выполнена съемка дна многолучевым эхолотом по региональным профилям. Всего пройдено 1500 погонных километров профилей.

5. Разработка программы мониторинга состояния окружающей природной среды и недр с оценкой текущего и фоновый уровней загрязнения, включая мониторинг растительного и животного мира, на территории Верхнетирского, Верхненепского и Иктехского лицензионных участков (ООО "Иркутская нефтяная компания", ООО "ЛенаНефтеГаз")

6. Мониторинг состояния окружающей природной среды и недр с оценкой текущего и фоновый уровней загрязнения на территории: Аянского лицензионного участка и Аянского месторождения, Бюкского лицензионного участка, Южно-Джункунского лицензионного участка, Верхнеджункунского лицензионного участка, Сунтарского лицензионного участка, Ярактинского НГКМ, Марковского НГКМ и Потаповской площади, Кийского лицензионного участка, Средненепского лицензионного участка, Даниловского НГКМ, Ангара-Илимского ГKM, Нарьягинского лицензионного участка, Ялыкского лицензионного участка, Иктехского лицензионного участка, Северо-Могдинского лицензионного участка, Большекетирского лицензионного участка, Западно-Ярактинского лицензионного участка (ООО "ИНК-НефтеГазГеология", АО "ИНК-Запад", АО "ИНК-Север", ООО "Иркутская нефтяная компания"). Проведены обследования почв, воды, атмосферного воздуха, по распределению тяжелых металлов, ионного состава, стойких органических загрязнителей. Выполнен учет по рыбному населению, миграциям животных и птиц, растительному покрову. Выработаны рекомендации по ведению хозяйственно-эксплуатационной деятельности компаний заказчиков с учетом природоохранных мероприятий на этих территориях.

7. Мониторинг качества воды в дельте реки Селенга (БИП СО РАН)

Последние 20 лет в бассейне р. Селенги характеризуются низкой водностью, что привело к ухудшению экологической ситуации в дельте и деградации малых проток. Наблюдается постепенное изменение видового состава фитопланктона, обусловленное повышенным содержанием биогенных элементов и ЛОВ. Установлено, что в протоке Колпинная к 2013 г. доминирующими видами стали криптофитовые водоросли, свидетельствующие о низком качестве воды, а диатомовые водоросли, ранее составляющие до 1,5 % в составе планктона, уже отсутствовали. В крупных протоках (Харауз, Лобановская, Левобережная) регистрируется снижение растворенного кислорода зимой, что также свидетельствует о снижении качества воды.

8. Режимное обследование подводного кабельного перехода ВЛ 35 кВ "Сахюрта-Хужир" с целью проведения мониторинга оценки воздействия электромагнитных полей на окружающую среду (Ольхонские ворота-Хужир) (ОАО "Иркутская электросетевая компания")

9. Определение скоростей течения воды в водоприемных камерах гидроагрегата при различных режимах работы для филиала ПАО "Иркутскэнерго" Иркутская ГЭС (ПАО "Иркутскэнерго")



10. Проведение обследования состояния природной среды на Байкальской природной территории (ФГБУ "НПО"Тайфун")

Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении организации в соответствующем научном направлении (представляются по желанию организации в свободной форме)

22. Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении организации в соответствующем научном направлении, а также информация, которую организация хочет сообщить о себе дополнительно

Научные конференции с международным участием, проведенные организацией:

1.Питьевая вода в XXI веке Научно-практическая конференция с международным участием, 23–28.09.2013 г.

2. VI Всероссийский с международным участием конгресс молодых ученых-биологов СИМБИОЗ-РОССИЯ, 19-23.08.2013 г.

3. Всероссийская научно-практическая конференция «Газовые гидраты в экосистеме Земли' 2014», 07–10.04.2014 г., г. Новосибирск

4. XII Международный симпозиум по биологии и менеджменту сиговых рыб, 25–30.08.2014 г.

5. Шестая международная Верещагинская Байкальская конференция, 07–12.09.2015 г.

6. Четвёртый Байкальский микробиологический Симпозиум с международным участием «Микроорганизмы и вирусы в водных экосистемах», 07-12.09.2015 г.

Дополнительные сведения о грантах:

Грант Президента РФ для государственной поддержки молодых ученых МК-5409.2014.4 «Исследование гетерогенности последовательностей 3'-нетраслируемых участков геномов вируса клещевого энцефалита, влияющих на патогенность штаммов для человека» (2014-2015 гг.);

МНТЦ «Исследование скоплений грязевых вулканов и разломов в Байкале» (2011-2013 гг.)

Стажировки в зарубежных научных организациях (не менее 2 месяцев): Университет Лунда (Швеция), Институт биофизики Гете-университета (Германия), Университет им. Кристиана Альбрехта (Германия), Университет Ноттингема-Трента (Великобритания).

ФИО руководителя Федотов А.П. Подпись _____

Дата 05.05.2014



057656