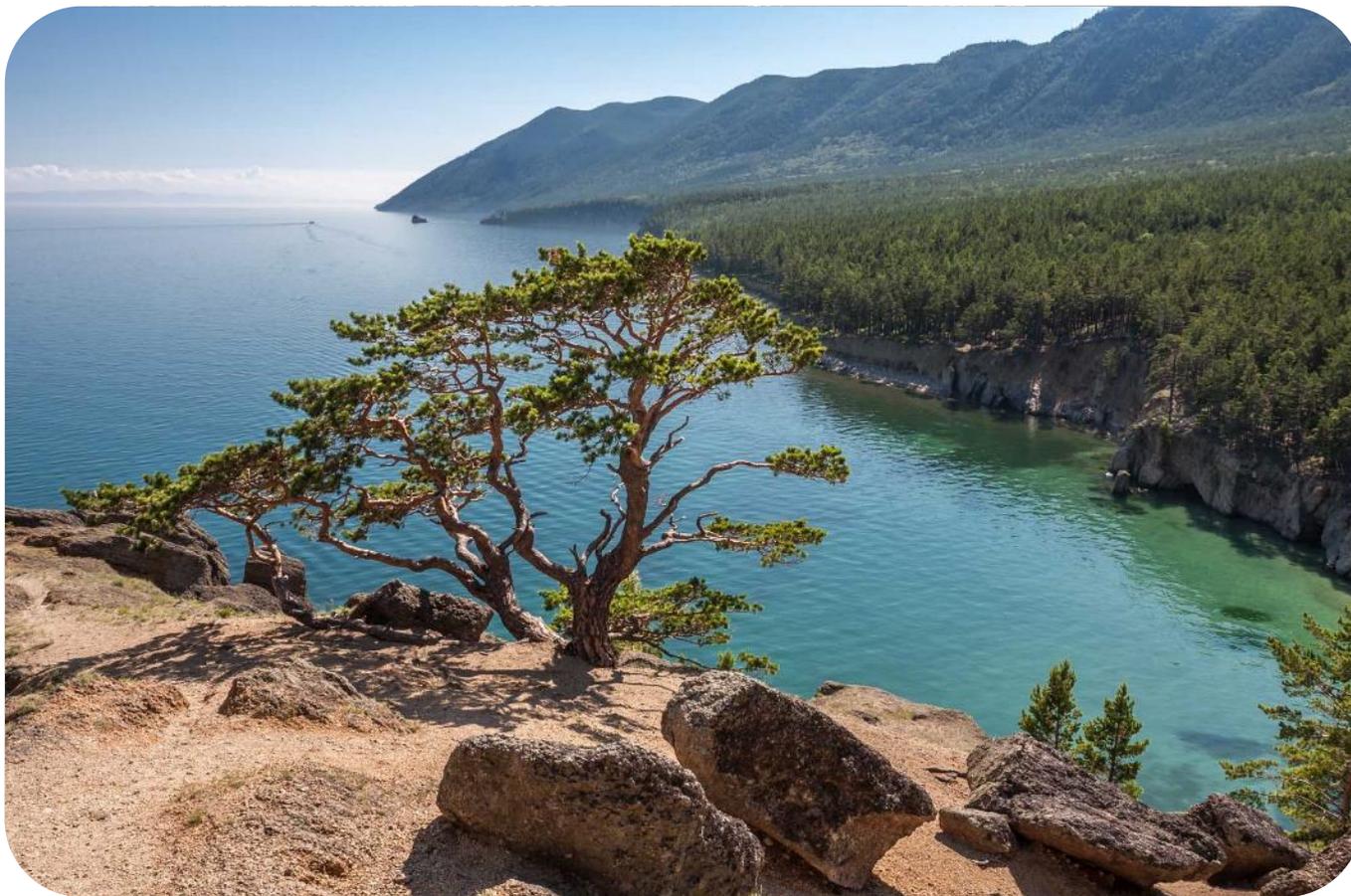


ЦЕНТР ЦИФРОВОГО МОНИТОРИНГА ОЗЕРА БАЙКАЛ



Ответственный исполнитель проекта:
Иркутский научный центр СО РАН

«Правительству Российской Федерации при разработке национального проекта в сфере экологии исходить из того, что в 2024 году необходимо обеспечить:

б) решение следующих задач:

сохранение уникальных водных объектов, в том числе реализация проекта по сохранению озера Байкал...»

Из Указа Президента РФ № 204 от 07 мая 2018

Цель проекта

Целью проекта является решение широкого круга проблем региона, связанных с экологией озера Байкал и прибрежной территории. Инструмент для достижения цели - глобальная сеть мониторинга экосистемы озера Байкал и прибрежной территории позволяющей регистрировать гидрофизические, гидрохимические, гидрологические, газовые, геодинамические, видео-ландшафтные параметры водной среды, состояние лесных экосистем, атмосферы, земной поверхности, земной коры и геомагнитного поля, а также эколого-эпидемиологические характеристики прибрежных ландшафтов в квазинепрерывном режиме, с онлайн трансляцией в единый архивно-информационный центр, сочетающей оперативность получения, передачи в on-line режиме и обработки информации о текущем состоянии Байкала и прилегающих территорий за счет перехода на новый технологический уклад:

- междисциплинарную интегрированность схем и методов мониторинга в рамках единого центра исследований;
- широкую информационную доступность к получаемым результатам с целью прогноза основных рисков, связанных с антропогенной нагрузкой на природу, и обеспечение эпидемиологической безопасности населения.

Актуальность

Цели и задачи проекта соответствуют приоритетам Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации:

- переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта;
- противодействие техногенным, биогенным, социокультурным угрозам, терроризму и идеологическому экстремизму, также киберугрозам и иным источникам опасности для общества, экономики и государства.

Проект направлен на решение задачи «Сохранение уникальных водных объектов, в том числе реализации проекта по сохранению озера Байкал», поставленной в Указе Президента РФ №204 от 7 мая 2018 года, а также задач, поставленных в рамках Национального проекта (программы) «Экология» (Федеральный проект «Сохранение озера Байкал»).

Научная новизна

Будут получены новые результаты фундаментальных междисциплинарных исследований, направленные на разработку прогнозных моделей, новые методики и программное обеспечение для комплексной обработки большого объёма временных вариаций разнотипных параметров с выделением значимых связей и трендов, являющихся основой для экспертной оценки и прогнозов.

Уникальность, значимость для СФО

Уникальность и масштабность проекта определяется его объектом исследования озером Байкал – одним из самых крупных и уникальных объектов всемирного природного наследия. Сеть мониторинга охватывает практически всё озеро и прибрежную территорию. Уникальность создаваемой многофункциональной системы мониторинга заключается как в его комплексном характере, так и в его непрерывности – данные о состоянии озера фиксируются в режиме 24/7/365.

Аналогичных систем в мире нет.

Приоритеты СФО:

- **экологические вопросы;**
- **прогнозирование и преодоление последствий техногенных и природных угроз;**
- **прогнозирование последствий изменения климата;**
- **создание «точек притяжения», предотвращающих депопуляцию территорий СФО.**

Сегодняшнее состояние

В настоящее время исследования и мониторинг Байкала осуществляют структуры Минприроды, академические институты РАН, университеты Минобрнауки. При этом:

- каждая из организаций, ведущая исследования на Байкале, придерживается своей схемы мониторинга;
- полноценный государственный мониторинг по всей акватории озера в режиме реального времени за гидрохимическими, гидрофизическими и биологическими параметрами не ведется, присутствуют только сезонные наблюдения;
- большая часть мелководной зоны Байкала, характеризующаяся высокой антропогенной нагрузкой (Малое море, Баргузинский и Чивыркуйский заливы, Селенгинское мелководье, южная оконечность Байкала), остается вне системных наблюдений;
- существующие схемы мониторинга не позволяют оперативно реагировать на изменения в экосистеме Байкала природного и антропогенного характера, выявлять в них компоненты локального или глобального генезиса, что требует её существенной модернизации.

Государственный мониторинг

	Минприроды РФ					Росрыболовство
	Росгидро-мет	Росвод-ресурсы	Росприрод-надзор	Рос-лесхоз	Рос-недра	
Мониторинг окружающей природной среды и её загрязнения						
Мониторинг радиационной обстановки на территории РФ						
Мониторинг уникальной экологической системы оз. Байкал						
Рациональное использование, восстановление и охрана водных объектов						
Контроль и надзор в сфере природопользования, охрана окружающей среды, в т.ч. в части техногенного воздействия, обращение с отходами						
Государственный мониторинг лесов, охрана и защита лесов, объектов животного мира						
Мониторинг состояния недр						
Мониторинг водных биологических ресурсов						

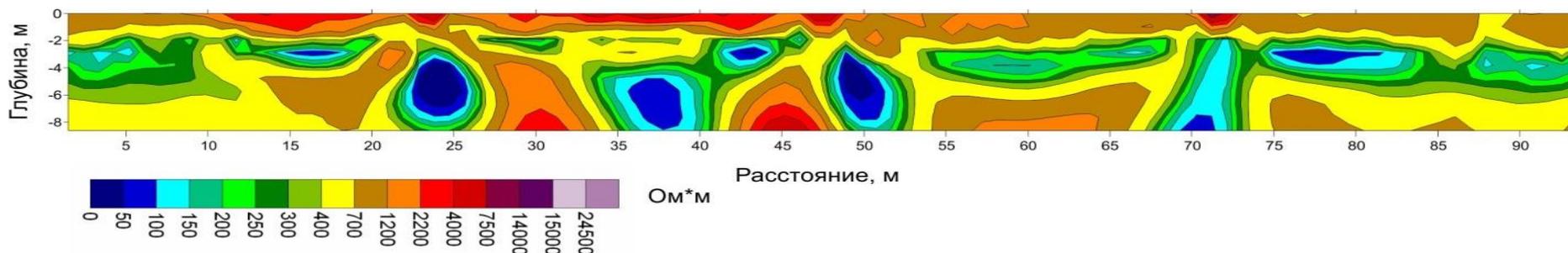
Мониторинг водной экосистемы, сегодняшнее состояние

За последние 5-6 лет в прибрежной зоне Байкала вблизи населенных пунктов и туристических комплексов отмечается аномальное развитие нитчатых водорослей. При этом зона распространения водорослей увеличивается. Не такие масштабные, но все-таки аномальные, изменения отмечаются на участках побережья, находящихся вдали от населенных пунктов. Фиксируется массовое вымирание байкальских губок в масштабах всего озера, меняется структура и таксономический состав макрозообентоса напротив городов и поселков, с вселением видов, несвойственных Байкалу. В настоящий период на озере Байкал наблюдается массовое развитие бентосных цианобактерий. В цианобактериальных обрастаниях, покрывающих различные субстраты в прибрежной зоне, включая и эндемичные губки, обнаружены сакситоксины и микроцистины – токсины цианобактерий, опасные для жизни и здоровья человека и животных. При этом содержание сакситоксинов в воде вблизи населенных пунктов близко к критическому уровню, установленному ВОЗ.

Мониторинг водной экосистемы, сегодняшнее состояние

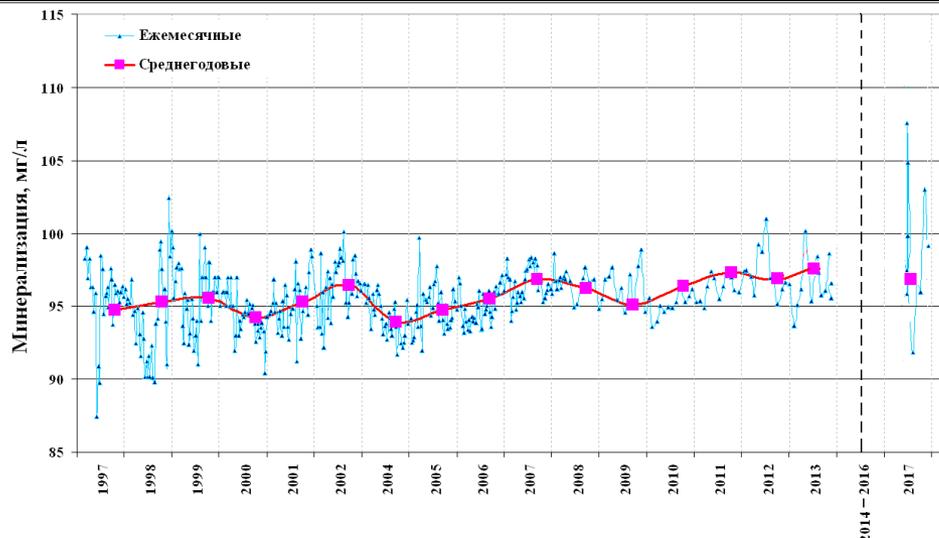
Выполненные работы по оценке влияния поверхностных и грунтовых вод с территории п. Листвянка на экологическое состояние прилегающей мелководной зоны оз. Байкал выявили активное развитие видов *Spirogyra* sp., нетипичных для открытых побережий Байкала. Зафиксированы изменения в структуре икhtiоценоза мелководной зоны залива Лиственничный, которые вызваны сокращением площади нерестилищ и в перспективе могут привести к резкому снижению численности желтокрылки, а также других видов байкальских Cottoidei, нерестящихся на мелководьях Байкала.

Уточненные геофизические исследования, выполненные в урезовой зоне, выявили на берегу Байкала на глубине 2-8 м большое количество зон подземного стока. Пробуренные в аномальных зонах скважины показали интенсивное химическое и микробиологическое загрязнение подземных вод.

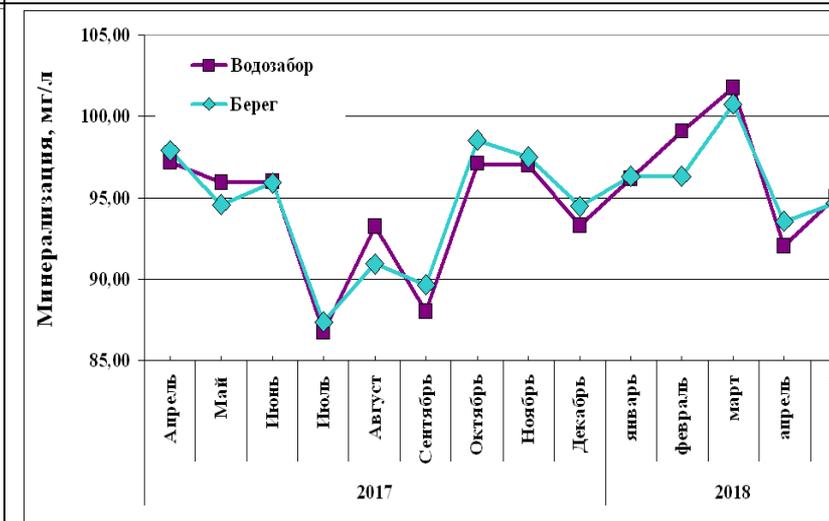
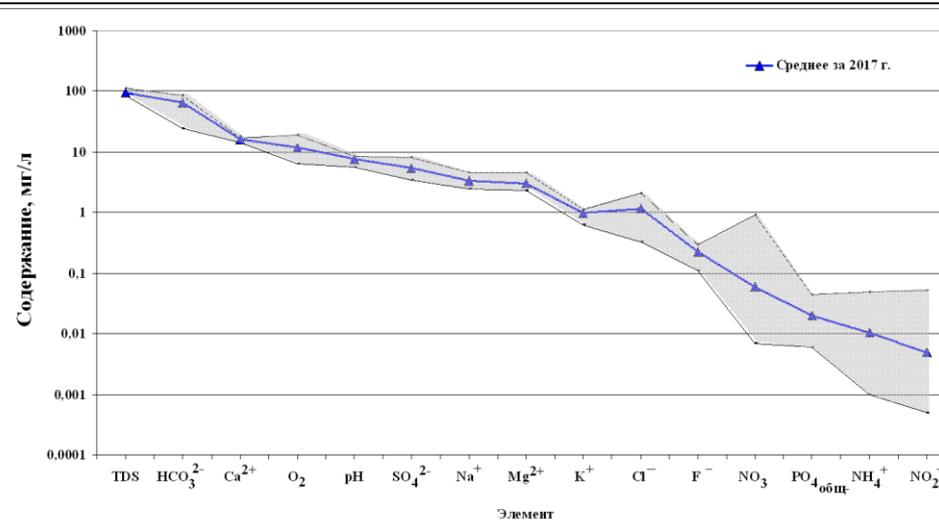


Один из геофизических профилей с выявленными потоками подземных антропогенно загрязненных вод.

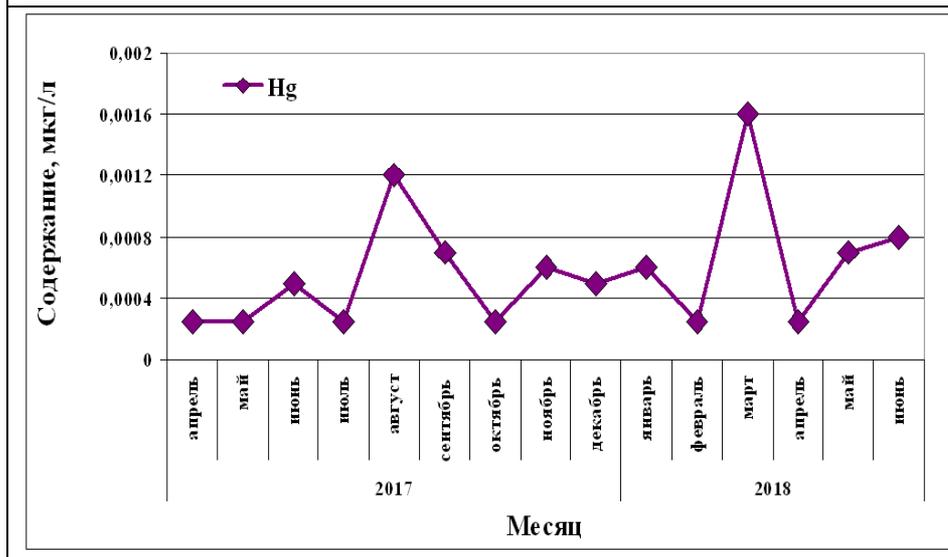
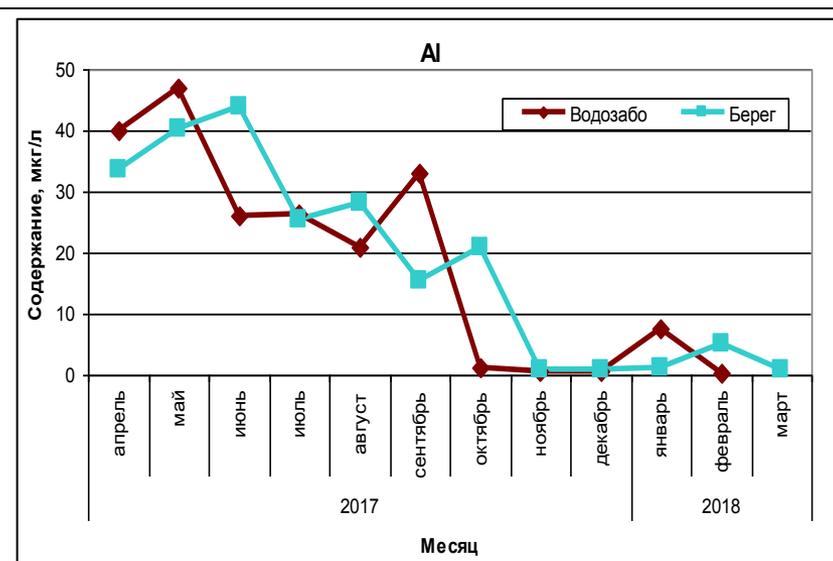
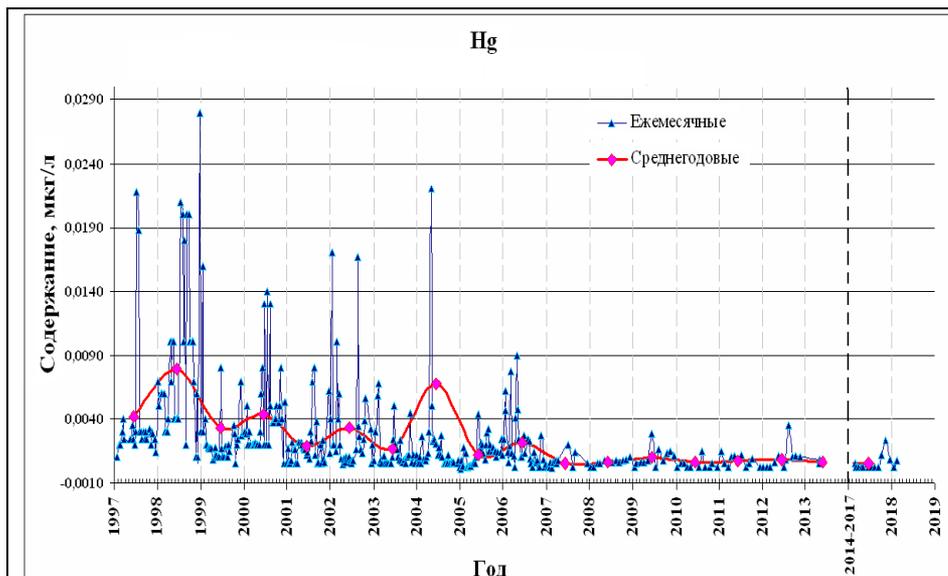
Мониторинг водной экосистемы, сегодняшнее состояние



Установлена 20-летняя неизменность ионного состава воды озера Байкал и его единственного стока - реки Ангары. Вода Байкала и истока является пресной, низко минерализованной, постоянно имеет гидрокарбонатно-кальциевый состав. Средняя минерализация за 1997-2017 гг. составляет 95,6 (90-112) мг/л. Установлена 3-10-летняя цикличность в изменении содержаний всех ионов в истоке Ангары и их отчетливая годовая сезонная цикличность.



Мониторинг водной экосистемы, сегодняшнее состояние



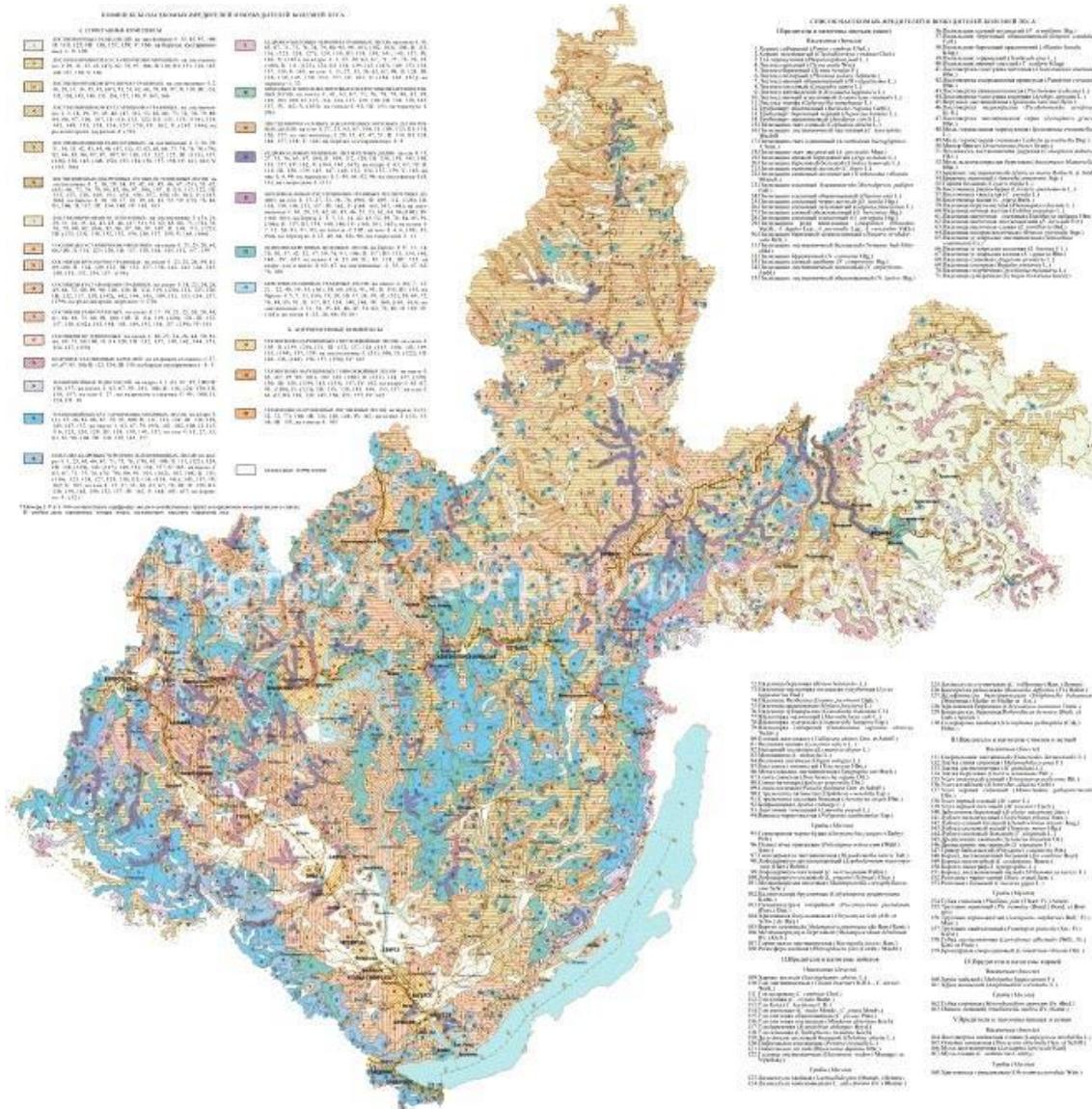
Анализ 12-летних (2006-2017 гг.) данных по микроэлементному составу воды истока Ангары выявил сложный, не регулярный характер изменения их концентраций во времени.

На временных трендах содержаний элементов выделяются экстремумы, не приуроченные к сезонам года, которые можно объяснить «разовыми или мгновенными» природными или техногенными изменениями в окружающей среде Байкала и его истока.

Предполагается, что вода Байкала и истока обновляется за счет дополнительного поступления глубинной воды и циклонических течений.

Лесной мониторинг, сегодняшнее состояние

«Лесопатологическая карта в лесах Иркутской области» (М 1: 2500000)



Лесной мониторинг, сегодняшнее состояние

- В результате вспышки бактериальной болезни (водянка хвойных) произошло широкомасштабное повреждение кедровых лесов Южного Прибайкалья. В настоящее время от 40% до 60% кедров в таких массивах усохло и кедровые леса представляют собой повышенную пожарную опасность.



Состояние кедровых лесов в Южном Прибайкалье
(западная часть хр. Хамар-Дабан) 08.07.2018

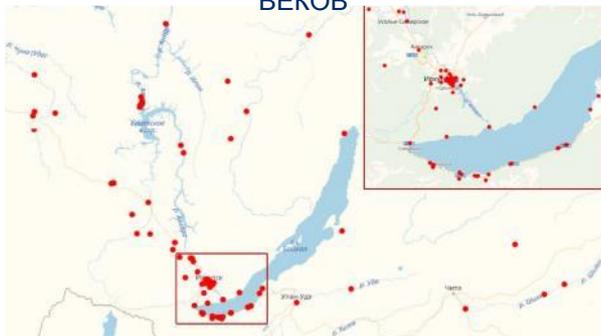
Лесной мониторинг, сегодняшнее состояние

Обнаружено вторжение в пихтовые леса Южного Прибайкалья опаснейшего инвайдера уссурийского полиграфа (*Polygraphus proximus*), вызвавшего повреждение лесов Центральной Сибири в зоне 750 на 750 км.



Лесной мониторинг, сегодняшнее состояние

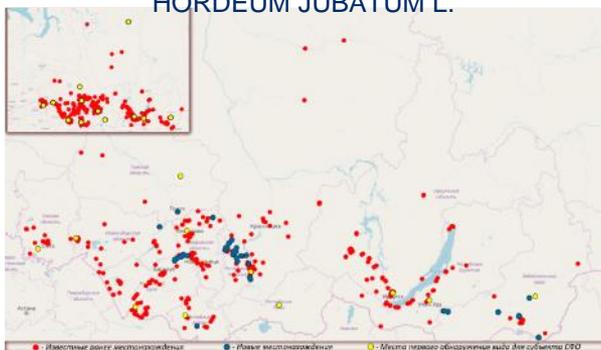
КАРТА ПЕРВЫХ НАХОДОК ИНВАЗИВНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ. КОНЕЦ XIX – НАЧ. XXI ВЕКОВ



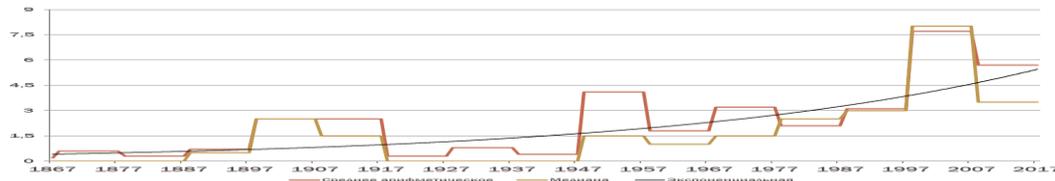
КАРТА ПЕРВЫХ НАХОДОК АДВЕНТИВНЫХ ВИДОВ. КОНЕЦ XIX – НАЧ. XXI ВЕКОВ



КАРТА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИНВАЗИОННОГО ВИДА ТРАНСФОРМЕРА *HORDEUM JUBATUM* L.



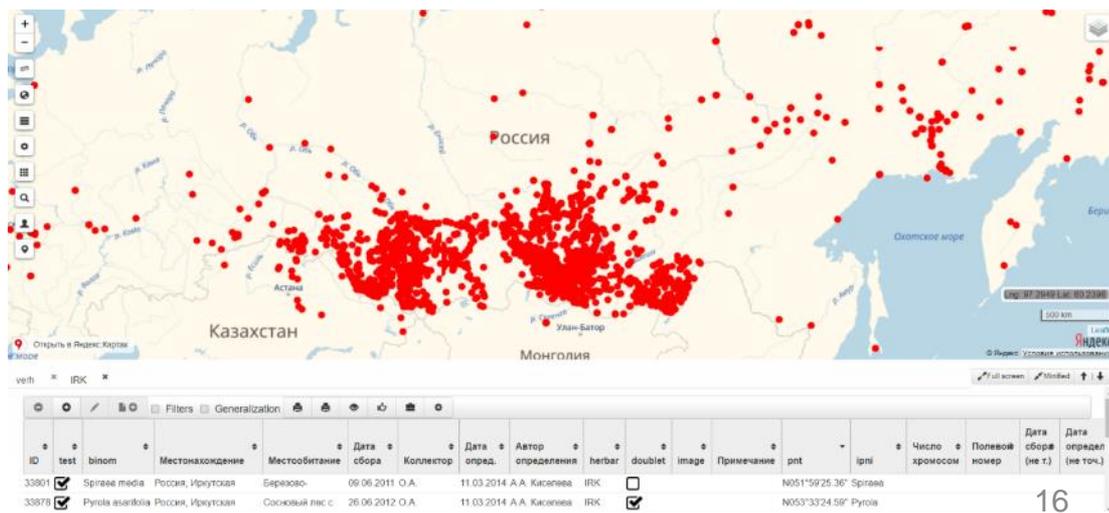
СКОРОСТЬ ЗАНОСА АДВЕНТИВНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИЮ БАЙКАЛЬСКОЙ СИБИРИ (ВИДОВ / 10 ЛЕТ). КОНЕЦ XIX – НАЧ. XXI ВЕКОВ



СКОРОСТЬ ЗАНОСА ИНВАЗИВНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИЮ БАЙКАЛЬСКОЙ СИБИРИ (ВИДОВ / 10 ЛЕТ). КОНЕЦ XIX – НАЧ. XXI ВЕКОВ

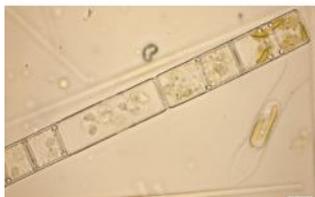


ИНТЕРФЕЙС БАЗЫ ДАННЫХ ПО ФИТОРАЗНООБРАЗИЮ БАЙКАЛЬСКОЙ СИБИРИ

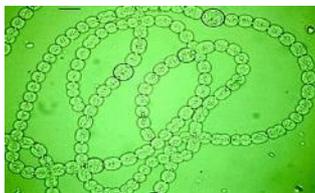


Мониторинг биоразнообразия, сегодняшнее состояние

Scheme of stationary points of around Baikal expeditions of Institute of Biology



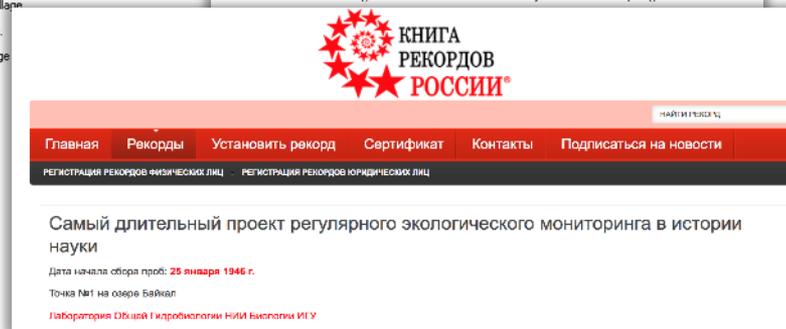
Мониторинг планктонных сообществ пелагиали



Фитопланктон – основа первичной продукции озера



Эпишура – наибольшая биомасса



Силами сотрудников НИИ биологии ИГУ, в районе пос. Большие Коты, а также по сети 69 станций вокруг Байкал, с 1945 года ведется мониторинговая оценка сообществ фито- и зоопланктона пелагиали озера. На точке №1 отбор проб проводится ежедекадно, по 69 станциям – ежегодно.

Мониторинг биоразнообразия, сегодняшнее состояние



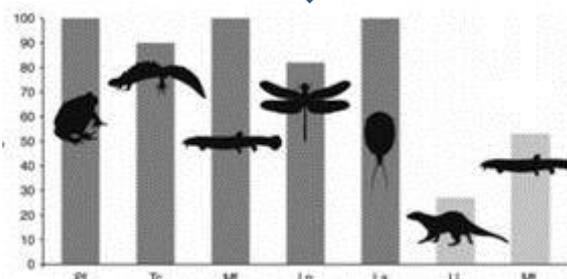
Сбор (отбор организмов из окружающей среды)



Анализ (ручной разбор проб, морфологическая идентификация)



Высокие трудозатраты
Низкая экспрессность
Невозможность автоматизации



Интерпретация

Проектируемый объект

Проектируемым объектом является мониторинговая сеть, позволяющая регистрировать гидрофизические, гидрохимические, геодинамические, газовые, видео-ландшафтные параметры водной и геологической среды, лесных экосистем и атмосферы, земной поверхности, земной коры и геомагнитного поля в квазинепрерывном режиме, с онлайн трансляцией информации в единый информационный центр.

Для создания распределенной сети, которая будет обеспечивать непрерывное измерение параметров экологической обстановки предлагается совместно с автономными долговременными донными измерительными станциями, которые стационарно установлены в оз. Байкал, использовать необитаемые подводные, в том числе и миниаппараты (5-10 см), надводные аппараты, как автономные, так и телеуправляемые, автоматические судовые комплексы, роботизированные системы низковысотного дистанционного зондирования на базе современных БПЛА.

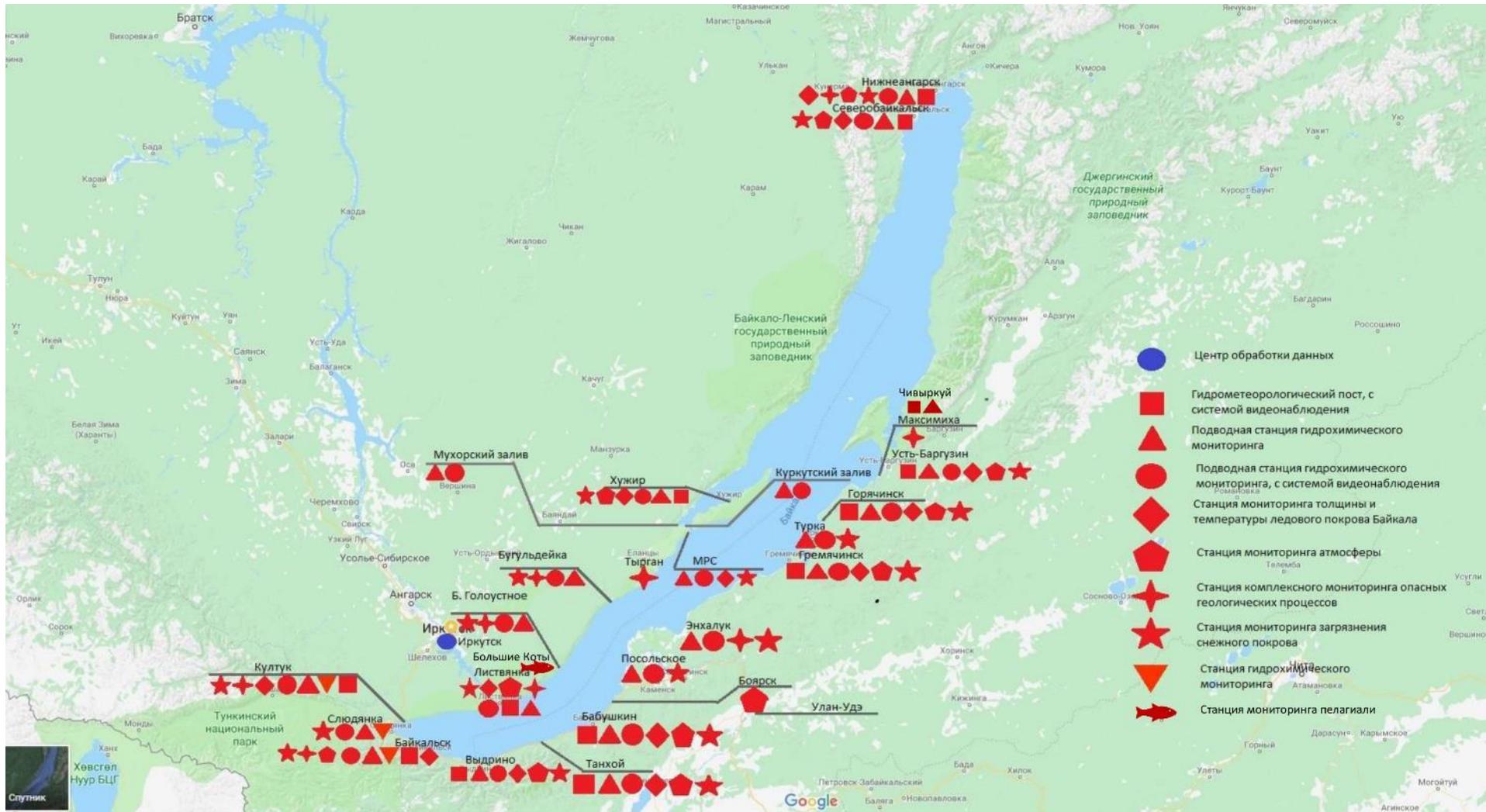
Оборудование станций мониторинга за опасными природными процессами (метеорологическими, гидрологическими, геоморфологическими и др.) на прилегающей к акватории оз. Байкал территории.

Создание сети располагающихся по периметру озера полигонов для мониторинга опасных геологических процессов, исходя из тектонического строения Байкальской впадины.

Создание кластера инструментов на базе существующих геофизических обсерваторий и нового информационного центра космического мониторинга.

ЦЕНТР ЦИФРОВОГО МОНИТОРИНГА ОЗЕРА БАЙКАЛ

Расположение станций мониторинга



Мониторинг водной экосистемы

В рамках проекта планируется:

- создание роботизированных систем сбора пространственной информации о био- и геосистемах оз. Байкал и Прибайкалья на основе использования беспилотных судов и сверхлегких БПЛА для выполнения гамма-спектроскопической, лидарной и мультиспектральной съемок;
- проведение площадного учета численности байкальской нерпы методом тепловизионной съемки;
- создание геохимической базы данных по датированию непрерывных разрезов донных отложений оз. Байкал, оз. Хубсугул и сопредельных малых озер Байкальской рифтовой зоны;
- мониторинг стойких органических загрязнителей (диоксинов, полихлорированных бифенилов, хлорорганических пестицидов и других СОЗ) во всех поверхностных средах Байкальской природной территории;
- мониторинг радиационной обстановки в экологической зоне Байкальской природной территории;
- изучение геохимии радиогенных и стабильных изотопов в донных отложениях оз. Байкал для реконструкции процессов его эволюции.

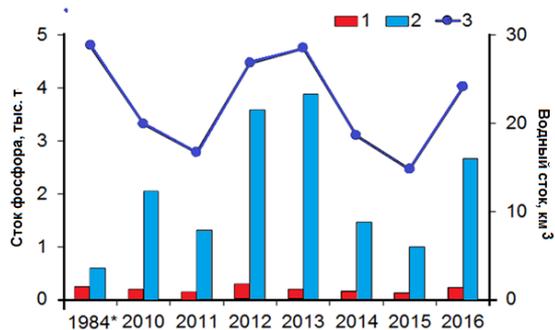
Мониторинг гидрохимического состава воды Байкала, притоков озера

Сеть станций мониторинга воды:

- химического состава воды в устьях главных притоков, рек Южного Байкала;
- в зоне смешения речных вод с озерными;
- химического состава воды в пелагиали, литорали Байкала;

позволит:

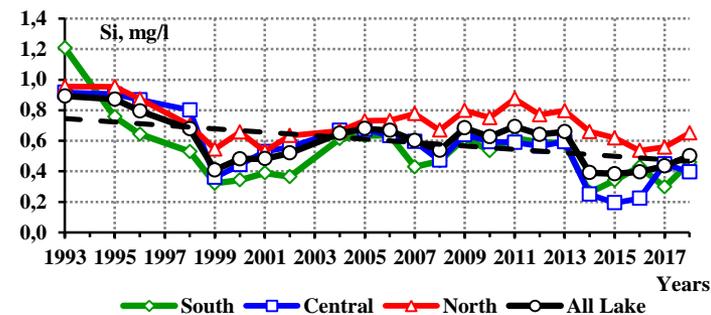
- определять качество воды, оценивать поступление загрязняющих веществ с притоками в озеро, прогнозировать изменения в химическом составе вод озера, оценивать влияние абиотических факторов на байкальские организмы.



Сток общего (1), минерального (2) фосфора в Байкал с Селенгой, 1984, 2010-2018гг.



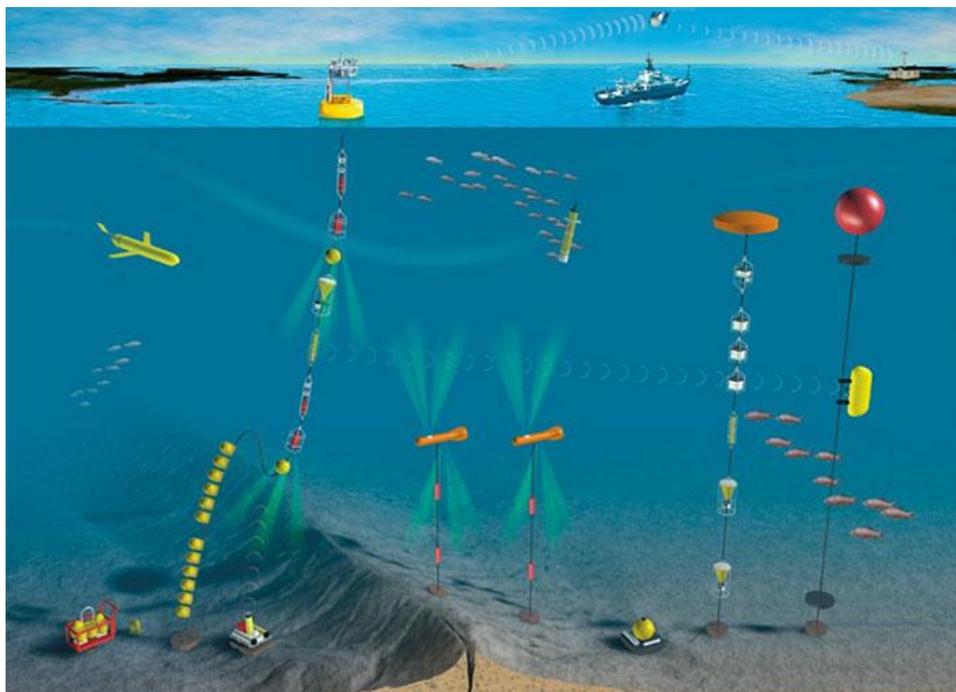
Сток кремния в Байкал с Селенгой, 2001-2017гг.



Средневзвешенные концентрации кремния в слое 0-100 м воды оз. Байкал 1993-2018 гг.

Мониторинг водной среды

Современные гидрофизические исследования опираются на данные полученные автоматическими системами, такими как: буйковые станции, свободно плавающие дрейфтеры, беспилотные глайдеры.



Объединяя такие системы в единый комплекс, оснащенный широким спектром гидрофизических датчиков и зондов, исследователи получают многомерную мониторинговую сеть обеспечивающую непрерывный долгосрочный контроль состояния водной толщи озера Байкал.

Мониторинг водной среды

Для обслуживания комплекса, калибровки датчиков, верификации полученных данных и для мониторинга состояния поверхностных вод озера, необходимо современное научно-исследовательское судно, обеспеченное системами высокоточного динамического позиционирования, навигацией и средствами связи. Судно оборудуется лебёдками для выполнения гидрологических работ и постановки буйковых, придонных измерительных систем.



- Научно-исследовательское оборудование:
- Многочастотный эхолот Split Beam EK80
- Измеритель скорости течений
- ADCP Nortek
- Пробоотборник фито и зоо планктона
- Телеуправляемый подводный робот
- Устройство для позиционирования подводного оборудования
- Станция мониторинга аэрозоль
- Проточный оптический счетчик планктона
- Система отбора проб воды
- Зонд CTD;
- Метеорологическая станция
- Проточная система экологического мониторинга

Комплекс лабораторий состоит из: водной, биологической, гидрологической, стерильной лабораторий, постов гидроакустических и глубоководных работ.

Мониторинг водной среды

Прибор BenthosTorch для быстрого измерения концентрации фитобентоса, измеряет численность водорослей в режиме реального времени.

Прибор PhycoProbe для выявления массового развития цианобактерий, в том числе и токсичных. Измеряет концентрацию свободного фикоцианина – специфического пигмента цианобактерий, которая демонстрирует начинающийся лизис клеток, указывая на освобождение содержимого клеток, включая разнообразные токсины.

Преимущества приборов:

- ✓Быстрый анализ большого количества проб.
- ✓Флуоресценция in vivo без пробоподготовки, скорость измерения – 20 секунд.
- ✓Глубины от 0 м до 1000 м.
- ✓Концентрация хлорофиллов различных типов водорослей (зеленых, диатомовых, криптофитовых) и цианобактерий.
- ✓GPS-координаты, измерение температуры и глубины.



Прибор BenthosTorch



Прибор PhycoProbe



Массовое развитие цианобактерий на дне оз. Байкал, включая губки.

Мониторинг водной среды



ПДК для сакситоксина в питьевой воде - 3 мкг/л

Article

Extensive Contamination of Water with Saxitoxin Near the Dam of the Irkutsk Hydropower Station Reservoir (East Siberia, Russia)

Mikhail Grachev¹, Ilya Zubkov¹, Irina Tikhonova¹, Maria Ivacheva¹, Anton Kuzmin^{1,2,*}, Elena Sukhanova¹, Ekaterina Sorokovikova¹, Galina Fedorova¹, Aleksandr Galkin³, Maria Suslova¹, Olga Netsvetayeva¹, Elena Eletskaia¹, Tatyana Pogadaeva¹, Vladimir Smirnov², Andrey Ivanov², Vladimir Shagun², Viktor Minaev¹ and Olga Belykh¹



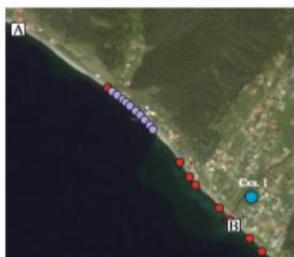
Water from the polluted area contained $600 \pm 100 \mu\text{g L}^{-1}$ saxitoxin as measured by HPLC-MS with pre-column modification of the toxin with 2,4-dinitrophenylhydrazine. Immunoassay analysis (ELISA) showed a concentration of saxitoxins in the water of $2900 \pm 900 \mu\text{g L}^{-1}$. Hydrochemical and microbiological analyses suggested the contaminated area appeared as a result of a *D. lemmermannii* bloom, followed by its decay and release of saxitoxin and nutrients. The present paper describes the results of a case study. Better understanding of the phenomenon will depend on the possibility to perform implementation of a large-scale monitoring program.



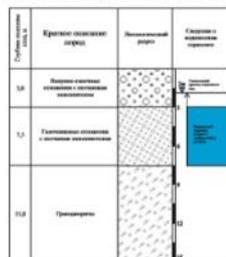
Иммуноферментный анализ для определения концентрации токсинов: планшетный фотометр для ИФА, набор реагентов для ИФА (сакситоксин, микроцистины, бета-N-метиламин-L-аланин).

Мониторинг подземных вод

Схема ключевого участка



Гидрогеологическая колонка скв. 1



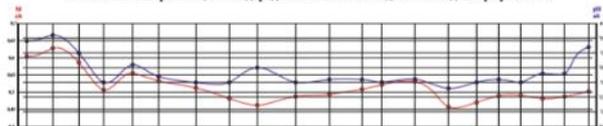
Условные обозначения:

- Скв. 1
- Гидрогеологическая скважина на схеме, сверху номер
- Гидрогеологическая скважина на разрезе. Обозначения: сверху - номер скважины; слева над чертой - дебит, л/с, под чертой - понижение; справа над чертой - глубина естественного уровня, м, под чертой - минерализация воды, г/л.
- Результаты геофизических исследований (электротомография, аппаратура - Скала-48)
- зоны низких сопротивлений (косы 5 метров)
- зоны низких сопротивлений
- Современные техногенные отложения (IQIV). Насыпные грунты, галечники с песчаным заполнителем
- Четвертичные аллювиальные отложения (aQIV). Водонасыщенные галечники с песчаным заполнителем.
- Четвертичные делювиально-элювиальные отложения (d-eQIV). Сунеси твердые с включением дресвы и щебня.
- Магматические породы протерозойского возраста (PR) Граниты прочные, плотные.
- Уровень подземных вод.

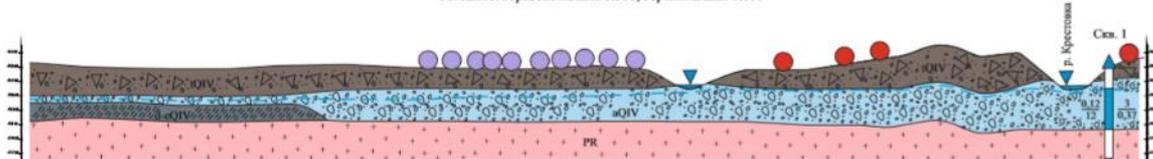
Формула химического состава подземных вод в скв. 1:



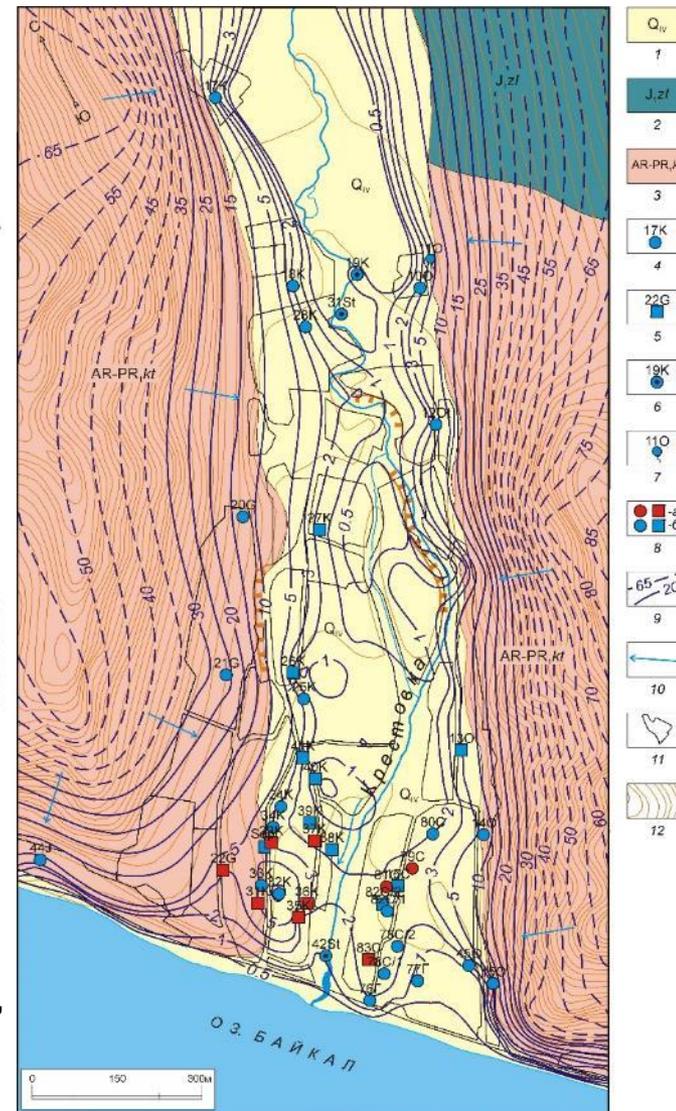
Изменение минерализации и водородного показателя подземных вод по профилю А-В



Гидрогеологический разрез по линии А-В
Масштаб: горизонтальный 1:500; вертикальный 1:100

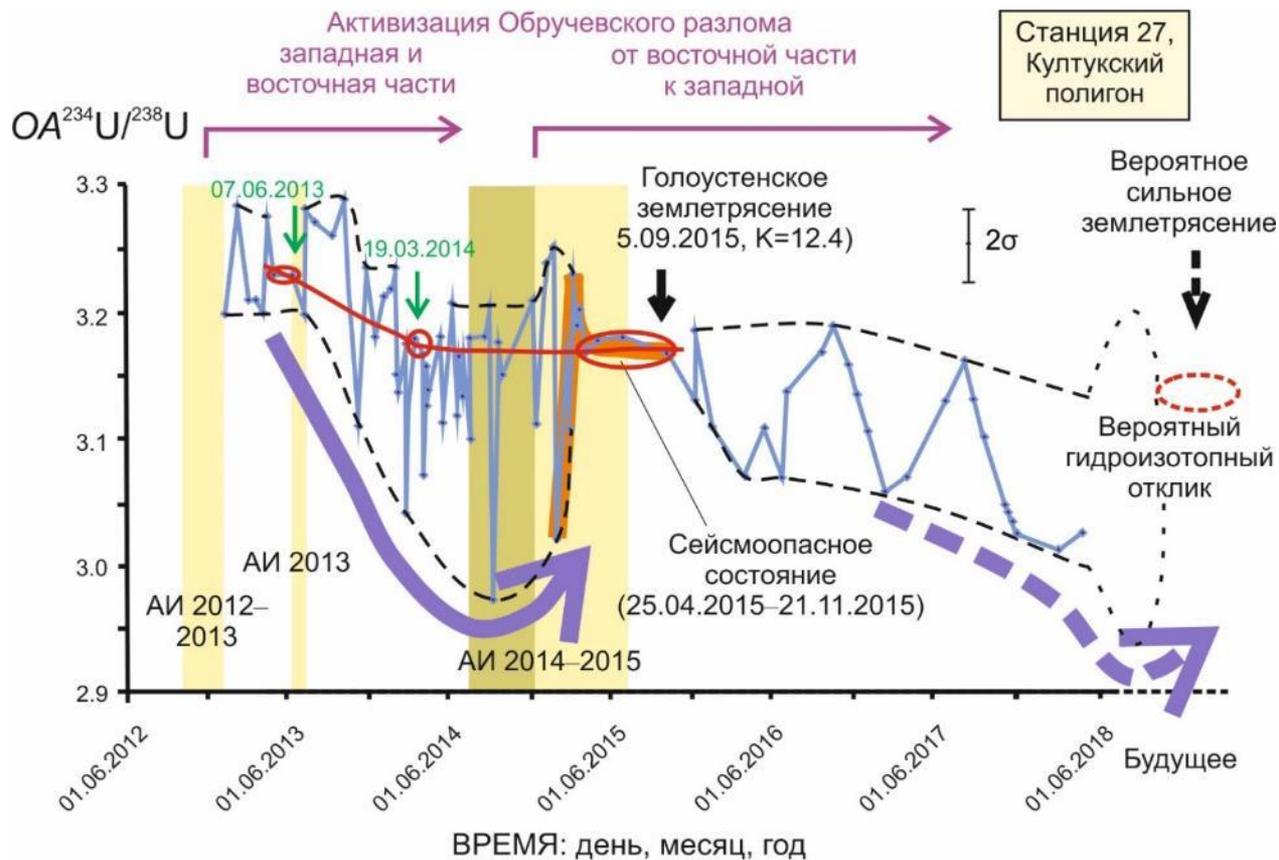


Наблюдение на базовых станциях в пределах зон распространения загрязненных подземных вод. Основные параметры наблюдений: температура, давление, уровень, проводимость, концентрация поллютантов (хлор, нитраты, нитриты, аммоний, фосфор и др.).



Мониторинг подземных вод

Временные вариации отношения активностей $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ в подземных водах Култукского полигона в 2013-2018 гг. и предполагаемый будущий гидроизотопный отклик на подготовку вероятного сильного землетрясения в Южно-Байкальской впадине



ОТНОШЕНИЯ АКТИВНОСТЕЙ (ОА) $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ АСЕЙСМИЧНЫЕ ИНТЕРВАЛЫ (АИ)

- малоамплитудные сейсмогенные
- экстремальные
- тренд минимумов
- h вариационный ход при генерации удаленного сильного землетрясения
- по всей протяженности Обручевского разлома
- в западной части этого разлома

Мониторинг гидро-, энерго-, экологического пространства

Сеть станций мониторинга:

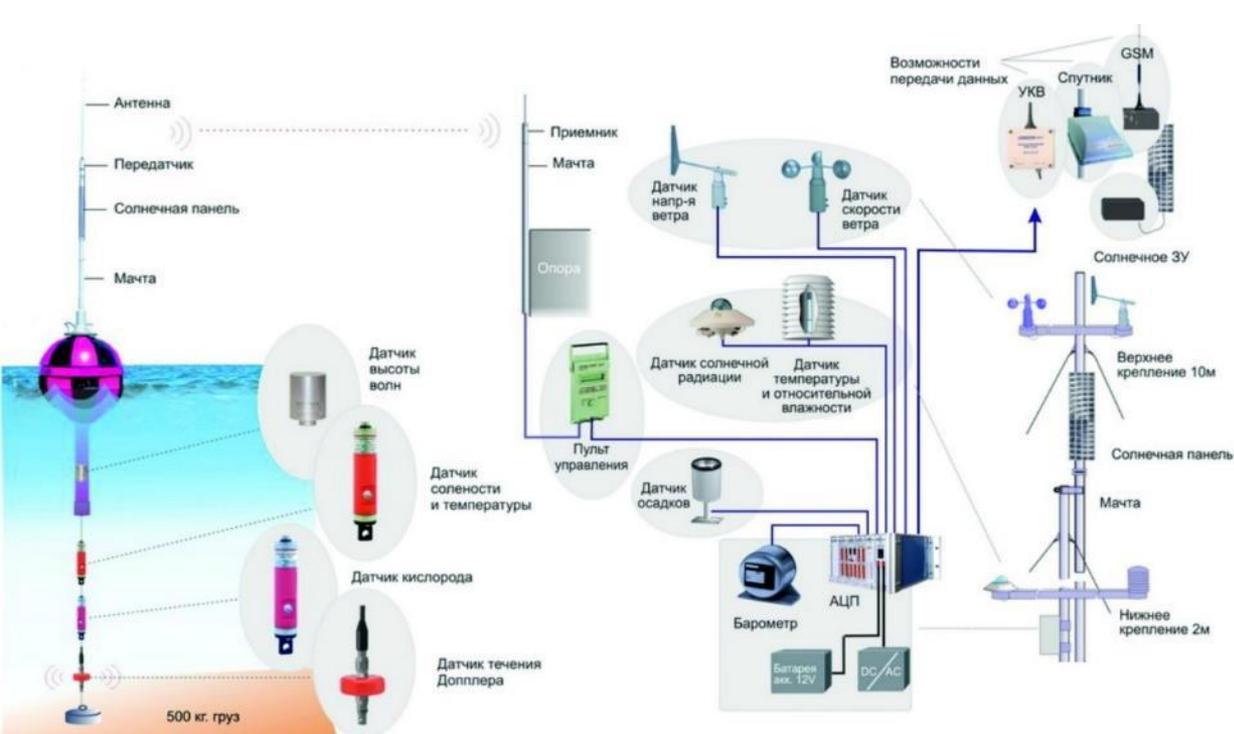
- объемов притоков и стоков воды в устьях всех рек;
- энергопотоков других возобновляемых энергоресурсов (активность солнечного излучения, ветропотоки, состояние атмосферы, потенциал геотермального тепла);
- контроля уровня загрязнения атмосферы

позволит:

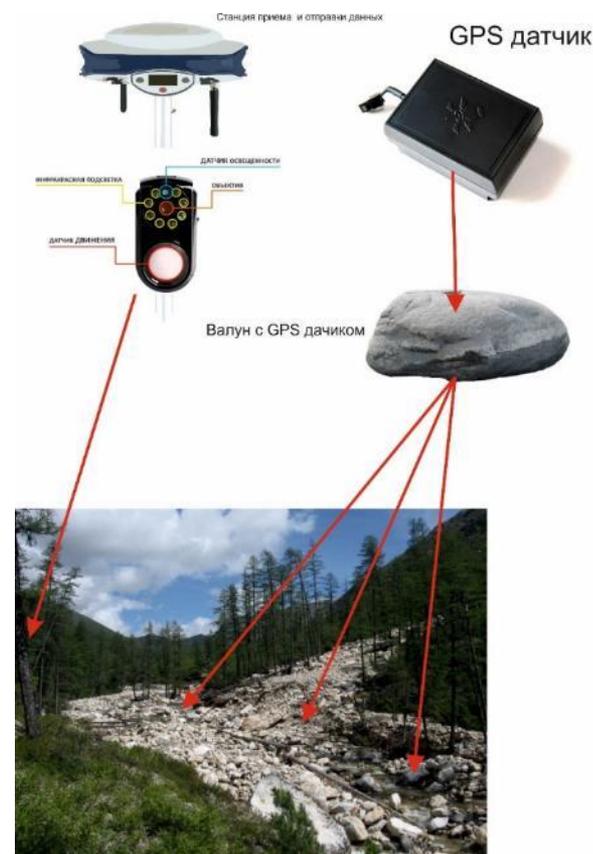
- прогнозировать региональные изменения климата на Байкальской природной территории, в том числе оценивать влияние внешних воздействий на абиотические факторы водной среды оз. Байкал;
- оценивать и прогнозировать изменения гидрологических процессов оз. Байкал и воздействия на них экзогенных (внешних) и эндогенных (внутренних) факторов;
- оценивать гидроэнергетический потенциал оз. Байкал и его изменения в зависимости от природно-климатических факторов;
- определять количество солнечной и ветровой энергии, поступающей в пространственные границы оз. Байкал, проводить оценку возобновляемых энергетических ресурсов и осуществлять выбор оптимальных технологий их использования;
- осуществлять формирование синхронизированной системы оптимального управления гидроэнергетическими потоками притоков, стока и уровня воды в оз. Байкал с учетом имеющейся возможности регулирования стока р. Ангара с помощью каскада ГЭС.

Мониторинг береговых процессов и температуры многолетнемерзлых грунтов

Система мониторинга береговых процессов и температуры многолетнемерзлых грунтов (метеостанции, температурные логгеры, метеорологические буи связанные в единую систему).



Автономная селевая мониторинговая станция



Мониторинг контроля уровня загрязнения атмосферы

Организация мониторинга атмосферы на репрезентативных станциях в трех котловинах оз. Байкал позволит оценивать и прогнозировать:

- региональные изменения парниковых газов (углекислый газ, метан, закись азота, озон), оксидов серы, азота, химического состава атмосферного аэрозоля, атмосферных осадков над оз. Байкал;
- источники их происхождения;
- роль атмосферы в формировании состава вод озера



Автоматические газоанализаторы французской фирмы «Environnement» уже работают на БПТ



Автоматический анализатор элементного состава аэрозоля

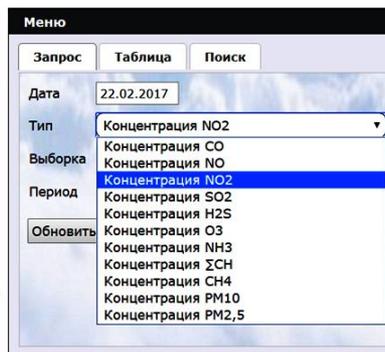
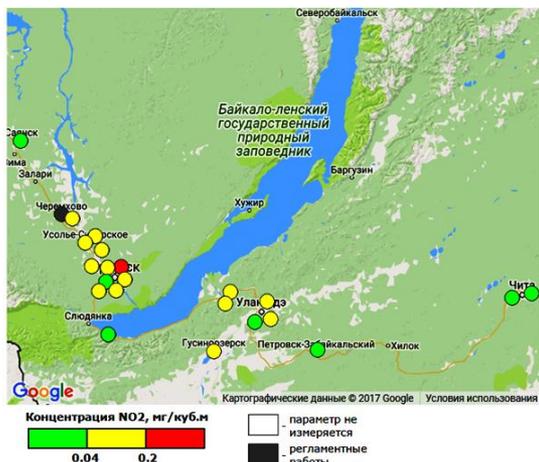


Автоматическая станция пробоотбора газов, аэрозоля, атмосферных осадков

Мониторинг контроля уровня загрязнения атмосферы

В 2013 году Росгидромет запущена в эксплуатацию система автоматического мониторинга атмосферы в городах Прибайкалья и Забайкалья. Байкал представлен только одной станцией – в г. Байкальске..
(Данные доступны в интернете: www.feerc.ru/baikal/ru/monitoring/air)

Лимнологическим институтом СО РАН с 2000 года открыта станция атмосферного мониторинга в районе истока р. Ангары, на территории Астрофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН.

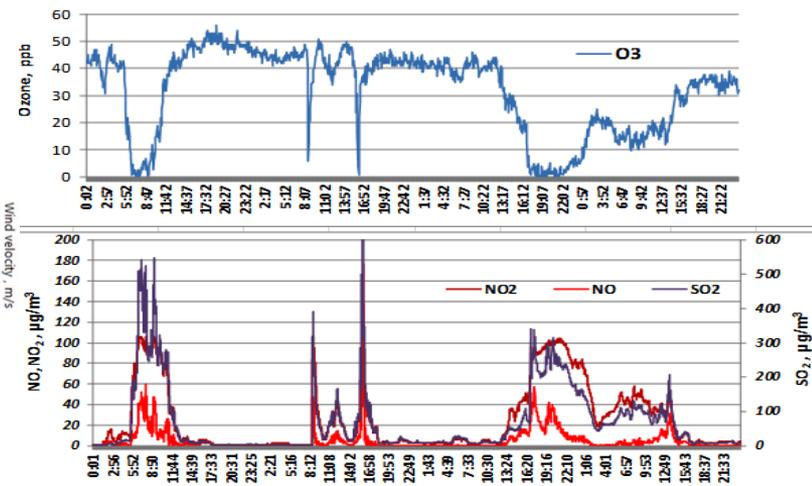
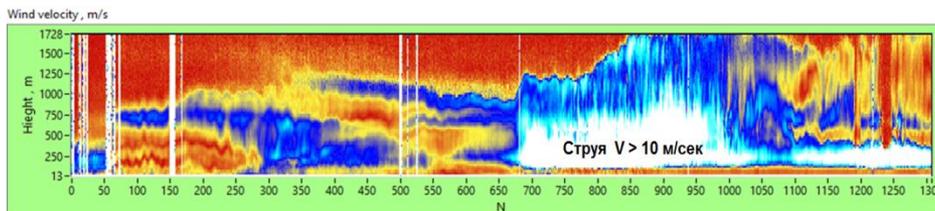


ПДК среднесуточная диоксида азота NO2 = 0.04 мг/куб.



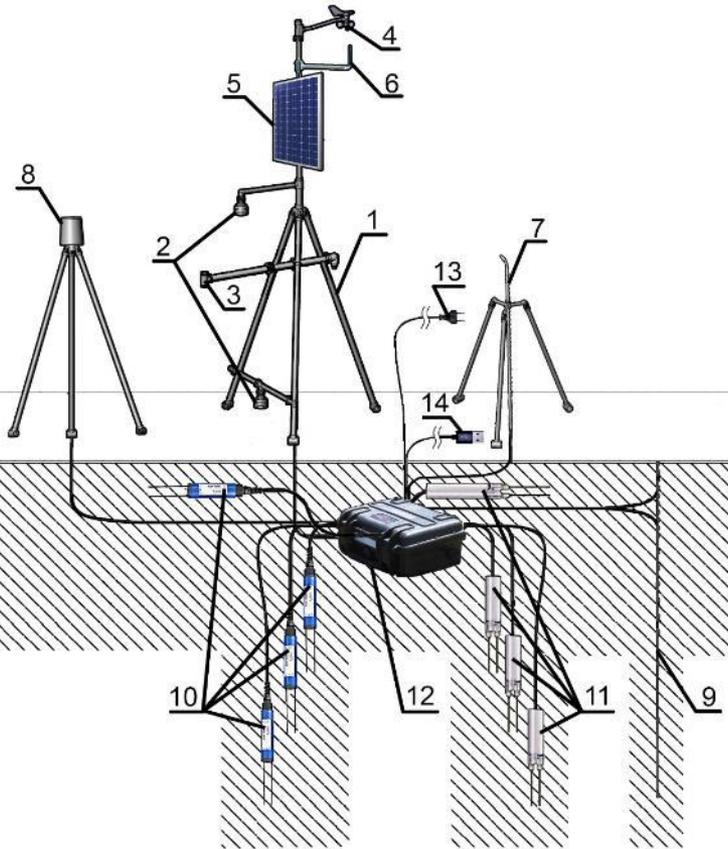
На станциях Росгидромета применено импортное оборудование, адаптированное к российским стандартам по слежению за состоянием атмосферного воздуха

На станции ведется цифровой автоматический мониторинг основных антропогенных газов. Это позволило выявить процессы переноса загрязнений со шлейфами крупных угольных ТЭЦ (Иркутска Ангарска) через исток Ангары на Байкал в системе ночных струйных воздушных течений в пограничном слое атмосферы.



Пример вертикальный строения струйного течения над истоком Ангары. Получено с помощью лазерного зондирования (Институт оптики атмосферы СО РАН)

Мониторинг атмосферного и почвенного климата



Атмосферно-почвенно измерительный комплекс (АПИК)

№	Компонент	Диапазон, погрешность
1	Мачта	10 или 2 м
2	Датчики температуры и влажности воздуха	-55...+50°C, ±0,3 °C; 0 ... 100%, ±3,5 %
3	Датчик суммарной солнечной радиации (2 канала)	диапазон 0,2... 10 мкм, ±10 %, 0–2000 (0-1300) Вт/м ² , - 55...+50°C
4	Датчик скорости и направления ветра	0,9 ... 78 м/с, ±5 %; 0 ... 360°, ±7 %
5	Солнечная батарея	
6	GSM-антенна	
7	Датчик снежного покрова	0...0,7 м, ±0,05 м;
8	Датчик жидких осадков	0... 1000 мм/ч, ±5 %;
9	Зонд профиля температуры	-55...+50°C, ±0,2 °C
10	Датчики влажности грунта,	0–70% (±2%); -15...+50°C
11	Датчики проводимости воды	10...2×10 ³ мкСм/см; ± 20%
12	Кейс с эл. начинкой и датчиком атмосферного давления	500... 1150 гПа, ±10 гПа; 375...862 мм.рт.ст., 7,5 мм.рт.ст.
13	Дублирующее питание	220 В
14	USB	

Мониторинг атмосферного и почвенного климата



Карта распространения типов многолетней мерзлоты и схема расположения полигонов АПИК

Геофизический мониторинг

Кластер геофизических инструментов:

- мезосферно-стратосферно-тропосферный радар и радар некогерентного рассеяния;
- мезосферно-стратосферный лидар (МС лидар);
- проблемно-ориентированные оптические инструменты (сверхчувствительные спектрографы, интерферометры, фотометры и камеры всего неба).

позволит проводить:

- мониторинг параметров атмосферы в их связи с сейсмической активностью Байкальского региона и антропогенными воздействиями;
- изучение процессов передачи энергии и формирования возмущений в атмосфере Земли, обусловленных воздействием мощных наземных источников, связанных с тектонической активностью;
- мониторинг геомагнитного поля, и его возмущений;
- оперативное обнаружение и мониторинг лесных пожаров;
- мониторинг изменчивости состояния растительного покрова в результате природных и антропогенных воздействий.

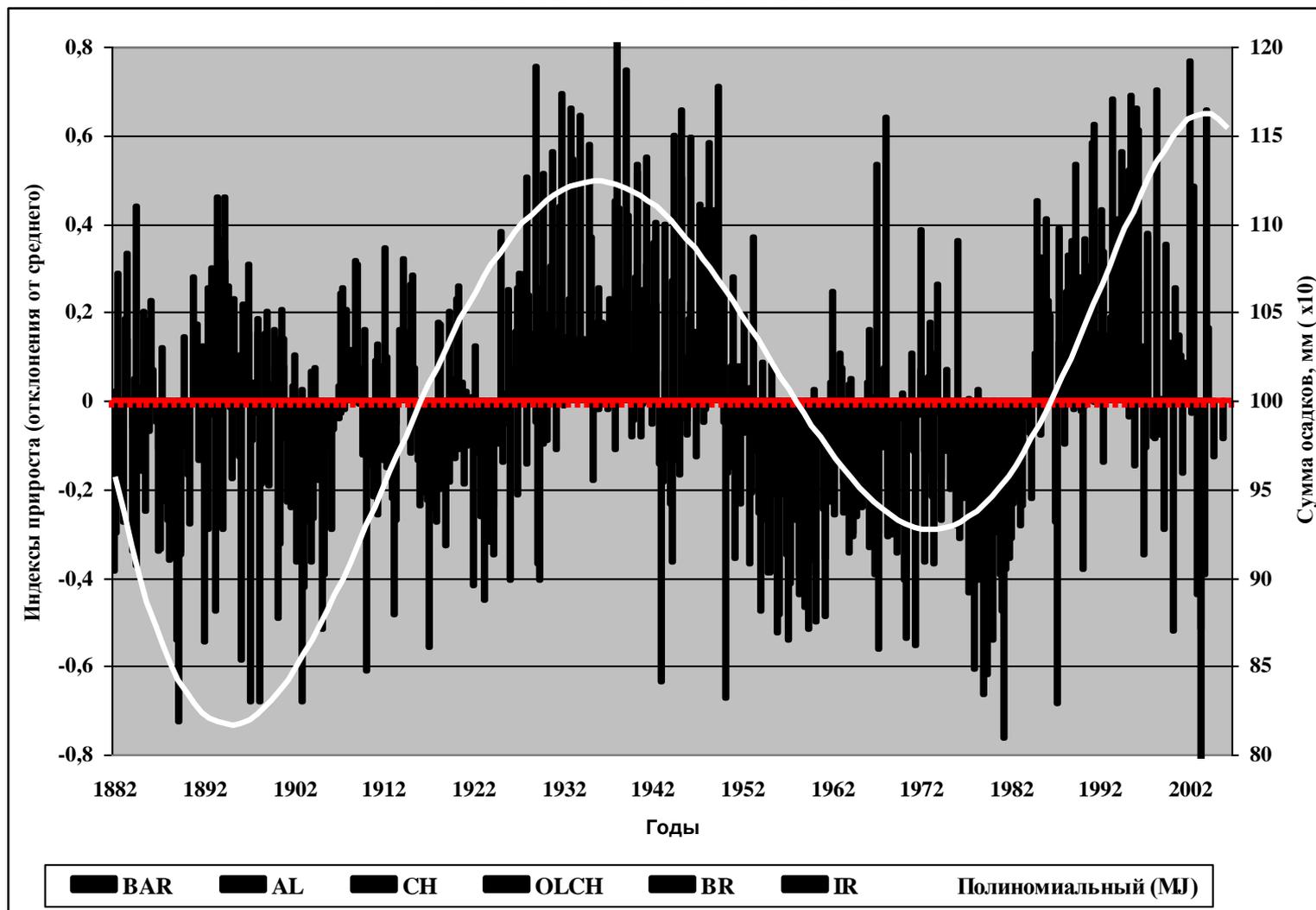
Лесной мониторинг

На основе дистанционного мониторинга в комплексе с наземным сбором информации будет создана целостная система лесного мониторинга Байкальской природной территории для отслеживания всех основных экологических рисков:

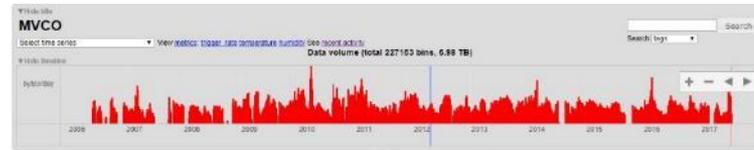
- лесные пожары;
- повреждение бактериальными болезнями и насекомыми;
- техногенное повреждение;
- внедрение чужеродной флоры и оскудение биоразнообразия.

Лесной мониторинг, прогнозирование

Составлена древесно-кольцевая хронология (ДКХ) крупных лесных пожаров юга Байкальского региона за последние 500 лет. На слайде фрагмент ДКХ всех обследованных районов на фоне изменения суммы осадков мая-июня (полиномиальный тренд)

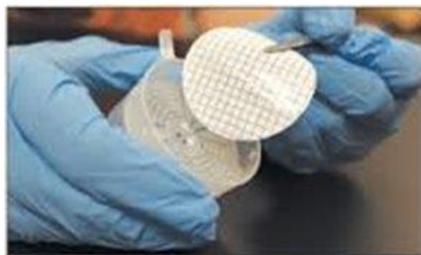


Модернизация методов мониторинга биоразнообразия



- Применение современных методов поточного анализа состава фитопланктона, с использованием погружных автономных поточных анализаторов с непрерывной видеофиксацией состава фитопланктона и последующей обработкой цифрового сигнала системами автоматического распознавания образов.
- Качественное и количественное определение биологических видов, присутствующих в точке отбора, на основе анализа пула ДНК, содержащихся в пробе воды или донных отложениях.

Мониторинг биоразнообразия

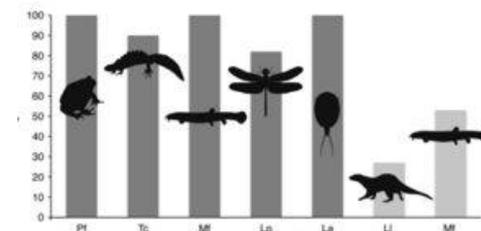


Сбор (отбор проб воды, грунта)

Анализ (метагеномное секвенирование)

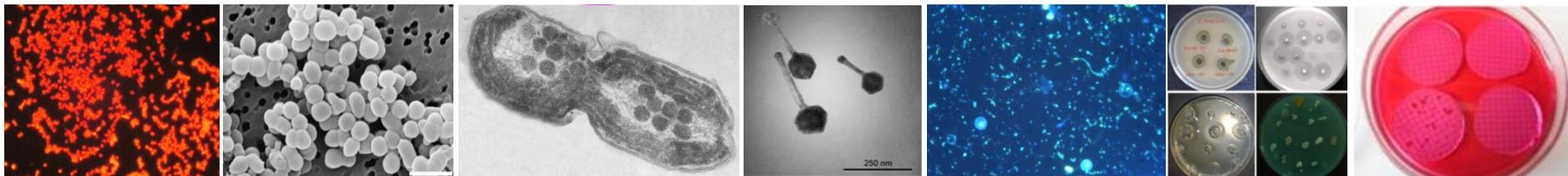
ДНК окружающей среды - внеклеточная ДНК, выделенная из природных субстратов (вода, донные отложения, почва ...).

- Анализ разнообразия видов
- Мониторинг изменений разнообразия и представленности видов
- Выявление редких и исчезающих видов.
- Анализ миграционного и нерестового поведения
- Анализ структуры сообществ видов



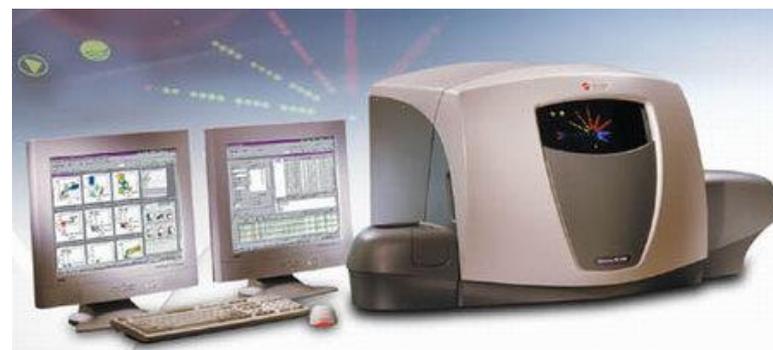
Интерпретация

Мониторинг биоразнообразия



Методы оценки численности и морфологии микроорганизмов оз. Байкал. Электронная (сканирующая и трансмиссионная) микроскопия и флуоресцентной микроскопия. Культивирование на селективных средах.

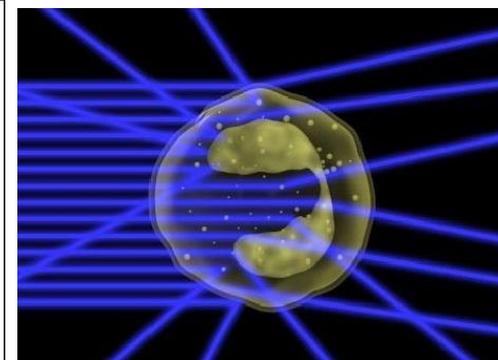
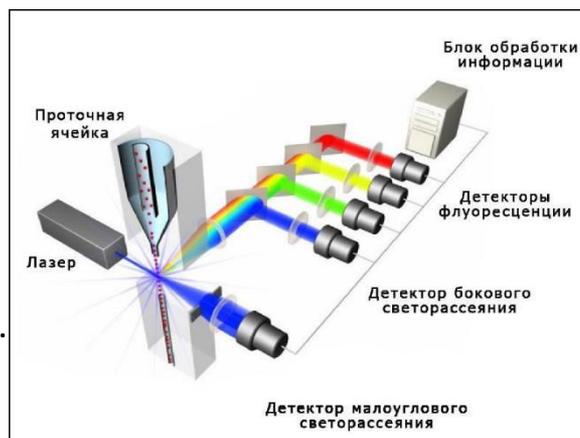
Проточная цитофлуориметрия. Суть метода – поток клеточной суспензии (кровь, вирусы, бактерии, водоросли) в ячейке сжимается, клетки выстраиваются в очередь и проходят через лазерный луч, регистрация рассеяния от которого позволяет учесть и охарактеризовать *каждую* клетку индивидуально. В современных приборах может быть до 7 лазеров и до 30 каналов детекции, что позволяет проводить многопараметрический анализ и исследовать сразу несколько свойств клеток из одной пробы (размер, форму, пигменты и т.п.). Цитометры-сортеры дают возможность сортировать клетки (до 70 000 событий в секунду) и разделять популяции.



Цитометр Beckman Coulter Cytomics FC 500

Преимущества цитофлуориметра:

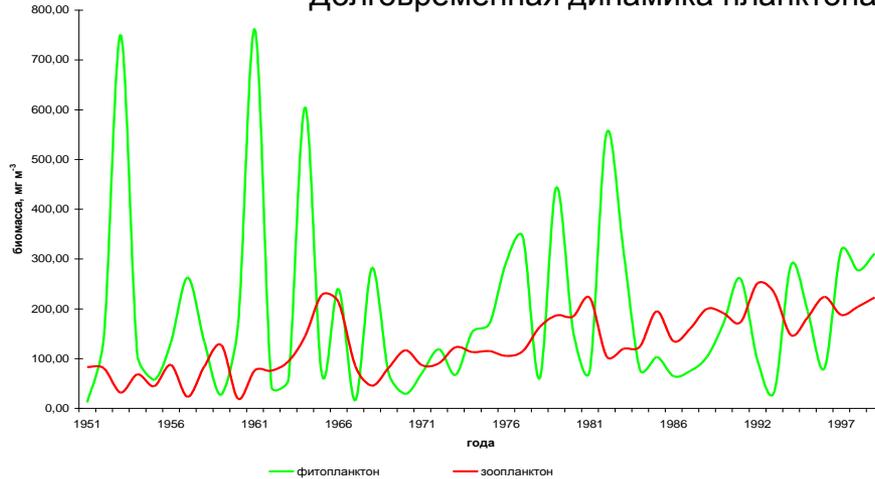
- ✓Короткое время анализа за счет высокой скорости.
- ✓Анализ большого количества клеток.
- ✓Измерение параметров редко встречающихся клеток.
- ✓Измерение интенсивности флуоресценции.
- ✓Сортировка.



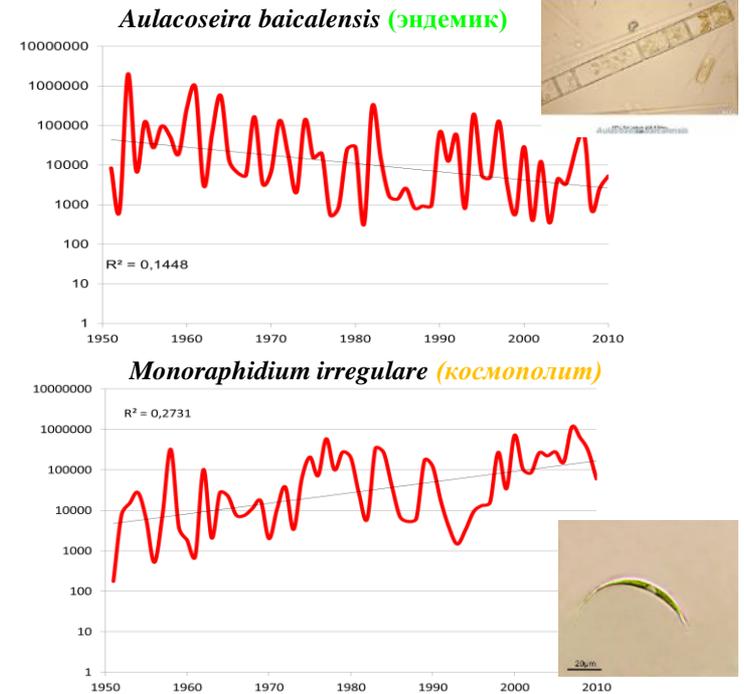
Боковое светорассеяние - side scatter.

Преимственность

Долговременная динамика планктона



Тренды, характеризующие динамику планктонных сообществ, а также соотношение видов (например: эндемиков vs космополитов) можно выявлять только на длительных рядах наблюдений

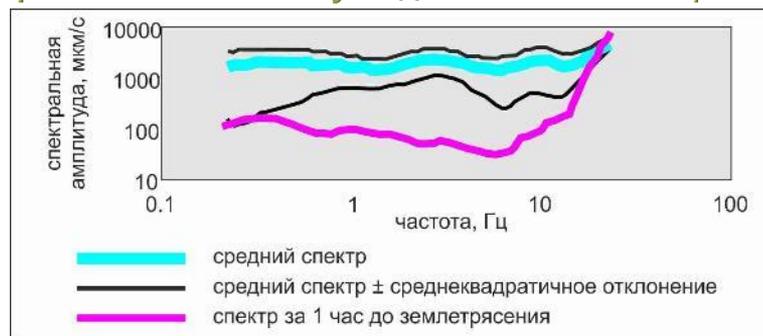


Необходимо обеспечить вопрос преимущественности создаваемого мониторинга с программой долговременного мониторинга планктонных сообществ. Предусмотреть возможность верификации данных полученных, в ходе новых наблюдений, путем сопоставления с данными, полученными ранее.

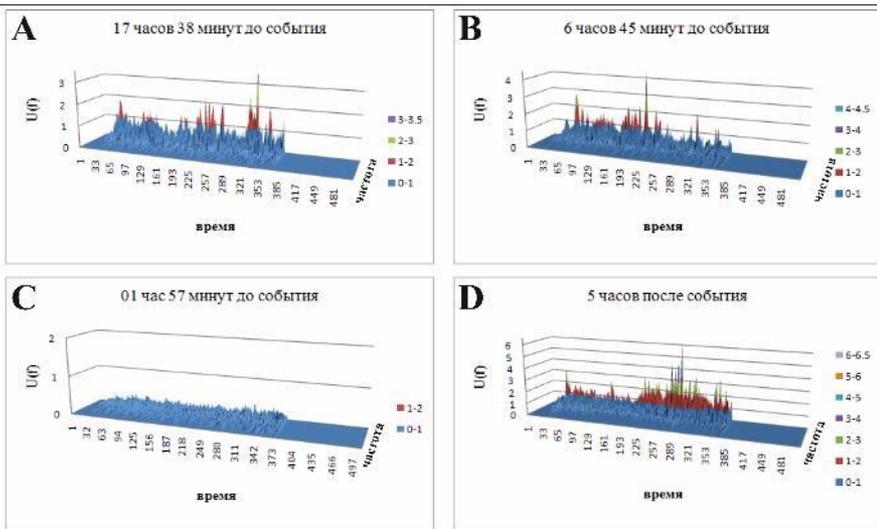
Микросейсмический мониторинг озера Байкал

- Будет осуществляться с целью создания фундаментальных основ технологии средне- и краткосрочного прогноза землетрясений, опасных эманационных и других процессов в Прибайкалье и смежных регионах;
- На основе разработанных в ИЗК СО РАН «Способ определения приближения сейсмического события» (Патент № 2572465, авторы Е.Н. Черных, А.А. Добрынина) и «Способ определения приближения селя» (Патент № 2656123, авторы: А.А. Добрынина, В.В. Чечельницкий, Е.Н. Черных).

Пример изменения амплитудных спектров микросейсмического шума до и после землетрясений

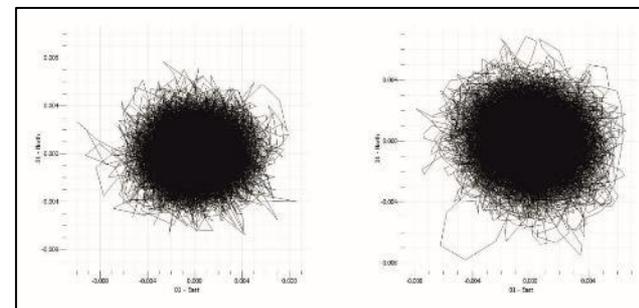
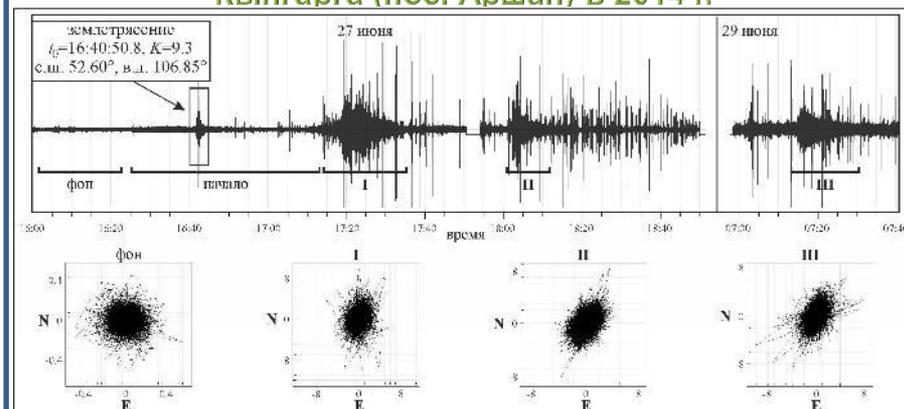


Куморское землетрясение, $K=14.3$, с/ст. Кумора, $\Delta=10$ км



Землетрясение 04.10.2002, с/ст. Северомуйск, $\Delta=40$ км

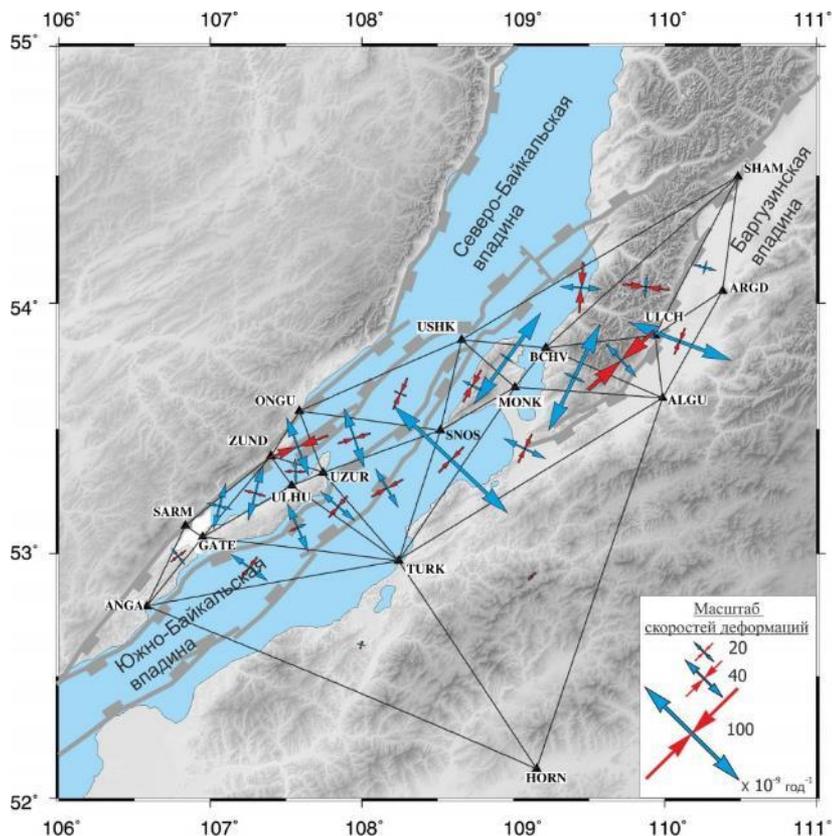
Пример изменения поляризации колебаний микросейсмического шума в спокойное время (фон), за 30 минут до (начало) и во время прохождения катастрофического водокаменного селя на р. Кынгарга (пос. Аршан) в 2014 г.



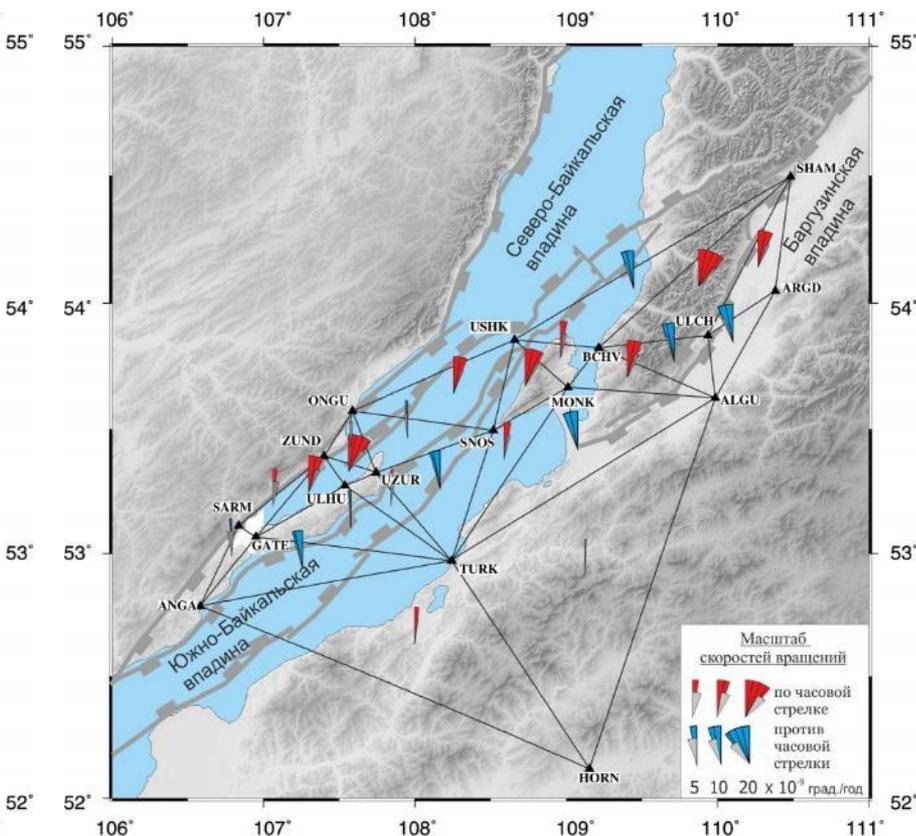
Для сравнения приведена поляризация микросейсм на с/ст. Аршан в спокойное время — в 2003-2004 гг.

Исследования деформаций земной коры Байкальской впадины методом спутниковой геодезии (GPS/ГЛОНАСС технология)

**Поле скоростей относительных
горизонтальных деформаций земной коры**



**Поле скоростей горизонтальных вращений
земной коры**

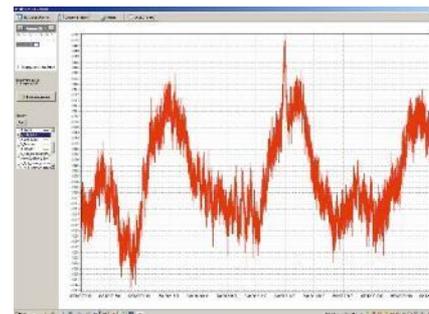


Мониторинг деформаций горных пород в зонах сейсмоопасных разломов в режиме реального времени

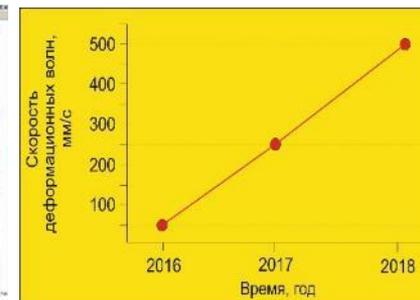
Блок-схема инструментального комплекса «Земная кора» для мониторинга деформаций горных пород на малых базах



Отображение данных в сервисной программе

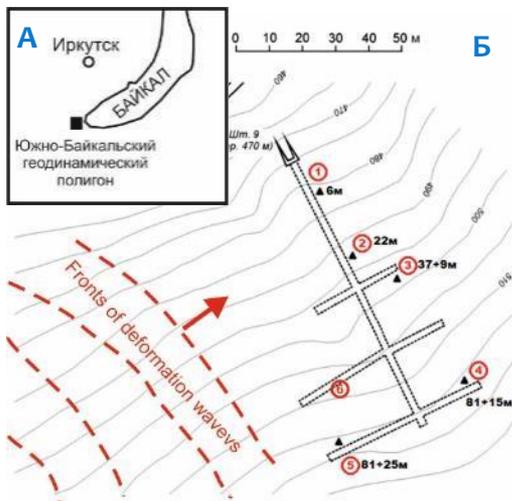


Изменение скорости деформационных волн за три года



Пункт мониторинга деформаций горных пород на Южно-Байкальском геодинамическом полигоне (А), состоящий из пространственной сети датчиков в горной выработке (Б)

Вертикальный и горизонтальный штанговые датчики в горной выработке



Аналого-цифровой преобразователь



Прибор сбора и передачи данных

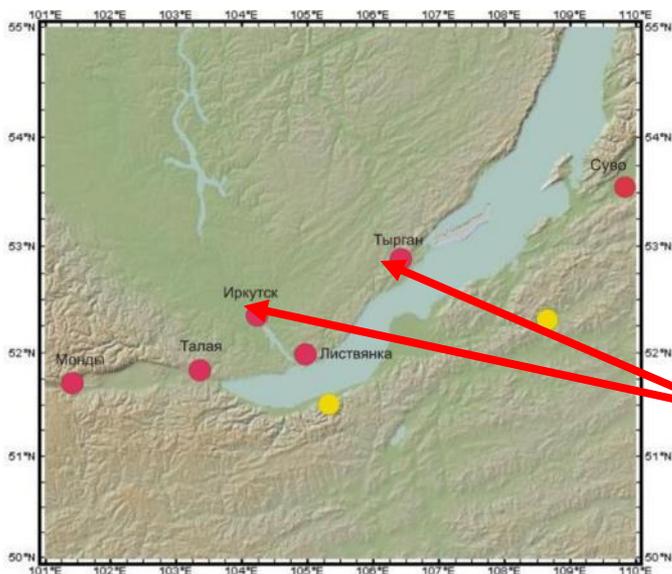


Основной результат: В структуре деформаций горных пород выявлена волновая составляющая. Скорость пространственного распространения деформационных волн увеличилась за последние три года на порядок с 50 до 500 мм/с, что указывает на рост тектонических напряжений в литосфере и подготовку очередного сильного землетрясения в пределах Южного Байкала.

Деформометрический и эманационный мониторинг в зонах разломов

Разломы Прибайкалья – это зоны наиболее интенсивных проявлений опасных природных процессов. Мониторинг деформаций и радоновой активности в их пределах позволяет следить за динамикой напряженно-деформированного состояния среды, выявлять предвестники сильных землетрясений и прогнозировать режим эманаций радона, негативно влияющего на здоровье человека.

Сеть пунктов мониторинга

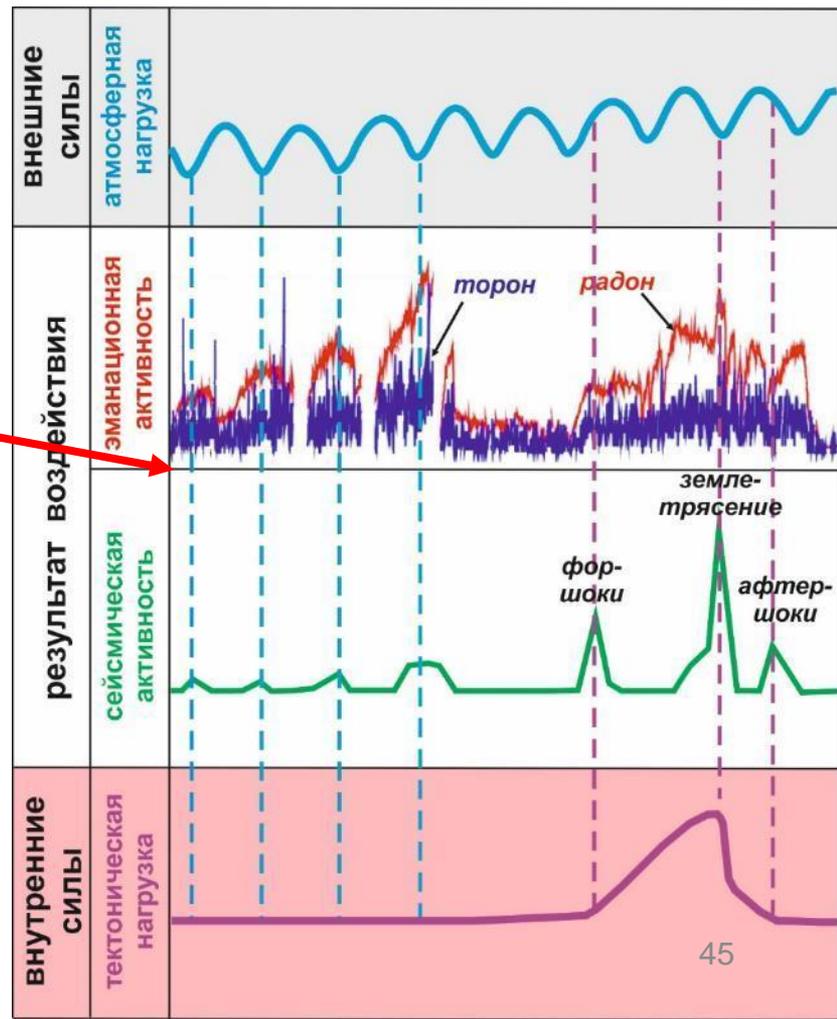
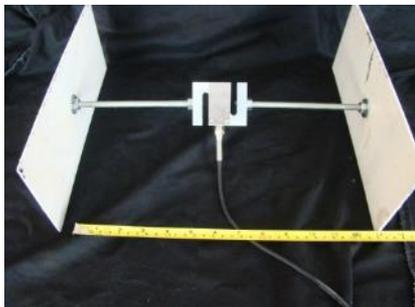


Модель проявления радоновой и сейсмической активности в ответ на изменение атмосферного и тектонического давлений

Радиометр на станции мониторинга



Датчик деформаций, источник питания с системой удаленного доступа на станции деформационного мониторинга



Медико-биологический мониторинг и мониторинг патогенных микроорганизмов

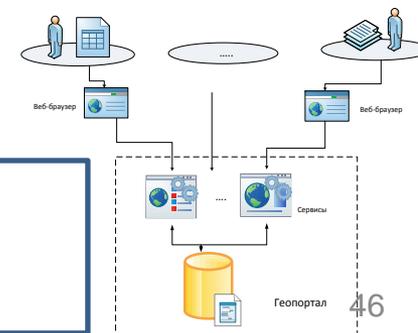
На станциях мониторинга: комплексный сбор биоматериалов из живой природы, медицинское обследование местного населения, первичная обработка материалов.
Забор и трансфер биоматериала в исследовательские лаборатории



Диагностика: микробиологические, вирусологические и серологические исследования населения, клещей и животных



Разработка геопортала: наполнение баз данных, синтез и анализ полученной информации, назначение мер профилактики заболеваний, проведение терапевтических мероприятий



Медико-биологический мониторинг и мониторинг патогенных микроорганизмов

Создание единой интерактивной базы данных состояния природных очагов инфекций - геопортал мониторинга клещевых инфекций на территории Прибайкалья

The screenshot displays a web application for monitoring tick-borne infections. At the top, there is a satellite map of a region in the Baikal area, with several areas highlighted in red and yellow. A red-bordered inset window shows a landscape with a lake and mountains. Below the map is a data table with the following columns: ID, Координаты (ш/д) (Coordinates (lat/lon)), Название населенного пункта (Settlement Name), and Название (Name). The table contains several rows of data. Below the table, there are three more inset images: a red and black tick on a leaf, a purple tick on a green stem, and a landscape with a dirt road and mountains.

ID	Координаты (ш/д) (Coordinates (lat/lon))	Название населенного пункта (Settlement Name)	Название (Name)
10	51	Иркутск	Иркутск
11	52	Улан-Удэ	Улан-Удэ
12	53	Баян-Өлгий	Баян-Өлгий
13	54	Дорнод	Дорнод
14	55	Сүхбаатар	Сүхбаатар
15	56	Төв	Төв
16	57	Ховд	Ховд
17	58	Архангай	Архангай
18	59	Дархан-Уул	Дархан-Уул
19	60	Өвөрхангай	Өвөрхангай
20	61	Завхан	Завхан
21	62	Дорнод	Дорнод
22	63	Сүхбаатар	Сүхбаатар
23	64	Төв	Төв
24	65	Ховд	Ховд
25	66	Архангай	Архангай
26	67	Дархан-Уул	Дархан-Уул
27	68	Өвөрхангай	Өвөрхангай
28	69	Завхан	Завхан
29	70	Дорнод	Дорнод
30	71	Сүхбаатар	Сүхбаатар
31	72	Төв	Төв
32	73	Ховд	Ховд
33	74	Архангай	Архангай
34	75	Дархан-Уул	Дархан-Уул
35	76	Өвөрхангай	Өвөрхангай
36	77	Завхан	Завхан
37	78	Дорнод	Дорнод
38	79	Сүхбаатар	Сүхбаатар
39	80	Төв	Төв
40	81	Ховд	Ховд
41	82	Архангай	Архангай
42	83	Дархан-Уул	Дархан-Уул
43	84	Өвөрхангай	Өвөрхангай
44	85	Завхан	Завхан
45	86	Дорнод	Дорнод
46	87	Сүхбаатар	Сүхбаатар
47	88	Төв	Төв
48	89	Ховд	Ховд
49	90	Архангай	Архангай
50	91	Дархан-Уул	Дархан-Уул
51	92	Өвөрхангай	Өвөрхангай
52	93	Завхан	Завхан
53	94	Дорнод	Дорнод
54	95	Сүхбаатар	Сүхбаатар
55	96	Төв	Төв
56	97	Ховд	Ховд
57	98	Архангай	Архангай
58	99	Дархан-Уул	Дархан-Уул
59	100	Өвөрхангай	Өвөрхангай

Аналитический центр оценки влияния факторов окружающей среды на здоровье населения



Информация от участников оценки факторов окружающей среды:

- физические факторы
- химические
- геохимические
- показатели гидро-биомониторинга
- социально-экономические

Информация от сети мониторинга здоровья населения

по факторам среды:

- эпидемиологические
- микробиологические

по показателям здоровья населения:

- гематологические
- иммуно-биохимические
- генно-молекулярные
- показатели основных систем организма: сердечно-сосудистой, эндокринной, респираторной и т.д.
- социально-демографические
- показатели рождаемости, смертности, заболеваемости.

Принятие управляющих решений

Центр обработки данных

Комплексный мониторинг экосистемы озера Байкал нуждается в информационно-коммуникационной поддержке процессов сбора, хранения и управления получаемых данных. Наборы данных, формируемые в результате мониторинга, характеризуются разнородностью и разноструктурированностью (реляционные базы данных, электронные таблицы, тематические карты, космоснимки, 3D-модели, фото и видео изображения и др.), пространственно-темпоральной привязкой, мультидисциплинарностью, большим объёмом и высокой скоростью роста объёмов информации. Наличие общей системы управления полученными наборами данных обеспечит выполнение поиска закономерностей и интеллектуального анализа данных, построение прогнозных моделей состояния экосистемы оз. Байкал, создание тематических карт и баз данных.

Центр обработки данных

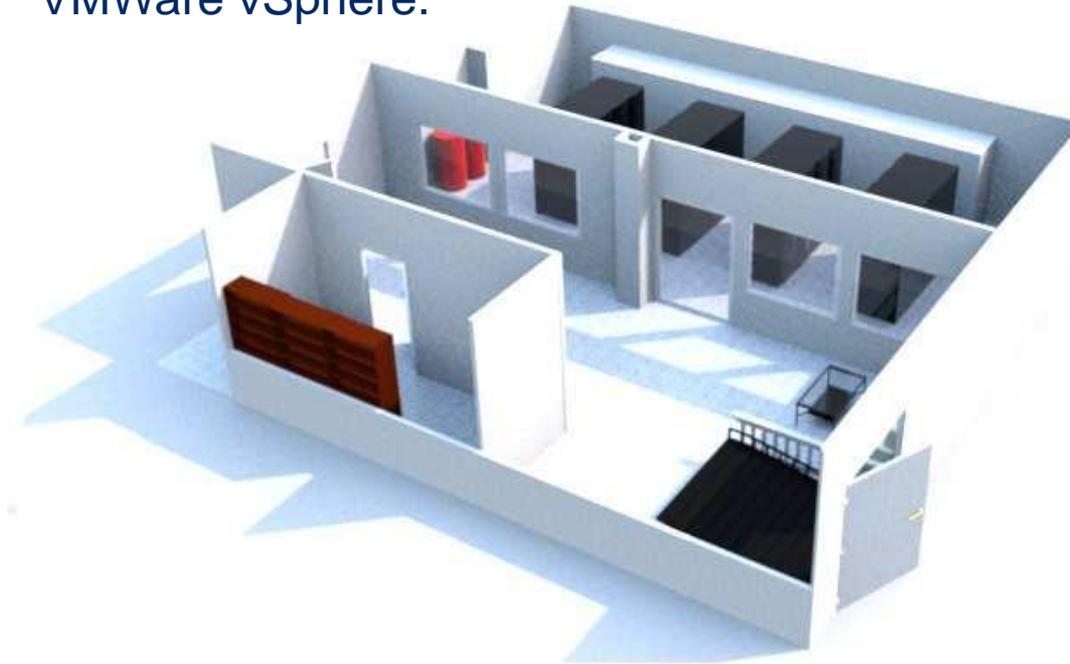
В рамках реализации проекта:

- на базе существующих ЦКП «Интегрированная информационно-вычислительная сеть Иркутского научно-образовательного комплекса» (ИИВС ИрНОК) и ЦКП «Иркутский суперкомпьютерный центр» (ИСКЦ) будет создан центр сбора, хранения и высокопроизводительной обработки данных цифрового мониторинга, в том числе данных, относящихся к категории BigData;
- будет создана унифицированная инфраструктура передачи данных от станций мониторинга в ЦОД с возможностью их интеграции и дальнейшего совместного использования;
- будет развито аппаратное и программное обеспечение ЦКП ИСКЦ, что обеспечит повышение доступности высокопроизводительных вычислительных ресурсов для обработки данных цифрового мониторинга, в том числе, с применением средств суперкомпьютерного моделирования;
- на базе построенной инфраструктуры будут разработаны и внедрены наукоемкие цифровые информационно-сервисные программные платформы (в том числе мобильные), которые повысят доступность данных мониторинга для органов власти, бизнес-сообщества, ученых и населения, обеспечат поддержку проведения оперативного анализа и принятия решений по проблемам озера Байкал и прилегающей территории.

Центр обработки данных

Создание центра обработки данных на начальном этапе включает:

- реконструкцию инженерной инфраструктуры – систем бесперебойного питания и охлаждения;
- модернизацию сетевой инфраструктуры;
- развертывание серверов и систем хранения и обработки данных на базе оборудования HPE и программного обеспечения виртуализации VMWare vSphere.



Центр обработки данных

Масштабирование вычислительной инфраструктуры - дооснащение вычислительного кластера ЦКП ИСКЦ узлами на базе:

- ❖ процессоров Intel Xeon и графических ускорителей NVidia Tesla последних поколений;

+ 300 TFlops

- ❖ высокопроизводительной системой хранения данных с параллельной файловой системой Panasas ActiveStor 18;

+ 120 TB



Прикладной и инновационный потенциал, практическая значимость

Будет получена качественно новая информация, которая послужит основой для разработок и технологий в различных сферах:

- **цифровая экономика и государственное управление,**
- **управление водными ресурсами и гидроэнергетическим потенциалом,**
- **технологии эффективного экологически чистого энергосбережения,**
- **управление рисками,**
- **предупреждение чрезвычайных ситуаций,**
- **методы прогноза,**
- **новые системы и природоподобные технологии, биотехнологии, а также экологически чистые агро- и аквахозяйство.**

Организации заинтересованные в реализации проекта

- Министерство природных ресурсов и экологии РФ
- Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет)
- Федеральная служба по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор)
- Федеральное агентство водных ресурсов (Росводресурсы)
- Правительство Иркутской области
- Министерство природных ресурсов и экологии Иркутской области
- Министерство экономического развития Иркутской области
- Муниципалитеты прибрежной зоны Байкала
- Агентство по туризму Иркутской области
- Управление Росприроднадзора по Иркутской области
- Управление Росгидромета по Иркутской области
- Учреждения науки и образования Иркутской области и Республики Бурятия

ПРЕДПРИЯТИЯ РЕАЛЬНОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ

- ПАО «Иркутскэнерго»
- ПАО «Иркутская электросетевая компания»
- ПАО «Русгидро»
- ПАО «Российские сети»
- Группа EN+
- Иркутская региональная ассоциация турбизнеса
- Восточно-Сибирское речное пароходство

Подготовка кадров, влияние проекта на развитие кадрового потенциала СФО

Реализация проекта будет способствовать развитию кадрового потенциала на всех уровнях:

- интеграции научных коллективов учреждений и университетов, в том числе зарубежных (до 2500 исследователей осуществляющих эксперименты и не менее 5000 имеющих доступ к центру обработки данных мониторинга);
- включению в образовательный процесс научных кадров, проведение не менее 100 практик и экспедиций студентов, магистрантов, аспирантов;
- реализации новых образовательных программ по направлениям биология, география, гидрохимия, геология и информационные технологии с исследовательскими проектами студентов, магистрантов, аспирантов.

Сроки реализации проекта 2019-2024 год

Год	Прогнозные объемы финансирования млн. руб.			
	всего	в том числе		
		федеральный бюджет	бюджеты субъектов РФ и муниципа- льных образований	внебюджет- ные средства
2019	300	270	30	—
2020	500	450	50	—
2021	500	450	50	—
2022	500	450	50	—
2023	600	540	60	—
2024	600	540	60	—
Итого:	3000	2700	300	—

Организационно-правовая форма реализации проекта - консорциум Участники консорциума

- Иркутский научный центр СО РАН
- Институт геохимии имени А.П. Виноградова СО РАН
- Институт динамики систем имени В.М. Матросова СО РАН
- Институт земной коры СО РАН
- Лимнологический институт СО РАН
- Байкальский музей ИНЦ
- Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН
- Институт солнечно-земной физики СО РАН
- Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН
- Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН
- Иркутский филиал Института лазерной физики СО РАН
- Иркутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
- Иркутский научный центр хирургии и травматологии
- Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований
- Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека
- Иркутский государственный университет
- Иркутский национальный исследовательский технический университет
- Геологический институт СО РАН (г. Улан-Удэ)
- Байкальский институт природопользования СО РАН (г. Улан-Удэ)
- Институт вычислительных технологий СО РАН
- Бурятский государственный университет
- Институт физического материаловедения СО РАН