

Федеральное агентство научных организаций

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ГЕОХИМИИ ИМ. А.П. ВИНОГРАДОВА СИБИРСКОГО
ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

УДК 550.4:552.57/.58

№ госрегистрации 01201351653



УТВЕРЖДАЮ

Директор ИГХ СО РАН

чл.-корр. РАН

В.С.Шацкий

« 12 » 01 2016 г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

по теме

Динамика природной среды и климата плейстоцена и голоцена Южной Сибири на основе изучения осадочных бассейнов озер и болотных систем с применением биостратиграфических, геохимических, радиофизических методов для установления ее хронологии и причин
№ 0350-2014-0003
(промежуточный)

Научный руководитель темы

академик РАН М.И. Кузьмин

подпись, дата 12.01.2016.

Иркутск 2016

СПИСОК ОСНОВНЫХ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ:

Руководитель блока,
зав.лаб.,
д-р географич. наук

Евгень 11.01.2016
подпись, дата

Исполнители темы

Александр 12.01.2016
подпись, дата

Крайнов 11.01.2016
подпись, дата

С.С. 11.01.2016
подпись, дата

Маркова 12.01.16
подпись, дата

Тарасова 11.01.2016
подпись, дата

**Е. В. Безрукова (реферат, введение,
разделы 1-3, заключение, компиляция
отчета)**

Е В. Иванов (частично разделы 1-2)

**М.А. Крайнов (раздел 4, оформление
отчета по ГОСТу)**

С.С. Кострова (раздел 5)

Ю.Н. Маркова (раздел 9)

Е.Н Тарасова (раздел 10)

УДК 550.4:552.57/58

Реферат

Отчет 34 с., 15 рис., 11 источников.

Ключевые слова: реконструкция изменений природной среды, климата, донные отложения, малые озера, болотные системы, искусственно созданные водоемы, поздний плейстоцен-голоцен, створки диатомовых водорослей, органическое вещество, метан.

Объектами исследования стали донные отложения малых озер, болотных систем юга Сибири, донные отложения озер Республики Бурятия, Забайкалья, Жом-Болокского вулканического плато, донные отложения искусственно созданных водоемов (Братское водохранилище).

Цель работы — реконструкция изменений природной среды, климата и ландшафтов глубоко континентальной территории Восточной Сибири в позднем плейстоцене-голоцене.

В процессе работы проводилось комплексное изучение кернов донных отложений из озер Котокель, Баунт, Арахлей, Братского водохранилища, торфяника из долины р. Выдриная методами абсолютной геохронологии, геохимического, рентгенофлуоресцентного с синхротронным излучением, кислородно-изотопного, палеомагнитного, палинологического, литологического анализов. В результате исследования впервые получена характеристика особенностей озерного морфолитогенеза и разработана морфогенетическая классификация озерных котловин Жомболокского вулканического района, охарактеризованы репрезентативные представители каждой разновидности; впервые исследован рельеф дна котловины оз. Баунт и получены первые данные об изменении экосистемы озера за последние 7 тысяч лет. Получены первые предварительные результаты изучения магнитной восприимчивости, идеальной намагниченности, наклонения, палеонапряжённости донных отложений оз. Баунт, концентрации биогенного кремнезема и массовых скоростей накопления, на основе чего проведена реконструкция ландшафтно-климатических условий седиментогенеза в озере за последние 30 тысяч лет. Обобщены результаты первого для малых озер юга Сибири исследования створок диатомовых водорослей из донных отложений оз. Котокель изотопно-кислородным методом. На основе полученных данных реконструированы особенности реакции системы озера на глобальные климатические изменения за последние 46 тыс. лет. В результате применения РФА СИ были получены новые сведения о химическом составе донных отложений озерных и озерно-болотных отложений Байкальского региона, с детальным рассмотрением брома, как потенциального элемента-индикатора. Проведен анализ органического вещества в донных отложениях искусственно-созданных водоемов (на примере Братского водохранилища), установлено неоднородное распределение его содержания с тенденцией увеличения к плотине Братской ГЭС.

Получены данные по компонентному составу углеводородных газов и изотопным характеристикам метана в озерах Бормашевое, Котокель и Духовое, а также в скважинах (источниках) вскрывших термальные воды (Энхалук, Сухая). Проведена генетическая типизация газа в исследованных объектах.

Основные научные показатели: высокая степень новизны полученных материалов и выводов.

Степень внедрения — не внедрено, но результаты готовятся к публикации в рецензируемых журналах, учитываемых в системах WoS, Scopus и РИНЦ.

Содержание

Введение	6
Раздел 1. Результаты изучения морфолитосистем Жомболокского вулканического района	7
Раздел 2. Результаты батиметрического изучения котловины оз. Баунт	9
Раздел 3. Предварительные результаты комплексного изучения донных отложений оз. Баунт и реконструкция ландшафтно-климатических условий седиментогенеза в озере за последние 7 тысяч лет	11
Раздел 4. Предварительные результаты изучения магнитной восприимчивости, идеальной намагниченности, наклона и палеонапряжённости донных отложений оз. Баунт и реконструкция ландшафтно-климатических условий седиментогенеза в озере за последние 30 тысяч лет	13
Раздел 5. Результаты изучения изотопного состава кислорода створок диатомовых водорослей из донных отложений оз. Котокель (Бурятия)	15
Раздел 6. Работы на стационаре Ханх ИГХ СО РАН (Монголия)	18
Раздел 7. Изучение и определение изотопных характеристик метана из осадков малых озер и термальных источников Южной Сибири	19
Раздел 8. Исследование особенностей накопления биогенного кремнезема в донных отложениях оз. Баунт (северная часть Забайкалья)	20
Раздел 9. Результаты геохимического исследования озерных, озерно-болотных и пещерных отложений методом РФА с использованием синхротронного излучения	22
Раздел 10. Анализ органического вещества в донных отложениях искусственно-созданных водоемах (на примере Братского водохранилища)	27
Основные результаты проведённого исследования	31
Список публикаций по теме	33
Список использованных источников	34

Введение

Исследование динамики природной среды и климата является одной из актуальнейших проблем современной науки. Поиск путей ее решения стал важной частью Государственной научно-технической программы России «Глобальные изменения природной среды и климата», где надежная реконструкция ландшафтно-климатических изменений для выявления динамики естественных изменений биосферы рассматривается как одна из приоритетных задач. Изучение механизма изменений природных условий в прошлом является важным шагом к пониманию современных процессов, происходящих в природе. В настоящее время общество располагает довольно ограниченным набором природных объектов, подходящих для палеоэкологических реконструкций. Одним из перспективных объектов для изучения разномасштабной динамики экосистем являются донные отложения озер и торфяники болотных экосистем. Целью исследований 2015 года по проекту стала реконструкция динамики озерных и болотных экосистем юга Восточной Сибири в голоцене и позднем плейстоцене, выяснение возможных причин ее изменений и механизмов, их вызывавших. Для достижения цели исследований 2015 года комплексом геохимических, изотопных, литологических, геолого-геоморфологических, палеонтологических методов с применением метода радиоуглеродного датирования были изучены озерные морфолитосистемы Жомболокского вулканического района, донные отложения озер Котокель и Баунт и торфяные отложения болотной экосистемы в долине р. Выдриная.

Раздел 1. Результаты изучения морфолитосистем Жомболокского вулканического района

Исследованы озерные морфолитосистемы Жомболокского вулканического района в Восточном Саяне. Геоморфологическая позиция, происхождение, особенности строения и развития озерных котловин охарактеризованы в комплексе с их осадочным выполнением. Разработана морфогенетическая классификация озер, описаны репрезентативные представители каждой разновидности. Рассчитаны скорости осадконакопления. Установлено, что оз.Хара-Нур, образованное в результате подпора долины реки Жом-Болок лавовым потоком, в современном своем облике возникло около 5500 – 5000 лет назад.

В результате проведенных исследований впервые получена характеристика особенностей озерного морфолитогенеза и разработана морфогенетическая классификация озерных котловин Жомболокского вулканического района, охарактеризованы репрезентативные представители каждой разновидности. На территории района насчитывается 658 озерных водоемов. Их средние размеры составляют 0.3-0.5 км². Крупнейшее озеро Хара-Нур имеет площадь 9 км². Геоморфологическая позиция озер разнообразна: около 211 озер расположено в днищах долин, два озера занимают днища вулканических кратеров, более 450 водоемов приурочено к вершинному поясу гор.

Все озерные котловины объединяются в четыре генетические группы – обусловленные вулканической деятельностью, гляциальными и постледниковыми флювиальными процессами комплексного происхождения. Озера первой группы ассоциированы непосредственно с лавовыми потоками и вулканами долины р.Жом-Болок (рис. 1). Водоемы ледникового происхождения имеют повсеместное распространение, они расположены и в днище долины, и в вершинном поясе ее горного обрамления. Вулканические постройки были обнаружены и в верховьях соседней долины р.Сенца, поэтому озера этой долины нами также включены в анализ. Некоторые озера района исследования были созданы комплексом рельефообразующих процессов, и их котловины имеют полигенетический характер, преимущественно гляциально-флювиального типа.

Проведенные исследования показали, что наиболее широкое распространение в Жомболокском районе получили лимнические морфолитосистемы вулканического и гляциально-нивального происхождения. Они составляют основу местных озерных ландшафтов. Подчиненное значение имеют водоемы флювиального и комплексного генезиса. Все они были сформированы в позднеледниковое время и голоцене. Из озер каждой выделенной разновидности нами были отобраны колонки донных отложений ненарушенной структуры. На основании радиоуглеродного датирования основания каждого керна были рассчитаны средние скорости осадконакопления в озерах. В озерах ледникового происхождения гольцового пояса они обычно составляют 7-10 см/тыс. лет и до 20 см/тыс. лет в водоемах вулканического генезиса.

Раздел 2. Результаты батиметрического изучения котловины оз. Баунт

Выполнена батиметрическая съемка котловины оз. Баунт (Северное Забайкалье). Измерения глубин выполнялись с моторной лодки галсами, покрывающими всю площадь акватории водоемов, и с использованием трехмерного 6-лучевого эхолота Humminbird Matrix 748×3D. Для котловины оз. Баунт было произведено 257 замеров. По результатам проведенных работ были построены батиметрические карты-схемы водоемов.

Рельеф оз. Баунт был исследован впервые. Максимальная глубина оз. составила 34 м (рис. 2), средняя – 17 м при площади водоема 111 км².

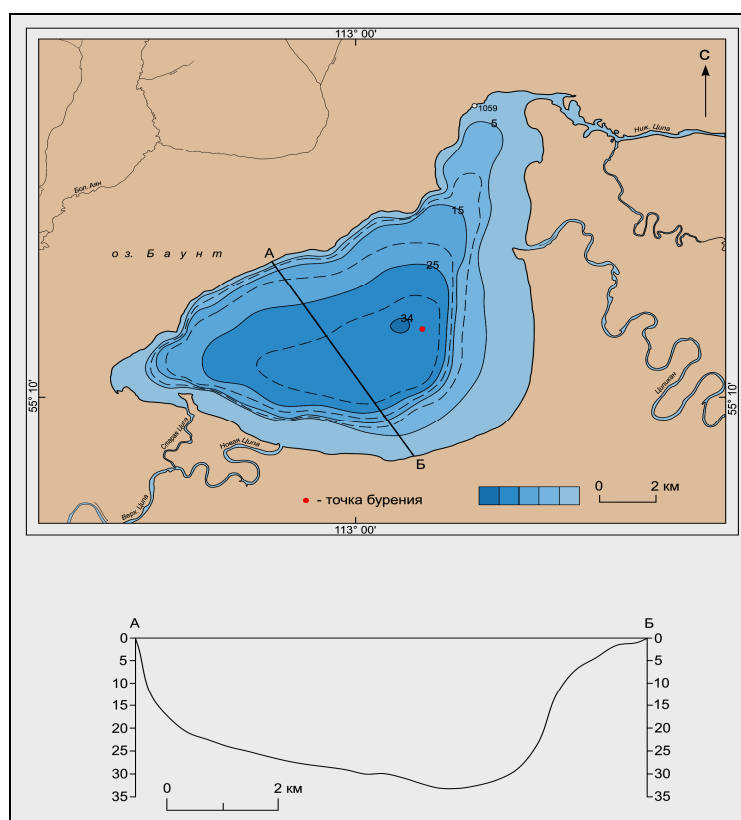


Рисунок 2 Батиметрическая карта-схема котловины оз. Баунт.

В целом морфология дна озера Баунт согласуется с субаэральным рельефом его рифтогенной впадины, а контуры изобат повторяют очертания береговой линии водоема. Исключение составляет одна важная структурная особенность - зона максимальных глубин озера смещена от его геометрического центра к юго-востоку. Это нарушает характерную для Байкальской рифтовой зоны морфологическую асимметрию строения впадин, в т.ч. озерных. Обычно рифтогенные депрессии Прибайкалья имеют форму одностороннего грабена с тяготеющей к сбросовому уступу областью максимальных скоростей тектонических погружений и, соответственно, глубин в рифтовых водоемах. Морфология котловины оз. Баунт имеет обратную байкальской асимметрию со смещением «абиссальной» зоны от подножия ограниченного крутым сбросовым уступом

наклонного горста к противоположному, более пологому крылу сводового поднятия. Причем само озеро прижато к склонам именно горстового поднятия, в которое оно активно ингрессирует, заполняя входящие углы впадины в это ее горное обрамление. Береговая зона здесь морфологически молода – и в крупных чертах и в мелких деталях она повторяет топографию субэразьного рельефа. Все это свидетельствует об активной новейшей геодинамике Баунтовской впадины и переукладке блоков ее фундамента.

Раздел 3. Предварительные результаты комплексного изучения донных отложений оз. Баунт и реконструкция ландшафтно-климатических условий седиментогенеза в озере за последние 7 тысяч лет

Озеро расположено в Баунтовской (Ципинской) впадине, которая с севера окаймлена Южно-Муйскими горами, а с юга – плоскими вершинами Большого Хаптона. К озеру Баунт прилегает курортная зона Горячий Ключ. Максимальная длина озера – 17.5 км, средняя ширина – 6.4 км, максимальная глубина – 33 м. Абсолютная высота озера над уровнем моря – 1060 м. Зимой озеро затянато ледяным покровом, толщина которого достигает 1.9 м.

Донные отложения оз. Баунт были пробурены гравитационным керноотборным устройством ударно-канатного типа производства UWITEC (Австрия) с внутренним диаметром ПВХ лайнера 63 мм. Точка бурения была выбрана в центральной, наиболее глубоководной части озера (рис. 2). Керн был поднят с глубины 34 м, его длина составила 143 см.

Определение химических элементов было выполнено методом рентгенофлуоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения (РФА СИ) в Сибирском центре синхротронного и терагерцового излучения (СЦСТИ ИЯФ СО РАН). Работы выполнены в соответствии с методикой. Источником СИ в рентгеновской области служит накопитель ВЭПП–3 (встречные электрон-позитронные пучки) с энергией частиц 2 ГэВ. Диапазон определяемых элементов станции распространяется от калия до урана. Основными элементами станции являются: одно- (или двух-) кристалльный монохроматор (диапазон энергий 5-47 кэВ из пиролитического графита или кремния); система мониторинга возбуждающего излучения на основе ионизационной камеры; камера для анализа с возможностью смены образцов и возможностью вакуумной откачки; Si(Li) полупроводниковый детектор PentaFET с площадью кристалла 10 мм² и энергетическим разрешением 135 эВ (на линии 5.9 кэВ); однокоординатный сканер с шагом сканирования 100 мкм; электронные блоки спектрометрического тракта и системы управления в стандартах КАМАК и NIM. Для приготовления аналитической пробы отбирали навеску массой 30 мг. Измерения проводились при использовании монохроматизированного возбуждающего излучения с энергией квантов 25 КэВ. Время экспозиции каждого образца составляло 300 секунд. Загрузка спектрометрического тракта составила 10 кГц. Размер входного пучка – около 2×5 мм². В результате проведенного исследования были получены записи спектров РФА СИ, по которым были рассчитаны содержания химических элементов.

Концентрация биогенного кремнезема SiO_{2био} определена для каждого сантиметра по общепринятой методике [Mortlock et al, 1989]. Относительное содержание органического вещества определялось по известному методу. Плотность сухого вещества (ПСВ) и влажность осадка (ВО)

рассчитана также для каждого сантиметра осадка с применением известных методов для скважин BDP-93 и BDP-99 соответственно.

Экстракция пыльцы и спор для палинологического анализа проведена по стандартной методике. По две таблетки спор *Lycosporidium* (batch no. 483216) были добавлены в каждый образец перед началом его химической обработки для расчета концентрации пыльцы, спор и микрочастиц углей. Всего изучено 72 образца. Среднее временное разрешение реконструированных показателей природной среды составляет около 100 лет, что является уникальным для палеоэкологических исследований Забайкалья.

В результате исследований получены первые данные об изменении экосистемы озера за последние 7 тысяч лет. Сравнение изменения полученных геохимических и палеонтологических индексов природной среды с реконструированной динамикой региональных ландшафтов, изменениями глобального атмосферного переноса и объемом поступавшей летней инсоляции показало, что 7-5.5/5 тыс. л.н. в бассейне озера доминировала таежная растительность, озерная экосистема была высокопродуктивной. Это могло быть обеспечено повышенной летней инсоляцией и средними температурами воздуха в северном полушарии (рис. 3, шкала NGRIP $\delta^{18}\text{O}$). Около 5.5/5 – 1.5/0.8 тыс. л.н. продуктивность озерной экосистемы снизилась, расширились тундровые и степные ландшафты в бассейне озера на фоне снижения летней инсоляции на широту положения оз. Баунт и прогрессирующим понижением средних температур воздуха в северном полушарии. Тренд похолодания в бассейне оз. Баунт усилился в последнее тысячелетие.

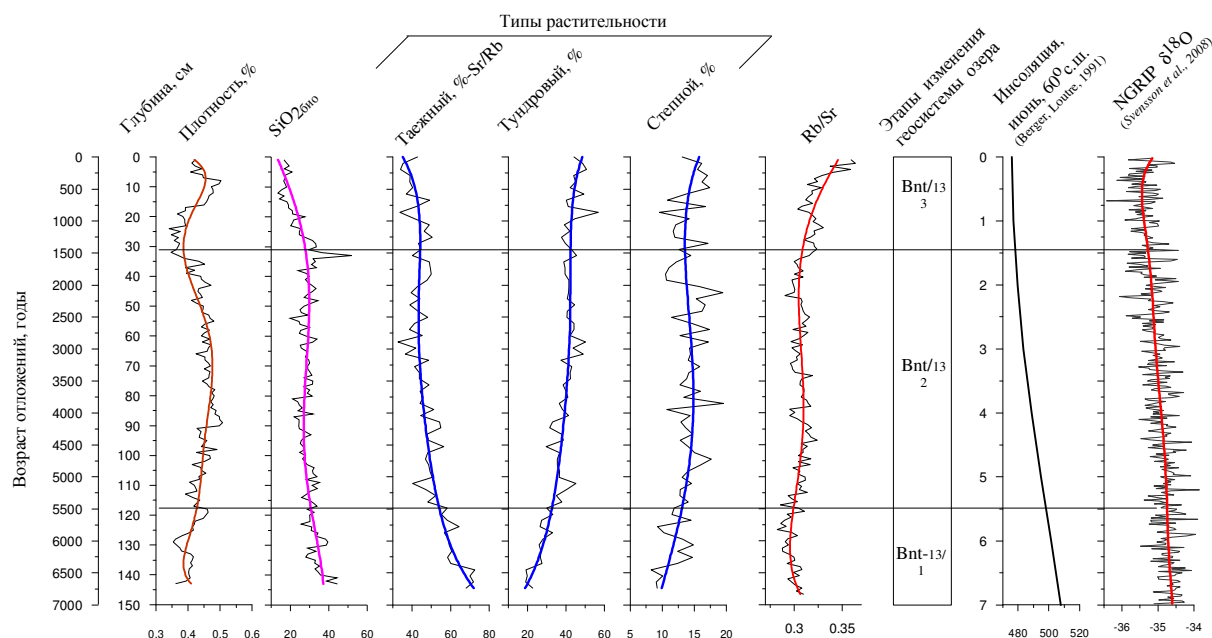


Рисунок 3. Обобщающий график индексов природной среды и климата из отложений оз. Баунт в сравнении с записью NGRIP $\delta^{18}\text{O}$ из Гренландского ледника как показателя температуры воздуха Северного полушария, и летней инсоляцией. Цветные утолщенные линии в шкалах – тренды динамики процессов (полиномы седьмой степени). Плотность осадков - показатель изменчивости органической/минеральной составляющей в озерных отложениях; $\text{SiO}_{2\text{bio}}$ - концентрация биогенного кремнезема, показатель продуктивности озерной системы; Rb/Sr отношение – показатель изменения режима теплообеспеченности.

Раздел 4. Предварительные результаты изучения магнитной восприимчивости, идеальной намагниченности, наклона и палеонапряжённости донных отложений оз. Баунт и реконструкция ландшафтно-климатических условий седиментогенеза в озере за последние 30 тысяч лет

Ориентированные образцы для палеомагнитных исследований были отобраны с шагом 5 см. Всего было отобрано 259 образцов. Палеомагнитные измерения осуществлялись на спин-магнитометре JR-6 (Agico, Чехия). Размагничивание образцов проводилось в магнитном вакууме самодельной установки. Намагничивание производилось в магнитном поле Земли. Магнитная восприимчивость измерялась на капнометре KLY-2. У всех образцов была измерена первичная остаточная намагниченность (NRM). С целью определения пригодности донных осадков оз. Баунт для палеомагнитных исследований 25 образцов были размагничены детально полями 2, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100 мТл. Оставшиеся образцы размагничивались при величинах переменного поля 10, 20 и 40 мТл. При этих же величинах поля образцы дважды намагничивались в современном поле Земли – по оси z (направлена вдоль керна) и против неё. На основе полученных данных рассчитывалась безгистерезисная остаточная намагниченность (ARM) для трёх величин переменного поля.

Изменения величин магнитной восприимчивости, идеальной намагниченности и их отношения показаны на рис. 4 вместе с данными радиоуглеродного анализа. Мы выяснили, что, если при исследованиях озер Байкал и Хубсугул между величинами идеальной намагниченности и магнитной восприимчивости была прямая линейная корреляция, превышающая 90%, в случае же осадочных отложений оз. Баунт картина принципиально иная. На глубинах выше шести метров общий характер изменения этих величин в целом совпадает, а вот глубже при сохранении порядка величины магнитной восприимчивости, значение идеальной намагниченности уменьшается в разы. Отношения между величинами характеризуют размер магнитного зерна, и мы можем судить о том, что в верхней части разреза его средний размер был небольшим, в отличие от нижней части с крупными размерами зёрен. Радикальное изменение произошло, судя по радиоуглеродным датировкам, в позднем плейстоцене. Уникальность данного разреза, таким образом, в том, что серьёзные изменения в условиях осадконакопления запечатлены петромагнитными параметрами.

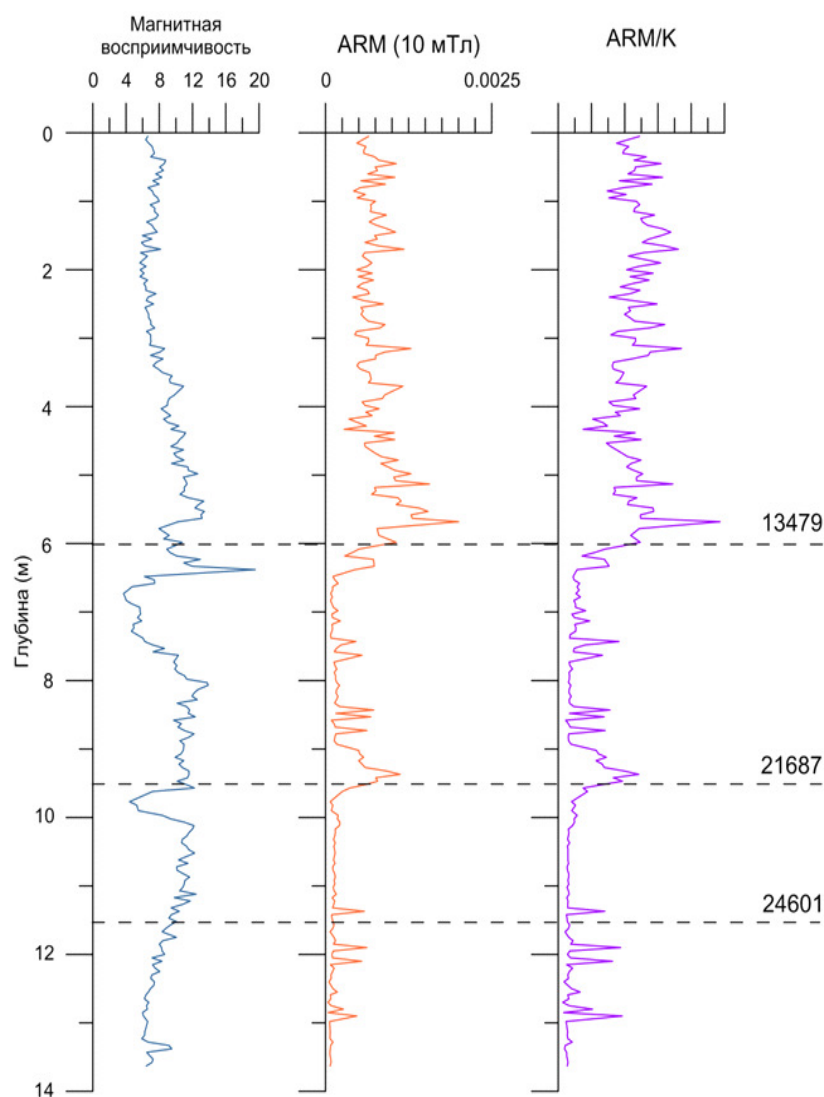


Рисунок 4. Магнитная восприимчивость, идеальная намагниченность (после воздействия переменного магнитного поля 10 мТл и их отношение). Пунктирными линиями показаны возрастные границы событий по данным AMS ^{14}C метода датирования отложений.

Дальнейшее комплексное исследование донных отложений оз. Баунт станет основой еще более детальных реконструкций динамики природной среды и ландшафтов этого района, для которых палеоэкологические исследования пока не проводились. Представленные здесь результаты – первые для бассейна оз. Баунт.

Раздел 5. Результаты изучения изотопного состава кислорода створок диатомовых водорослей из донных отложений оз. Котокель (Бурятия)

В последнее десятилетие широкое развитие получил изотопный анализ кислорода кремнистых скелетов (створок) диатомовых водорослей. Диатомовые водоросли, или диатомеи (*Bacillariophyta*), являются важной составляющей подавляющего большинства озерных экосистем. Отмирая и опускаясь на дно водоема, они входят в состав донных осадков и формируют комплексы, характеризующие природно-климатическую обстановку каждого этапа осадконакопления. Построенные на основе данных изотопно-кислородного анализа озерных диатомей кривые отражают изменения температуры воды и ее изотопного состава ($\delta^{18}\text{O}_\text{в}$). Величина $\delta^{18}\text{O}_\text{в}$ определяется гидрологическими особенностями озера и изотопным составом атмосферных осадков ($\delta^{18}\text{O}_\text{атм}$), выпадающих в регионе.

Оз. Котокель расположено в Бурятии, между устьями рек Турка и Кика (рис. 1), его котловина вытянута вдоль восточного побережья оз. Байкал и отделена от последнего невысоким горным хребтом (500–729 м над ур.м.).

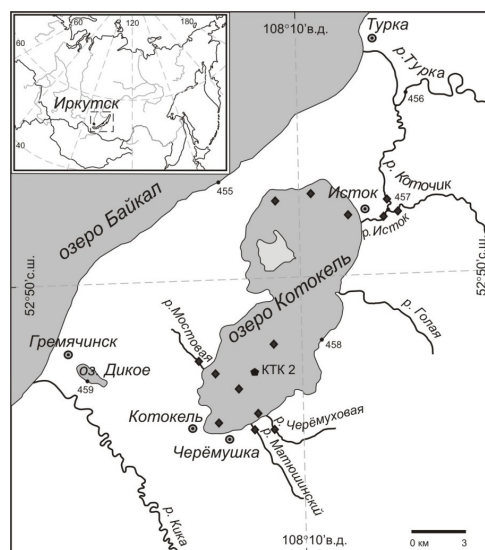


Рисунок 5.1 Схема района исследования: оз. Котокель с указанием места бурения ядра КТК2 (черный пятиугольник) и точек отбора проб воды (черные ромбы).

Створки диатомовых водорослей извлечены из 1253-см ядра донных отложений КТК2, отобранного в южной части оз. Котокель на глубине 3.5 м в августе 2005 года. Экстракция и очистка створок (шаг опробования 5 см) осуществлялась по многостадийной методике, разработанной в Институте геохимии им. А.П. Виноградова (ИГХ СО РАН, Иркутск, Россия). Степень чистоты препаратов створок оценена методами сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и энергодисперсионной спектроскопии (ЭДС). Определение значений $\delta^{18}\text{O}$ проводилось в изотопной лаборатории Института полярных и морских исследований им. Альфреда Вегенера (AWI, Потсдам, Германия) на масс-спектрометре PDZ Europa 2020. Погрешность определения $\delta^{18}\text{O}$ (1 σ)

составила $\pm 0.25\text{‰}$. Правильность полученных значений $\delta^{18}\text{O}$ створок контролировалась регулярными измерениями рабочего стандарта VFC (диатомит из графства Шапта, Калифорния; $\delta^{18}\text{O} = 28.80 \pm 0.18\text{‰}$, 1σ , $n=24$).

Обобщены результаты исследования створок диатомовых водорослей из донных отложений оз. Котокель изотопно-кислородным методом. На основе полученных данных реконструированы особенности реакции системы озера на глобальные климатические изменения за последние 46 тыс. лет. Надежность реконструкций обеспечена чистотой анализируемых препаратов створок, в которых отсутствуют видимые примеси терригенного материала, и содержание Al_2O_3 не превышает 2.5%. Значения $\delta^{18}\text{O}$ створок по разрезу изменяются от +23.7 до +31.2‰. Полученная запись преимущественно отражает летние условия развития диатомовых водорослей. Исключение составляет интервал 36–32 тыс. л. н., в котором происходит смена периода цветения. Температура воды лишь частично объясняет выявленные изменения в изотопной записи. Вариации изотопного сигнала диатомей преимущественно вызваны изменением изотопного состава озерной воды в результате изменения температуры воздуха, гидрологического режима озера и атмосферной циркуляции. Высокие значения в период морской изотопной стадии (МИС) 2 (максимум последнего оледенения) стали следствием повышенного испарения озерной воды на фоне снижения речного стока. Увеличенная доля летних атмосферных осадков, связанная с южными/юго-восточными воздушными массами, объясняет высокие (от +29 до +30‰) значения $\delta^{18}\text{O}$ створок, характеризующие первую половину МИС 1 (современное межледниковье). Снижение величины $\delta^{18}\text{O}$ створок до +24‰ во второй половине МИС 1 обусловлено общим снижением средней температуры воздуха в северном полушарии и атмосферными осадками, приносимыми в регион атлантическими воздушными массами. Изотопно-кислородная запись последних 46 тыс. лет из оз. Котокель отражает высокую изменчивость природно-климатических условий на юге Сибири, обусловленную, главным образом, глобальным изменением температуры северного полушария и региональной перестройкой атмосферной циркуляции, определяющей количество атмосферных осадков в регионе и их внутригодовое распределение. Изотопно-кислородная запись из оз. Котокель является примером, демонстрирующим разнонаправленное влияние нескольких факторов на величину $\delta^{18}\text{O}$ створок в различные интервалы времени позднего плейстоцена и голоцена.

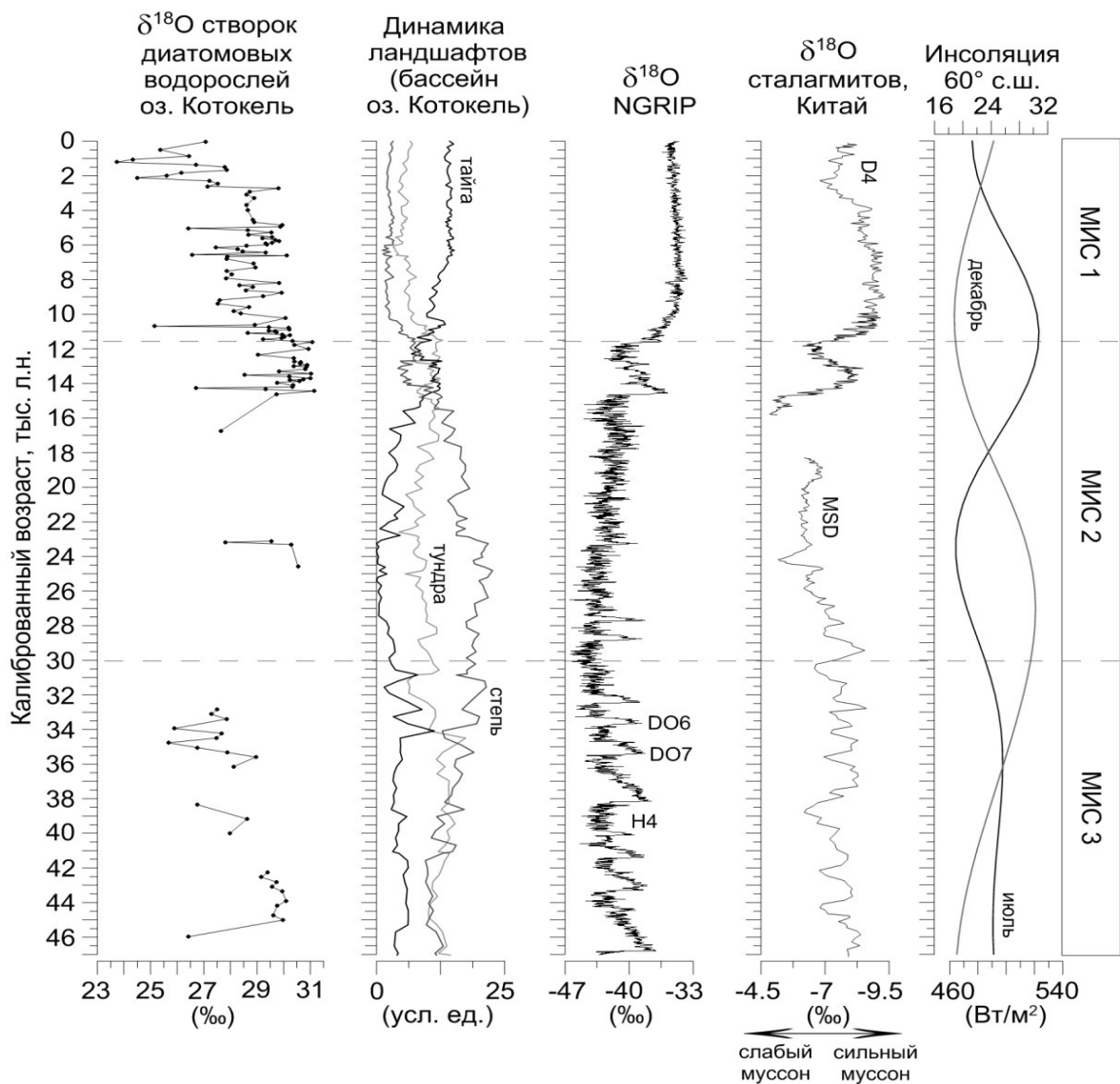


Рисунок 5.2 Изотопный состав кислорода створок диатомовых водорослей из донных отложений оз.

Котокель в сравнении с типом ландшафтов в бассейне озера, реконструированных по палинологическим данным, с вариациями $\delta^{18}\text{O}$ NGRIP – индикатором изменения температуры воздуха в северном полушарии, с вариациями $\delta^{18}\text{O}$ в сталагмитах D4 и MSD из пещер Донге и Хулу (Китай) – индикатором интенсивности тихоокеанского летнего муссона и графиками изменения летней и зимней солнечной инсоляции (60° с.ш.).

DO6, *DO7* – резкие кратковременные потепления, известные как события Дансгаарда–Оешгера. *H4* – событие Хайнрик 4 в северной Атлантике. *MIS 1*, *MIS 2*, *MIS 3* – временные аналоги морских изотопных стадий 1, 2, 3.

Раздел 6. Работы на стационаре Ханх ИГХ СО РАН (Монголия)

1. На стационаре «Ханх» ИГХ СО РАН для круглогодичного исследования содержания СОЗ в атмосферном воздухе методом пассивного пробоотбора в северном Прихубсугулье – замена фильтра производилась каждые два месяца.

2. Проводились летние экспедиционные работы - отряд А. Б. Перепелова из ИГХ СО РАН, по программе исследования магматизма Прихубсугулья.

3. По заданию М.И. Кузьмина и А. Прокопенко был произведен отбор воды в следующих точках:

Монголия

- **Точка опробования 1** расположена в 300-350 метрах от берега (оз. Хубсугул). Отбор воды сопровождался ветром. Ранее несколько дней озеро штормило. Отбор был произведен 08.09.2015 года.

- **Точка опробования 2.** Река Ханх-гол. В 1.2-1.5 км от берега (в районе Обо 13). Песчаное дно, низкий уровень воды, течение слабое, в воде у берегов наблюдается достаточно большое количество водоросли вида «Спирулина». Отбор воды был произведен 03.09.2015 года.

- **Точка опробования 3.** Река Их–Хоро-гол расположена в 35 км от сомона Ханх. Точка отбора воды располагается в 2-2.5 км от устья реки. Отмечено быстрое течение, характерное для горных рек.

Россия

- **Точка опробования 4** расположена в 1,5 км от п. Монды ниже по течению р. Иркут.

- **Точка опробования 5** располагается на реке Иркут ниже слияния р. Зун-Мурино с Иркутом, перед Торами (09.09.2015 г.).

Все проводимые (с использованием стационара «Ханх») исследования являются составной частью Программы фундаментальных исследований на 2013-2020 г.г. (проект VIII.69.1.1. руководитель академик М.И.Кузьмин) «Динамика природной среды и климата плейстоцена и голоцена Южной Сибири и Монголии на основе изучения осадочных бассейнов озер и болотных систем с применением биостратиграфических, геохимических, радиофизических методов для установления её хронологии и причин».

Раздел 7. Изучение и определение изотопных характеристик метана из осадков малых озер и термальных источников Южной Сибири

В текущем году проведено изучение метана в озерах Бормашево, Котокель и Духовое, а также в скважинах (источниках), вскрывших термальные воды (Энхалук, Сухая) расположенных в прибрежной зоне озера Байкал.

В процессе выполнения работы получены данные по компонентному составу углеводородных газов и изотопным характеристикам метана. Проведена генетическая типизация газа в исследованных объектах.

Установлено, что основным компонентом газа из осадков всех исследованных озер является метан, который характеризуется низкой примесью этана (12-380 ppm). Значение $\delta^{13}\text{C}$ метана составляет -67.0‰, -58.8‰ и -44.0‰ соответственно.

Полученные изотопные данные, а также результаты определения компонентного состава газа свидетельствуют о том, что в осадках озер Бормашево и Котокель присутствует бактериальный метан. Газ в осадках оз. Духовое имеет значение $\delta^{13}\text{C}-\text{C}_1$, типичное для термогенного метана (-44.0‰) [Whiticar, 1999]. Однако анализ имеющейся геологической информации не позволяет предположить, что в приповерхностные слои донных отложений этого озера может поступать метан термогенного происхождения. Скорее всего, газ из осадков оз. Духовое является продуктом вторичных преобразований, которые могут существенным образом менять изотопный состав углерода метана и компонентный состав углеводородных газов. Например, обогащение изотопом ^{13}C и увеличение содержания гомологов в остаточном метане может происходить в результате процесса его бактериального окисления. Такой сценарий формирования изотопного состава углерода метана в исследованных образцах газа из осадков оз. Духовое, на наш взгляд, достаточно реалистичен.

Основным компонентом газа из источников Энхалук и Сухая является метан с невысокой примесью этана (100 - 250 ppm). Значение $\delta^{13}\text{C}$ метана в исследованных источниках составляет -61.0‰ и -52.0‰, соответственно.

На основании полученных данных можно утверждать, что газ в скважине Энхалук бактериального генезиса. Однозначно ответить на вопрос о происхождении метана в скважине Сухая пока нельзя. Относительно высокое значение $\delta^{13}\text{C}$ метана в ней может быть связано как с примесью термогенного газа, так и с влиянием процессов бактериального окисления. Последнее предположение согласуется, например, с результатами, опубликованными в работе [Зеленкина и др., 2009], где показано, что в источнике Сухая действительно протекают эти процессы.

Раздел 8. Исследование особенностей накопления биогенного кремнезема в донных отложениях оз. Баунт (северная часть Забайкалья)

Биогенный кремнезем ($\text{SiO}_{2\text{биог}}$) является одним из основных индикаторов, активно используемых для расшифровки палеоклиматических летописей в донных отложениях больших и малых озер и океанов, а также и в торфяных отложениях. Определение концентраций биогенного кремнезема или опала позволяет предварительно оценить изменение продуктивности кремнийсодержащих организмов, таких, как диатомовые, губки и др., и, следовательно, оценить продуктивность водоема в зависимости от изменений природной среды и климата. Расчет же массовых скоростей аккумуляции (МСА) дает реальную картину накопления $\text{SiO}_{2\text{биог}}$ в осадках. Кроме того, они дополняют друг друга, позволяя сделать реконструкцию более полной.

Для выявления особенностей накопления биогенного кремнезема в донных отложениях оз. Баунт был использован длинный керн (1366см), опробованный с шагом 3см. Содержание $\text{SiO}_{2\text{биог}}$ определялось стандартным методом [Mortlock et al, 1989]. Значения концентраций $\text{SiO}_{2\text{биог}}$ были использованы для расчета МСА по стандартной формуле. Керн был датирован. Примерный возраст керна – 38114 лет.

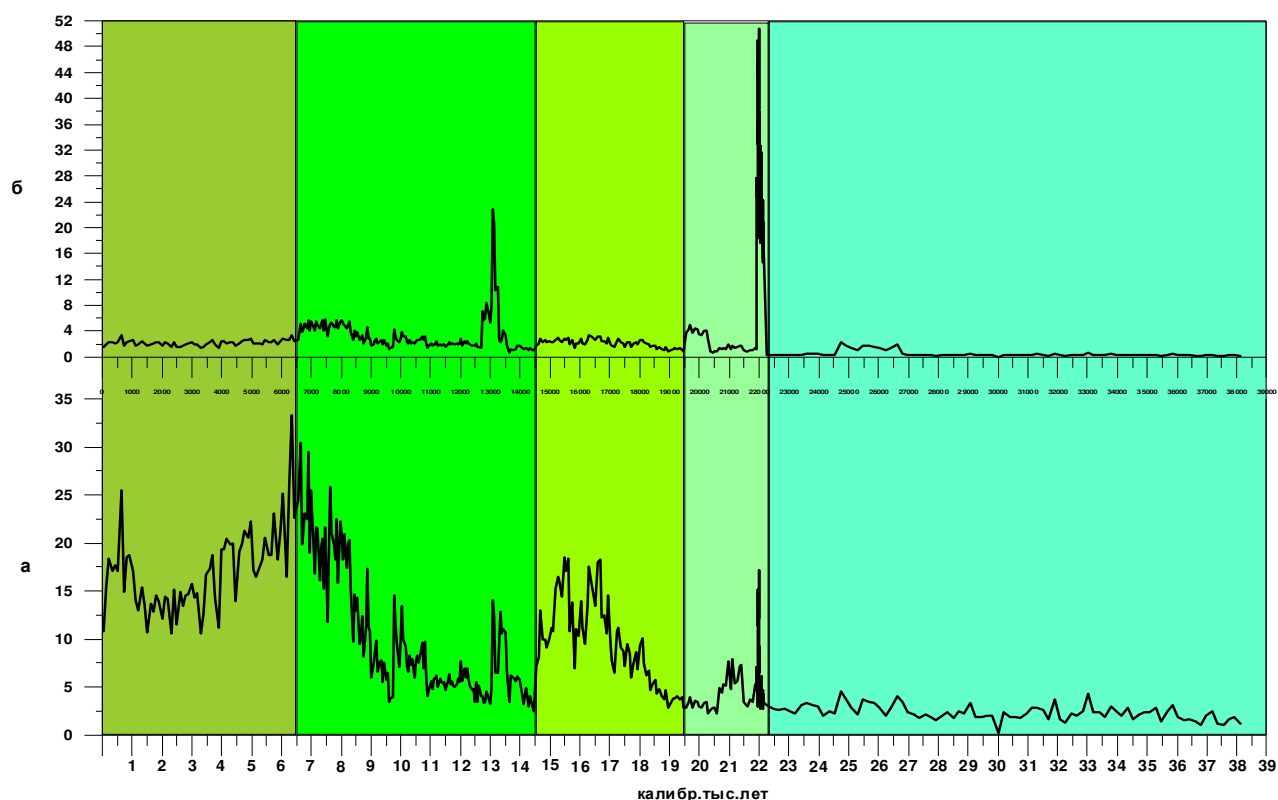


Рисунок 8. Изменение концентрации биогенного кремнезема в донных отложениях оз. Баунт (а, %) и (б) массовых скоростей аккумуляции (мг/см^2 год)

Полученные значения концентрации биогенного кремнезема и массовых скоростей, в общем, сопоставимы с таковыми для байкальских осадков [Левина, 2006], т.е., для $\text{SiO}_{2\text{биог}}$ 0.2 -33.3%, а

для МСА 0.026-7.5 мг/см²год. Изменения в содержании и опала, и МСА имеют практически одинаковую закономерность. Исключением являются два интервала, в которых МСА резко возрастают до 22.8-50.68 мг/см²год.

Представленные результаты (рис. 8) позволяют выделить несколько отличающихся друг от друга периодов. Изменение ритмичности накопления биогенного кремнезема в них, в первую очередь, зависит от продуктивности диатомовых водорослей, поскольку в оз. Баунт диатомовые – основной поставщик опала в донные отложения.

Раздел 9. Результаты геохимического исследования озерных, озерно-болотных и пещерных отложений методом РФА с использованием синхротронного излучения

В Центрально-Азиатском регионе в настоящее время наиболее изученными считаются глубоководные осадки озер Байкал и Хубсугул, на основе которых реконструирована длительная эволюция развития региона. Однако, на сегодняшний момент, возникла необходимость в получении более детальной информации для голоцена, который является межледниковым периодом и его природная среда может быть рассмотрена как аналог современности. В последние десятилетия особое внимание научного сообщества привлекают озерно-болотные экосистемы, донные отложения которых регистрируют изменения климата и природной среды за значительный период времени. Их осадочные отложения представляют собой сложную многокомпонентную систему, содержащую в себе информацию об изменении окружающей среды и климата прошедших эпох. Еще сравнительно недавно роль элементного состава донных отложений при палеоклиматических исследованиях считалась незначительной, однако в течение последних десятилетий данные о закономерностях распределения элементов в донных отложениях озер достаточно широко используются для реконструкции изменений природной среды и климата.

Для получения надежных геохимических данных требуется привлечение многоэлементных экспрессных методов анализа, одним из которых является рентгенофлуоресцентный анализ с использованием синхротронного излучения (РФА СИ). Этот метод предоставляет достоверную геохимическую информацию и получил широкое применение в палеоклиматических исследованиях. Выбор этого метода исследования обусловлен его универсальностью, то есть РФА СИ является многоэлементным, обладает достаточной чувствительностью для определения редких элементов, гарантирует точность измерений, может быть использован для различных по происхождению и составу объектов. Кроме этого, РФА СИ является неdestructивным анализом, позволяющим работать с малым количеством материала.

Цель проведенного исследования заключалась в получении геохимической характеристики донных, озерно-болотных и пещерных отложений для поиска элементов-индикаторов изменения окружающей среды и последующих палеоклиматических исследований.

Использование синхротронного излучения (СИ) в качестве источника возбуждения позволяет снизить пределы обнаружения и сократить количество необходимого для анализа материала. РФА СИ выполнен в ЦКП «Сибирский центр синхротронного и терагерцового излучения» (Институт ядерной физики СО РАН). Источником СИ в рентгеновской области служит ВЭПП-3 (встречные электрон-позитронные пучки) с энергией частиц 2 ГэВ. Монохроматизация энергии излучения, падающего на образец, осуществлялась при помощи кремниего кристалла-монохроматора типа «бабочка». Флуоресцентное излучение регистрировалось

полупроводниковым детектором Oxford PentaFET с площадью кристалла Si(Li) 10 мм² и энергетическим разрешением порядка 135 эВ на линии FeK_α (5.9 кэВ).

Были проанализированы донные и озерно-болотные отложения, а также рыхлые осадочные образования. Подготовка излучателей заключалась в прессовании 30 мг образца в таблетку диаметром 5 мм (рис.9.1) на ручном прессе при давлении 200 кг/см².

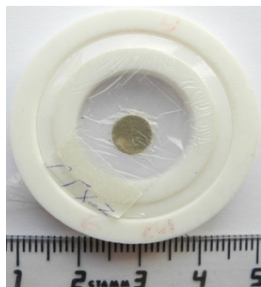


Рисунок 9.1 – Проба, подготовленная для РФА СИ

Перед измерением таблетку помещали в полиуретановое кольцо между двумя слоями полиэтиленовой пленки толщиной 5 мкм. Время измерения – 200 сек. Измерения образцов донных отложений выполнялись в соответствии с методикой при энергии падающего излучения 26 кэВ и времени регистрации спектра 300 сек.

Были выполнены метрологические работы с целью апробации методики измерений, используемой для определения содержания химических элементов в донных отложениях, в частности брома (Br). Рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) является одним из аналитических методов, позволяющим определять Br без использования химического разложения образца. В настоящее время при исследовании геологических материалов применяются различные варианты РФА: традиционный РФА с волновой (РФА ВД) или энергетической дисперсией (РФА ЭД), РФА с полным внешним отражением (РФА ПВО) и РФА с использованием синхротронного излучения (РФА СИ). Совместно с сотрудниками Института земной коры для изучения распределения брома в донных отложениях были сопоставлены результаты, полученные при использовании различных вариантов РФА – РФА ВД, РФА ПВО и РФА СИ.

В результате проведенных в ЦКП «Сибирский центр синхротронного и терагерцового излучения» исследований были получены записи спектров РФА СИ, по которым были рассчитаны концентрации. Были получены содержания К, Са, Ti, V, Mn, Fe, Cu, Zn, Ga, As, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Мо в озерных отложениях. Известно, что одним из элементов-индикаторов палеоклиматических изменений может служить бром, повышенные содержания которого регистрируются в теплые периоды и коррелируют с содержанием органического вещества в донных отложениях, отражая биопродуктивность озера. Поэтому изучению содержания брома в озерно-болотных отложениях было уделено особое внимание. Следует отметить, что содержание брома в осадочных породах изменяется в диапазоне $n \cdot 10^{-4}$ – $n \cdot 10^{-3}$ и зависит от условий, в которых осадки образовались - морские или пресноводные. В ходе этих работ было установлено, что результаты определения

брома, полученные с помощью разных вариантов РФА, сопоставимы между собой и могут быть полезны при палеоклиматических реконструкциях. Методики РФА ПВО и РФА СИ позволяют определять Вг из меньших навесок (20 и 30 мг соответственно) по сравнению с РФА ВД, для проведения которого требуется 200-300 мг пробы. Использование СИ в качестве источника возбуждения также позволяет снизить пределы обнаружения РФА и сократить количество необходимого для анализа материала. Кроме того, ранее было установлено, что методику РФА СИ можно рекомендовать для получения аналитических данных при исследованиях озерно-болотных отложений с целью получения геохимической информации и аттестациях стандартных образцов растительного состава, для определения содержания таких важных при палеоклиматических реконструкциях и экологическом мониторинге элементов, как бром и мышьяк.

В качестве примера, иллюстрирующего полученные результаты, приведены графики распределения Вг (рис. 9.2-9.3) в донных и озерно-болотных отложениях.

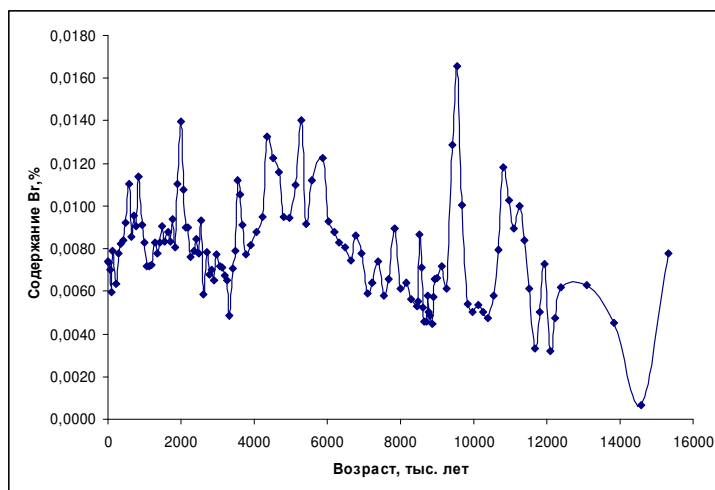


Рисунок 9.2 Распределение Вг в донных отложениях оз. Арахлей.

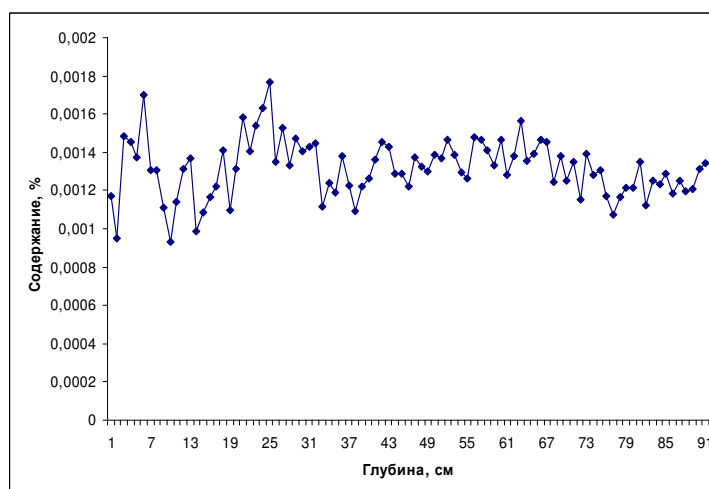


Рисунок 9.3 Распределение Вг в озерно-болотных отложениях торфяника Выдриная.

В донных отложениях оз. Арахлей накопление брома происходило неравномерно. Сопоставление полученных геохимических данных с имеющейся возрастной моделью показало, что ранее 12 тыс. лет происходит значительное снижение содержания брома в донных осадках озера, то есть содержание брома уменьшилось в холодный период. Распределение брома по глубине керна озерно-болотных отложений (Выдриное) происходит достаточно однородно, наибольшее значение отмечается в верхней части разреза, до 0.0018 %. Изменение содержания Br в донных отложениях может быть связано с органическим веществом и отражать колебания продуктивности в бассейне озера. Последующее исследование кернов позволит получить более детальную информацию.

Помимо изучения донных осадков озерных и болотных систем, большое внимание уделяется исследованию пещерных отложений, поскольку они могут быть альтернативным источником палеоклиматической информации. Ранее нами было выполнено сканирующее РФА СИ исследование спелеотем пещеры Охотничья. С целью продолжения работ по исследованию пещерных осадочных образований методом РФА СИ был проведен анализ рыхлых отложений пещеры-рудника Кан-и-Гут, расположенной в предгорьях Туркестанского хребта. Пещера Кан-и-Гут является весьма необычным карстовым объектом из-за того, что заложена в рудоносных породах, в отличие от большинства пещер, вмещающими породами для которых обычно служат безрудные, практически «чистые» в химическом отношении известняки и доломиты. Образцы рыхлых отложений были отобраны из разных точек в пещере, начиная с привходовой части и заканчивая самым нижним горизонтом. В результате проведенного РФА СИ исследования рыхлых пещерных отложений были получены содержания K, Ca, Ti, V, Mn, Fe, Cu, Zn, Ga, As, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Mo, Ag. Во всех пробах наибольшие содержания наблюдаются для Ca, Mn, Fe и Zn. Образец поверхностной почвы по сравнению с образцами рыхлых пещерных отложений заметно обеднен всеми элементами, за исключением Ca. Такое же обеднение наблюдается для образца остаточных отложений, представленного продуктом выветривания безрудного вмещающего известняка. Наибольшие концентрации всех определяемых элементов, в том числе Ag, наблюдались в остаточных отложениях из района Второй Пропасти, которая представляет собой карстовый грот с многочисленными рукотворными нишами и, вероятно, ходами. Очевидно, что Ca поступал из вмещающих пород, Fe, Zn, Mn – из руд. Повышенные содержания Sr и Mn, в целом, характерны для известняков.

На сегодняшний момент нет возрастной основы для осадочных отложений пещеры Кан-и-Гут, так как датирование натечных образований пещеры не проводилось. Однако, учитывая древний возраст пещеры (одним из первых упоминаний о ней является описание Авиценны, относящееся к XI веку), мы можем высказать предположение, что на данной территории в течение примерно 1000 лет сохранялся теплый сухой климат. Поскольку пещера представляет собой

систему горных выработок, получение более подробной палеоклиматической информации не представляется возможным. Что касается повышенных, по сравнению с другими образцами, концентраций определяемых элементов в пробах из Второй Пропасти, то это, вероятно, связано с наибольшей рудоносностью пород в этой части пещеры. Это также доказывается и сосредоточением здесь древних выработок, на которые указывают сохранившиеся крепи.

Сопоставление состава разных типов пещерных отложений с составом вмещающих пород в дальнейшем позволит получить сведения о малоизученных процессах миграции химических элементов в карстовых полостях с их специфическими и способными в течение долгого времени оставаться неизменными условиями. Это в дальнейшем позволит выявить для пещерных отложений геохимические индикаторы изменения природно-климатических условий.

Раздел 10. Анализ органического вещества в донных отложениях искусственно-созданных водоемов (на примере Братского водохранилища)

Проведено определение С, N, P, хлорофилла-а и стойких органических загрязнителей (СОЗ)

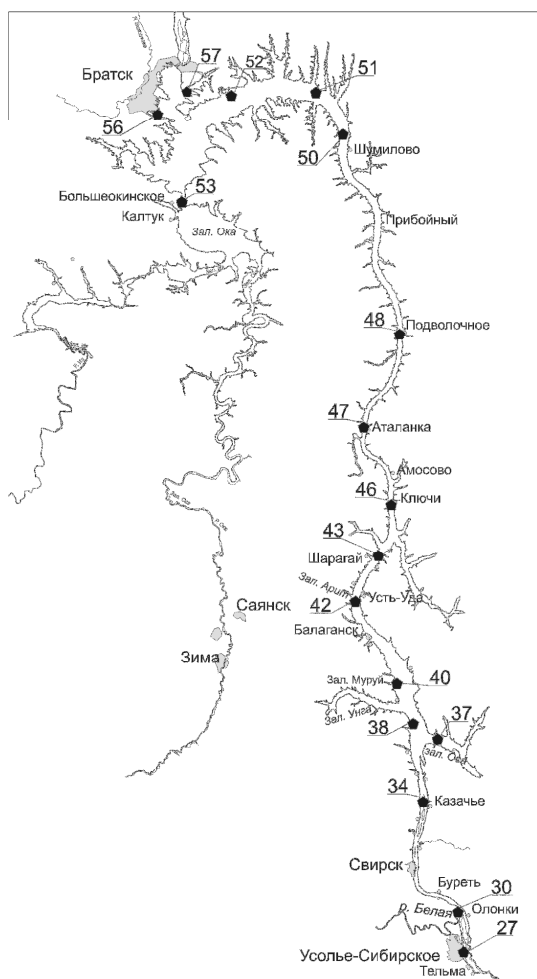


Рисунок 10.1 Схема отбора проб донных отложений в Братском водохранилище.

(ПХБ и ХОП) в донных отложениях Братского водохранилища от зоны выклинивания подпора до плотины Братской ГЭС (рис.10.1). Донные отложения (ДО) в водохранилищах формируются за счет осаждения взвешенных веществ, поступающих с речным и склоновым стоком, и биоседиментации (осаждения планктона, детрита и пеллет). ДО – депонирующая среда, они дают информацию об уровне загрязненности водоема, в том числе стойкими органическими загрязнителями (СОЗ). Особенность СОЗ – их способность длительно сохраняться в объектах окружающей среды в неизменном состоянии и оказывать неблагоприятное воздействие на живые организмы даже при низких дозах.

Пробы донных отложений отобраны пробоотборником Экмана, затем высушены при комнатной температуре до постоянного веса. На анализ бралась фракция меньше 2 мм. Количественный химический анализ (С, N, P, хлорофилла-а) проведен по общепринятым в гидрохимической практике методам [Теория..., 2006; Руководство..., 2009]. Определение С выполнялось высокотемпературным сжиганием (950°C);

N – сжиганием по Кьельдалю с отгонкой аммиака по Парнасу; P – персульфатным окислением со спектрофотометрическим определением аммонием молибдатным методом с хлористым оловом; хлорофилл-а – экстрагированием 90% ацетоном со спектрофотометрическим определением.

Анализ СОЗ включал в себя экстракцию смесью ацетон/гексан в аппаратах Сокслета, очистку и разделение экстракта с использованием гелипроникающей хроматографии и на колонках с окисью алюминия и силикагелем, а также удаление элементарной серы с помощью сульфита тетрабутиламмония, концентрирование на роторных испарителях. Дальнейший анализ ПХБ, α - и γ -ГХЦГ, *pp'*-ДДТ и его метаболитов осуществлялся на газовом хроматографе (НР 5890) с электрозахватным детектором. Стандартные образцы конгенов ПХБ и хлорорганических пестицидов приобретались в компании «Dr. Ehrenstorfer» (Германия), окись алюминия и

силикагель – в компании “MERCCK” (Германия). Для оценки возможного загрязнения в ходе пробоподготовки и для оценки чистоты реактивов и оборудования для пробоподготовки использовались холостые пробы. Холостые пробы анализировались тем же методом, что и отобранные пробы.

Статистическая обработка полученных результатов (корреляционный и факторный анализ) проведена с использованием программы “STATISTICA’6”.

Получено неоднородное распределение их содержания с тенденцией увеличения к плотине Братской ГЭС. Так, изменение концентрации ПХБ составляет в диапазоне 0.78-24.22 нг/г, ДДЭ – 0.06-1.46 нг/г, Сорг. – от 0.48 до 3.24%, Норг. – 0.1888-0.4394%, Рорг. – 0.016-0.0815%, хлорофилла а – 0.291-5.18%. К верхнему бьефу наблюдается увеличение содержания исследуемых компонентов (рис. 10.2, 10.3). Найдена положительная корреляция Сорг в грунтах Братского водохранилища с ПХБ ($r=0.61$, $p=0.012$) и pp' -ДДЭ ($r=0.71$, $p=0.004$).

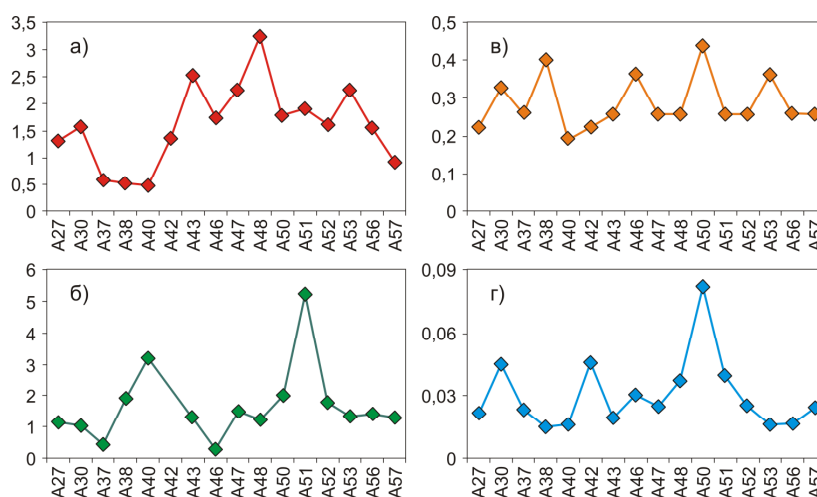


Рисунок 10.2 Содержание (%) углерода (а), хлорофилла-а (б), азота (в) и фосфора (г) в донных отложениях Братского вдхр.

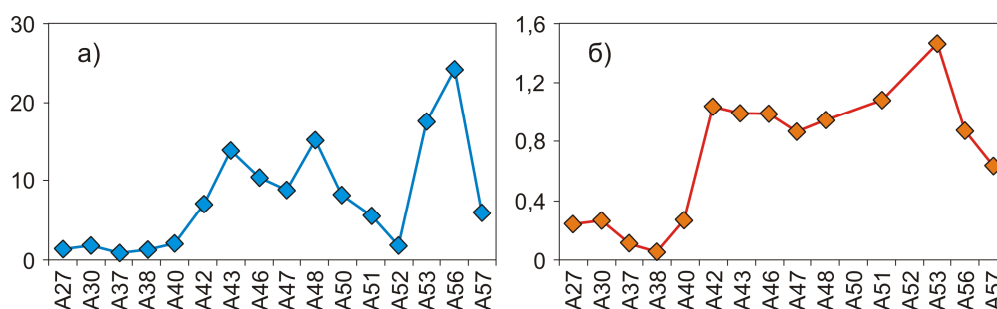


Рисунок 10.3 Содержание суммы ПХБ и pp' -ДДЭ в донных отложениях Братского водохранилища (нг/г).

Процентное содержание азота и фосфора в органическом веществе может служить качественной характеристикой органического вещества. Известно, что водный гумус планктонного происхождения более богат азотом и фосфором [Крылова и др., 1959; Пономарева, 1947; Скопинцев, 1950; Kuzmin et al, 2014]. Относительное содержание азота и фосфора в

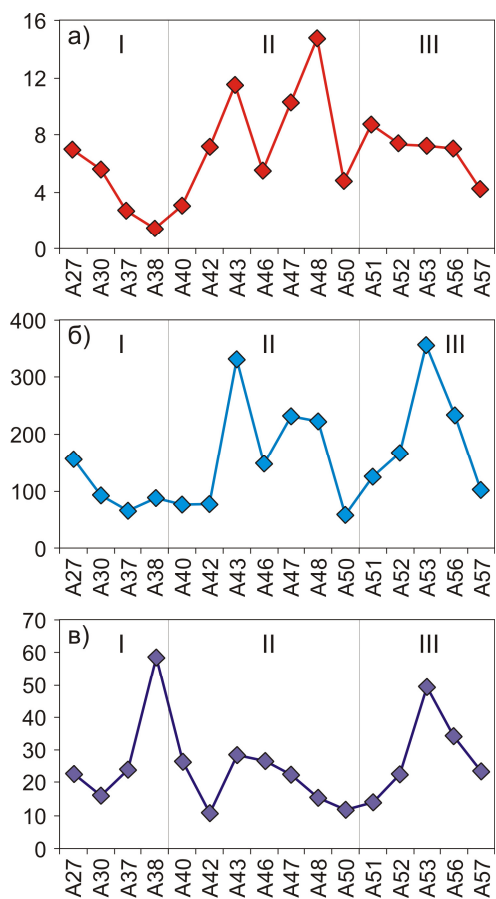


Рисунок 10.4 Качественный состав органического вещества в донных отложениях (C:N (а), C:P (б) и N:P (в)); I-III – зоны.

третей зонах, чем во второй, что подтверждает влияние промышленных источников в верхней и нижней части Братского водохранилища.

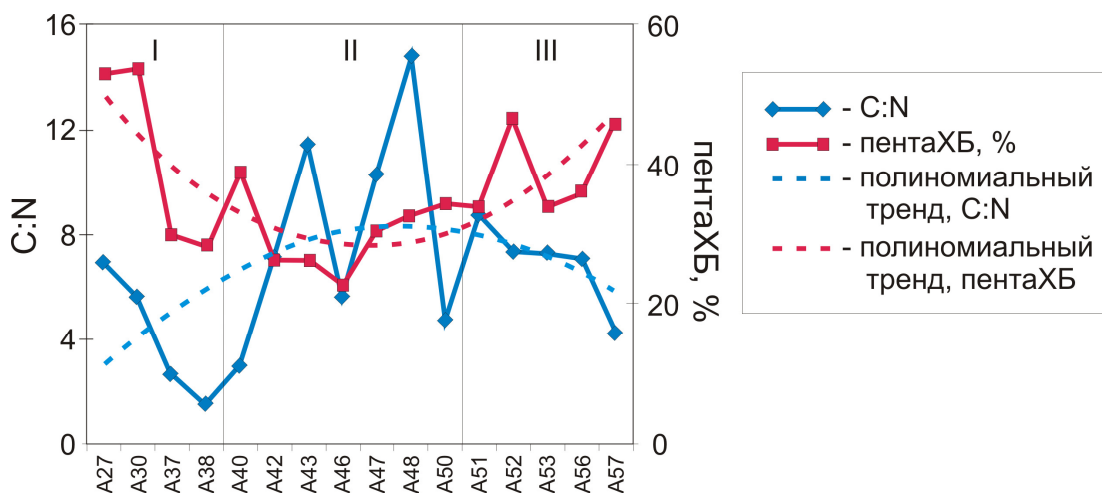


Рисунок 10.5 – Характеристика качественного состава органического вещества в донных отложениях Братского водохранилища (отношение C:N и доля пентаХБ (%) в сумме ПХБ).

Проведено определение С, N, P, хлорофилла-а и стойких органических загрязнителей (СОЗ) (ПХБ и ХОП) в донных отложениях Братского водохранилища от зоны выклинивания подпора до

органическом веществе донных отложений Братского водохранилища колеблется в широких пределах и составляет соответственно 5-39 и 0.39-2.29%, что свидетельствует как об аллохтонном, так и об автохтонном происхождении органического вещества донных отложений.

Качественный состав органического вещества в донных отложениях определен по величинам атомных отношений C:N, C:P и N:P, по которым выделены 3 зоны (рис. 10.4). Первая и третья зоны характеризуются низкими величинами C:N (1.5-7 и 4-8, соответственно) и C:P (76-91 и 56-98) и находятся под влиянием р.Белой, сточных вод г. Усолья-Сибирского и вод заливов Оки и Ии. Это подтверждается положительной корреляцией C:N в донных отложениях и воде ($r=0.85$, $p=0.031$). Вторая зона является переходной и характеризуется крайне неравномерным распределением величинами C:N (6-15), C:P (148-330) и N:P (15-29).

Найдена взаимосвязь распределения суммы ПХБ и отношения C:N ($r=0.52$, $p=0.04$) (рис.10.5). Доля пентаХБ (составляет 52% в технической смеси ПХБ – соволе [Takasuga et al, 2006]) в сумме ПХБ больше в первой и

плотины Братской ГЭС. Получено неоднородное распределение их содержания с тенденцией увеличения к плотине Братской ГЭС. Качественный состав органического вещества в донных отложениях определен по величинам атомных отношений C:N, C:P и N:P, по ним выделены 3 зоны. Первая и третья зоны характеризуются низкими величинами C:N и C:P и находятся под влиянием р.Белой, сточных вод г. Усолья-Сибирского и вод заливов Оки и Ии. Это подтверждается положительной корреляцией C:N в донных отложениях и воде ($r=0.85$, $p=0.031$). Вторая зона является переходной и характеризуется крайне неравномерным распределением величинами C:N, C:P и N:P. Найдена положительная корреляция суммы ПХБ с отношением C:N ($r=0.52$, $p=0.04$). Доля пентаХБ (составляет 52% в технической смеси ПХБ – соволе [13]) в сумме ПХБ больше в первой и третьей зонах, чем во второй, что подтверждает влияние промышленных источников в верхней и нижней части Братского водохранилища.

Основные результаты проведённого исследования

В результате реализации плана научно-исследовательских работ 2015 года исследованы озерные морфолитосистемы Жомболокского вулканического района в Восточном Саяне. Разработана первая морфогенетическая классификация озер, описаны репрезентативные представители каждой разновидности. Рассчитаны скорости осадконакопления. Проведенные исследования показали, что наиболее широкое распространение в Жомболокском районе получили лимнические морфолитосистемы вулканического и гляциально-нивального происхождения.

Выполненная батиметрическая съемка котловины оз. Баунт (Северное Забайкалье) стала основой создания первой батиметрической карты-схемы котловины озера, что сыграет решающую роль в выборе оптимальной точки бурения его донных отложений для цели реконструкции эволюции его экосистемы.

Предварительные результаты комплексного изучения донных отложений оз. Баунт суммой геохимических, литологических и палеонтологических методов привели к созданию первого для экосистемы этого озера предварительного сценария ландшафтно-климатических условий седиментогенеза за последние 7 тысяч лет.

Изучение магнитной восприимчивости, идеальной намагниченности, наклона и палеонапряжённости донных отложений оз. Баунт стали основой для реконструкции ландшафтно-климатических условий седиментогенеза в озере за последние 30 тысяч лет. Дальнейшее комплексное исследование донных отложений оз. Баунт позволит получить еще более детальную картину динамики природной среды и ландшафтов этого района, для которого палеоэкологические исследования пока не проводились.

Обобщение результатов исследования створок диатомовых водорослей из донных отложений оз. Котокель изотопно-кислородным методом позволило выяснить особенности реакции системы озера на глобальные климатические изменения за последние 46 тыс. лет. Изотопно-кислородная запись последних 46 тыс. лет из оз. Котокель отражает высокую изменчивость природно-климатических условий на юге Сибири, обусловленную, главным образом, глобальным изменением температуры северного полушария и региональной перестройкой атмосферной циркуляции, определяющей количество атмосферных осадков в регионе и их внутригодовое распределение. Результаты геохимического исследования озерных, озерно-болотных и пещерных отложений методом РФА с использованием синхротронного излучения позволили получить сведения о химическом составе донных отложений озерных и озерно-болотных отложений Байкальского региона, с детальным рассмотрением брома, как потенциального элемента-индикатора.

Анализ органического вещества в донных отложениях искусственно-созданных водоемах (на примере Братского водохранилища) показал его неоднородное распределение с тенденцией увеличения к плотине Братской ГЭС. Найдена положительная корреляция Сорг в грунтах Братского водохранилища с ПХБ. Также найдена взаимосвязь распределения суммы ПХБ и отношения C:N. Все полученные результаты являются новыми и вносят существенный вклад в понимание закономерностей длительного функционирования озерных и болотных экосистем Восточной Сибири, а также причин, вызывающих разномасштабные по времени и амплитуде проявления сдвигов в состоянии экосистем.

Полученные результаты важны для реализации современных подходов в региональной системе рационального природопользования.

Список публикаций по теме

1. Глуховский М.З., Кузьмин М.И. Внеземные факторы и их роль в тектонической эволюции Земли в раннем докембрии // Геология и геофизика, 2015, Т. 56, № 7. С. 1225-1249.
2. Глуховский М.З., Кузьмин М.И., Баянова Т.Б., Баженова Г.Н., Лялина Л.М., Серов П.А. Автономные анортозиты Анабарского щита: возраст, геохимия и механизм образования // Доклады Академии наук, 2015, Т. 464, № 4, с. 457-463.
3. Мамонтова Е.А., Тарасова Е.Н., Горегляд А.В., Ткаченко Л.Л., Мамонтов А.А., Кузьмин М.И. Полихлорированные бифенилы и хлорорганические пестициды в атмосферном воздухе северного Прихубсугулья в 2008-2013 гг // ДАН, 2015, Т. 464, № 5, С. 608-610.
4. Ощепкова А.В., Кузьмин М.И., Бычинский В.А., Солотчина Э.П., Чудненко К.В. Модели твердых растворов для расчета минерального состава донных осадков озера Байкал: новый подход к палеоклиматическим реконструкциям // Доклады Академии наук, 2015, Т. 461, № 4, С. 447-450.
5. Тарасова Е.Н., Мамонтов А.А., Мамонтова Е.А. Факторы, определяющие современный гидрохимический режим Иркутского водохранилища // Вода: химия и экология, 2015, № 7, С. 10-17.
6. Шарова О.Г., Безрукова Е.В., Летунова П.П., Кулагина Н.В., Щетников А.А., Филинов И.А., Иванов Е.В., Левина О.В. Растительность и климат Танхойской подгорной равнины (Южное Побережье оз. Байкал) в позднеледниковье и голоцене // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Геоархеология. Этнология. Антропология. 2015. Т. 11. С. 86-102.
7. Вилор Н.В., Адрулайтис Л.Д., Зарубина О.В., Данилов Б.С. Геохимия сейсмоактивных региональных разломов (Байкальская рифтовая зона, Восточная Сибирь) // Геохимия, 2015, № 1, С. 64-82.
8. Kuz'mina E.A., Veshcheva S.V., Zarubina O.V., Brianskii N.V. Physico-chemical model as a tool to explain the composition of thermal waters in tectonically active regions // Acque Sotterranee (Italian Journal of Groundwater), 2015, № 2/140, P. 7-17.
9. Солотчина Э.П., Скляров Е.В., Страховенко В.Д., Солотчин П.А., Склярова О.А. Минералогия и кристаллохимия карбонатов современных осадков малых озер Приольхонья (Байкальский регион) // Доклады Академии наук, 2015, Т. 461, № 5, с. 579-585..

Список использованных источников

1. Mortlock R. A., Froelich Ph. N. A simple method for rapid determination of biogenic opal in pelagic marine sediments // *Deep-Sea Res.*, 1989, v. 36, № 9, p. 1415-1426.
2. Whiticar M. J. Carbon and hydrogen isotope systematics of bacterial formation and oxidation of methane// *Chemical Geology*, 1999, v. 161, p. 291-314
3. Зеленкина Т.С., Ешинимаев Б.Ц., Дагурова О.П., Сузина Н.Е., Намсараев Б.Б., Троценко Ю.А. Аэробные метанотрофы прибрежных гидротерм озера Байкал// *Микробиология*, 2009, т. 78, № 4, с. 545–551.
4. Левина О. В. Биогенный кремнезем в донных отложениях оз. Байкал: процесс накопления и факторы на него влияющие.// *Материалы II Всероссийской научно-практической конференции «Развитие жизни в процессе абиотических изменений на Земле»*. Пос. Листвянка, Россия, 2011, 23-27 августа; с. 120-125. *Теория и практика химического анализа почв / Под ред. Л.Ф. Воробьевой*. М.: GEOS, 2006. 400 с.
5. *Теория и практика химического анализа почв / Под ред. Л.Ф. Воробьевой*. М.: GEOS, 2006. 400 с.
6. *Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Ч. 1 / Под ред. Л.В. Боевой*. Ростов–на–Дону: Изд-во «ОК», 2009. 1044 с.
7. Крылова Л.П., Скопинцев Б.А. Органический углерод в водах рек Подмосковья и крупных рек Советского Союза // *Гидрохим. материалы*. – 1959. – Т. 28. – С.12-16.
8. Пономарева В.В. О методах выделения и химической природе фульвокислот // *Почвоведение*. – 1947. – № 12. – С.10-18.
9. Скопинцев Б.А. Органическое вещество в природных водах (водный гумус) // *Тр. ГОИН*. 1950. Вып. 17(29). 290 с.
10. Kuzmin M.I. Tarasova, E.A. Mamontova, A.A. Mamontov, E.V. Kerber Seasonal and interannual variations of water chemistry in the headwater streams of the Angara River (Baikal) from 1950 to 2010 // *Geochem. Int.* 2014. V. 52. P. 523–532.
11. Takasuga T., Senthilkumar K., Matsumura T., Shiozaki K., Sakai S. Isotope dilution analysis of polychlorinated biphenyls (PCBs) in transformer oil and global commercial PCB formulations by high resolution gas chromatography–high resolution mass spectrometry // *Chemosphere*, 2006, 62, pp. 469–484.