

# ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ИНСТИТУТОМ ГЕОХИМИИ СО РАН КОМПЛЕКСНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ РФФИ

Экспедиционный проект был нацелен на сбор новой фактической информации (полевых геологических наблюдений, коллекций образцов) о разновозрастных геологических образованиях Северо-Азиатского кратона и его складчатого обрамления в рамках двух блоков:

**I - «Химическая геодинамика эндогенных геологических процессов» и**

**II - «Геохимия биосферных процессов».**

## **ЦЕЛИ ЭКСПЕДИЦИИ в 2008 году по I блоку:**

1) Определение состава и структурных условий проявления рифтогенного магматизма в зоне сочленения Тувинской и Джидинской девонских рифтовых зон, принадлежащих девонской рифтовой системе южного обрамления Сибирской платформы. Предполагалось сосредоточить основные усилия на геологических и изотопно-геохимических исследованиях магматических комплексов в двух регионах: в Забайкальском секторе в пределах Джидинской рифтовой зоны и в Восточно-Саянском секторе в пределах Кропоткинского палеорифта. В Джидинской рифтовой зоне запланировано изучить соотношения высокотитанистых базальтов в полосе между долинами р. Хасурта и р. Нуд с более древними офиолитовыми комплексами Джидинского прогиба. В Кропоткинском палеорифте будет продолжено начатое в 2004 году картирование бимодальных вулканоплутонических ассоциаций, составление разрезов вулканических толщ по долинам рек Ары, Мунгулик, Мунгорга, Холбо и Дотот, изучение геологических взаимоотношений участвующих в составе ассоциаций массивов щелочных сиенитов, щелочных гранитов с покровами базальтов и трахириолитов-комендитов. Особое внимание будет уделено построению схем геологического строения в масштабе 1:100 000, получению геохимических (петрогенные элементы, РЗЭ, Rb, Zr, Nb, Та и др.) и изотопных (Sr, Nd, Pb) характеристик базальтов и трахириолитов-комендитов и определению абсолютного возраста магматических ассоциаций с помощью изохронных Rb-Sr (и, возможно, Ar-Ar) методов исследований. Целью этой работы является реконструкция пространственных границ и объемных параметров девонских магматических ареалов и определение состава мантийных и коровых источников расплавов.

2) Обнаружение в 2006-2007 годах экспедициями Института геохимии района развития раннеплейстоценового магматизма адакитового типа в южной части Центральной Камчатской Депрессии (ЦКД) требует проведения здесь детальных геологических исследований и геохимического опробования. Исследования представляются принципиально важными для разработки модели магматической эволюции ЦКД, как структуры растяжения, разделяющей два активных в четвертичное время вулканических пояса - Восточной Камчатки и Срединного хребта. В ходе работ предполагается выяснение временной последовательности формирования в районе адакитовой (Nb-обогащенные базальтоиды, Mg-андезиты, адакиты) и ассоциирующей с ней субщелочной базальтовой ассоциаций (мегаплагиофировые базальтоиды) с последующим проведением их изотопно-геохимических и геохронологических исследований (Sr, Nd, Pb, Ar/Ar). Имеющиеся данные позволяют предполагать, что в ходе работ будет проведена реконструкция строения и истории формирования ряда крупных щитовых вулканических построек с адакитовым магматизмом и выяснены их геологические взаимоотношения с примыкающими магматическими комплексами смежных вулканических поясов.

3) Геолого-геохимическими экспедиционными исследованиями позднепалеозой-раннемезозойского редкометалльного гранитоидного магматизма в южном секторе хребта Хамар-Дабан предполагается завершить изучение биту-джидинского интрузивного комплекса. По согласованию с Пограничной службой ФСБ РФ полевые исследования планируется провести в

пограничной зоне границы РФ-Монголия, что позволит расширить ареал исследований и впервые провести изучение ранее недоступных участков проявления редкометалльных гранитоидов этой области. Одной из важнейших целей работ также будет изучение и опробование вмещающих гранитоидные массивы протерозойских метаморфических толщ для решения вопросов палингенного кислого магмообразования, источников рудного вещества и характеристики составов верхнего слоя континентальной коры в регионе.

4) Для выяснения изотопной структуры континентальной коры западного сегмента Монголо-Охотского складчатого пояса (МОП) на основе Sm-Nd изотопных данных в ходе полевых работ предполагается провести изотопно-геохимическое опробование вулканогенно-осадочных толщ кулиндинской, ононской и чиндантской свит Восточного Забайкалья, представляющих главный объем аккреционной призмы МОП в районе «агинской сигмоиды» в районе стрелки рек Борзя и Онон и в нижнем течении р. Онон. Кроме того, предполагается изотопно-геохимическое опробование вулканогенно-осадочных толщ каменской и уртугуйской свит, представляющих фрагменты островодужных призм МОП. Планируемые исследования позволят получить представительный для Западного сектора МОП материал, характеризующий субдукционный этап эволюции структур Монголо-Охотского палеоокеана. Учитывая тот факт, что образования аккреционного клина и фрагменты островодужных призм являются комплексами, маркирующими сутурную зону, Sm-Nd изотопная характеристика этих осадочных и вулканических пород должна лежать в основе работ по выяснению изотопной структуры континентальной коры МОП и структуры его непосредственного окружения.

5) Провести геохимическое опробование и доопробование: 1) новых скважин открытого в 2007 году Мадьжангарского массива и Nb-месторождения на Анабарском щите, 2) нового типа редкометалльных карбонатитов р. Бирая, Бодайбинский р-н, 3) карбонатных пород Вост. обрамления Сыннырского массива на предмет отнесения их к карбонатитам, 4) К-щелочных вулканитов рифтовых зон Алдана и Припяцкого вала на предмет обнаружения лампроитовых пород. Провести отбор битумов в полостях кимберлитов тр. Удачная на предмет изучения плюмового влияния на глубинный магматизм. Провести изучение и сопоставление цирконовых коммулятов в щелочных породах Котугинского массива (Алдан) и Азовского массива (Украинский щит).

6) Провести исследование рифей-палеозойского магматизма и седиментогенеза в пределах Хэнтэй-Даурской и Агинской систем окраинных морей и островных дуг Монголо-Охотского палеоокеанического бассейна. Будет проведено геохимическое опробование пород Катаевской островной дуги позднего рифея(?) и бассейнов седиментации - Даурского (D-C1), Агуца-Кыранского (R2-3?), Куналейского (R-V?), Хэнтэйского (O-S-D-C).

7) Изучение вендских адацитов Гарганского массива (Восточный Саян). Опробование всех фазово-фациальных разновидностей гранитоидов массива, изучение причин вариаций состава и влияния на нее вмещающих пород, сбор ксенолитов характеризующий источник магмогенерации гранитоидов, поиск и опробование базитов NEB.

8) Геолого-геохимическое изучение гранитоидов в зоне проявления позднемезозойского рифтогенеза в Забайкалье (Малханский хребет).

9) Продолжить изучение редкометалльных пегматитов, распространенных в южной части Сангиленского нагорья, а также в Восточном Саяне в верховьях р. Ока. Задачей исследования является выявление геологических причин их разнообразной редкометальной специализации, изучение региональной зональности в размещении различно редкометально специализированных пегматитов, сопоставление геохимических особенностей пегматитов, сформировавшихся при

различном флюидном режиме, выявление роли вмещающих сред и процессов контаминации редкометалльных расплавов.

10) Изучить геологические взаимоотношения, провести отбор образцов минералов, геохимических и валовых проб основных разновидностей редкометалльных пород с высокими содержаниями Са и F (онгонитов, кварцевых порфиров, пегматитов) в Борзинском районе (Восточное Забайкалье, Читинская область). Данные работы необходимы для исследования процессов влияния F и Са на процессы дифференциации и концентрирования петрогенных и редких элементов в кислых силикатных расплавах.

11) Провести геохимическое опробование протерозойских гранитоидов и отборе минералов из пегматитов в районе одного из крупнейших в Восточно-Саянской слюдоносной провинции Тепсинского месторождения мусковита, расположенного в пределах Бирюсинской глыбы.

12) Для изучения процессов переноса металлов к геохимическим барьерам при рудообразовании в углеродистой среде и возможных вариантов миграции металлоносных восстановительных флюидов, опробовать и исследовать черносланцевые отложения на флангах крупных месторождений (Сухой Лог и Удокан) с выходом во вмещающие породы далеко за пределы данных месторождений.

#### **ЦЕЛИ ЭКСПЕДИЦИИ в 2008 году по II блоку:**

13) - Продолжить долговременные наблюдения за геохимическими изменениями компонентов окружающей среды Байкальского региона (озеро Байкал, исток р. Ангары, водохранилища Ангарского каскада, города Иркутской области и др.).

- Продолжить изучение закономерностей миграции тяжелых и токсичных металлов (Pb, Zn, Cu, Cd, As, Hg) в почвах Южного Прибайкалья и особенности поступления их в растения и пищевые цепи человека; изучить органическое вещество почв и его роль в миграции тяжелых металлов в почвах природно-техногенных ландшафтов Южного Прибайкалья.

- Продолжить исследования распределения СОЗов в системе атмосфера – почва – вода – биота – продукты питания – человек.

- Продолжить изучение вод малых озер Прибайкалья в условиях резко континентального климата.

- Продолжить радиоэкологический мониторинг Байкальского региона, изучить закономерности распределения естественных радионуклидов (уран, радий, торий) в различных природных средах, а также проявления радона и торона в ландшафтно-геохимических комплексах Байкальского региона.

14) Предлагаемый проект ставит перед собой цель реконструкции изменения стока реки Фролиха и увлажнения в ее водосборном бассейне в голоцене и позднеледниковье на основании изучения высокоразрешающих геохимических, микропалеонтологических и литологических записей из осадков озер Байкал и Фролиха. Важной целью проекта является выявление связи увлажнения в Забайкалье и, где формируется сток рек с крупномасштабными атмосферными флуктуациями (Североатлантическая, Арктическая Осциляция), ответственными за долговременные климатические изменения в Северном Полушарии. В проекте планируется широкое применение уникальных возможностей высокоразрешающего рентгенофлуоресцентного (РФА СИ) сканирования, позволяющего получить геохимические записи с беспрецедентно высоким годовым или даже сезонным разрешением (0.1-0.2 мм), а осадочные разрезы с высокими скоростями седиментации из озер Байкал и Телмен (0.6-1.0 см в год – варвы, оз. Телмен; и 0.2-1.0 см в год – оз. Байкал) будут служить основой для получения высокоразрешающих климатических (температура и увлажнение) записей из донных отложений, сравнимых по своему разрешению с лучшими

дендрохронологическими записями, но значительно превышающих последние по перекрываемому возрастному интервалу. Запланировано: 1. Провести отбор кернов из озера Байкал и озера Фролиха и получить тонкие срезы на РФА СИ сканирование и полный набор проб из отобранных кернов на все виды анализов. 2. Выполнить детальное измерение магнитной восприимчивости осадков (0.5 см интервал измерения). Составить подробную магнито- и лито-стратиграфическую схему исследуемых кернов и получить первую запись относительного колебания речного стока р. Селенги (Байкал) и притоков оз. Фролиха, базирующуюся на записи магнитной восприимчивости. Провести взаимную корреляцию кернов и составить сводные разрезы (для обоих озер отдельно). 3. Начать определение химического состава озерных осадков методами РФА, ААС, РФА СИ и др. и пробоподготовку на диатомовый и палинологический анализы.

15) В рамках программы «Глобальные изменения окружающей среды и климата»,

с помощью специального бурового оборудования, приспособленного для бурения со льда, планируется бурение 200-метровой скважины по осадкам озер Байкал и Хубсугул, а также получение длинных кернов донных отложений (до 10 метров) на озерах Арангатуй и Духовое (Западное Забайкалье). Основная фундаментальная задача проекта состоит в исследовании литологического, химического и редкоэлементного состава осадков в полученных разрезах с целью расшифровки изменения окружающей среды и вариаций климата Байкальского региона. Предполагается также отбор проб аллювиальных отложений основных притоков озера Байкал, древних миоцен-плиоценовых отложений и коры выветривания для сравнительного геохимического анализа. В последующем будет проведена детальная корреляция полученных данных с имеющимися детальными записями, полученными из Байкальских буровых скважин ВДР-96,98.

## **ПОСТАВЛЕННЫЕ ДЛЯ ЭКСПЕДИЦИИ ЗАДАЧИ НА 2008 ГОД ВЫПОЛНЕНЫ В ПОЛНОМ ОБЪЕМЕ.**

Проведение комплексной геологической экспедиции проводилось по тематике инициативных проектов, получивших следующие гранты по конкурсу "а" РФФИ: 08-05-00660 (М.И. Кузьмин), 08-05-00403 (В.С. Антипин), 08-05-00471 (И.С. Перетяжко), 08-05-00644 (В.К. Немеров), 08-05-00272 (Р.Г. Кравцова), 07-05-00365 (А.А. Воронцов), 07-05-00959 (А.Б. Перепелов), 07-05-00697 (Е.А. Мамонтова), 07-05-01053 (Е.В. Иванов), 06-05-64981 (С.И. Костровицкий), 06-05-64416 (Н.В. Владыкин), 06-05-64754 (С.И. Дриль), 06-05-65054 (В.И. Гребенщикова), 06-05-65140 (Н.В. Вилор), 06-05-64931 (В.А. Бычинский). Для проведения экспедиционных работ было организовано 34 полевых отряда и экспедиция "Бурение скважин по осадкам озер Байкальского региона" в рамках программы «Глобальные изменения окружающей среды и климата».

## **ПО БЛОКУ I «ХИМИЧЕСКАЯ ГЕОДИНАМИКА ЭНДОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ» ПОЛУЧЕНЫ СЛЕДУЮЩИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ:**

### **Рифтовый отряд.**

В 2008 году было продолжено изучение девонских магматических комплексов в Восточно-Саянском секторе в пределах Кропоткинского палеорифта. В ходе полевых работ были получены новые данные о геологическом строении и составе базальт-трахириолитовой ассоциации на Дототском участке, что позволило расширить ареал распространения девонского бимодального магматизма в северо-западных границах палеорифта и уточнить его структурное положение в пределах Тувинского прогиба. С учетом геологической информации, полученной в ходе предыдущих исследований, было установлено, что в этом палеорифте девонские вулканиты распространены в субширотной зоне протяженностью более 120 км. Восточный фланг этой зоны охватывает Урда-Хойт-Окинское междуречье и хребет Кропоткина, западный фланг ограничивается восточным обрамлением Тоджинской депрессии. Вулканические ассоциации сохранились фрагментарно в виде разрозненных останцов лавового поля, в дроблении которого главную роль сыграла узкая система

мелких субширотных разломов и позднейшая речная и ледниковая эрозия. Поэтому гипсометрические отметки подошвы лавовой толщи варьируют по высоте в интервале от 1700 до 2500 м над уровнем моря. В строении лавового поля породы разного состава обычно разделены и образуют обособленные серии покровов базальтов, базальтовых трахиандезитов, трахитов, трахириодацитов и трахириолитов-комендитов, а также слои и линзы пирокластического материала. В целом, щелочно-сиалические породы преобладают и слагают более 95 % объема всех выходов вулканических толщ. С целью определения составов магматических источников для представительной серии образцов базальтоидов, отобранных в 2004-2007 гг и полученных при проведении экспедиционных работ 2008 г, исследованы микроэлементный состав и изотопный состав стронция и неодима. Установлено, что базальтоиды разделяются на две серии по содержанию  $TiO_2$ : первая серия образована высокотитанистыми ( $TiO_2 \sim 3,4-4,2$  мас. %) пикробазальтами, базанитами и оливиновыми базальтами, вторая серия включает умереннотитанистые ( $TiO_2 \sim 1,3-2,7$  мас. %) субщелочные базальты, базальтовые трахиандезиты. Породы высокотитанистой серии являются менее кремнекислыми, более щелочными и железистыми по сравнению с умереннотитанистой. Все породы близки по индикаторным отношениям и спектрам распределения редких и редкоземельных элементов, а также по изотопному составу Sr и Nd к составу мантийных источников, формирующих обогащенные внутриплитовые базальты типа OIB. Однако наблюдаются отчетливые различия в составе базальтов умеренно- и высокотитанистых серий. Спектр распределения редких элементов в высокотитанистых базальтах наиболее точно совпадает со спектром OIB. Умереннотитанистые базальты по сравнению с высокотитанистыми обеднены высокочargedными некогерентными элементами Th, U, Nb, Ta, в меньшей степени – Zr и Hf, а также редкоземельными элементами за счет уменьшения доли легких лантаноидов относительно тяжелых и обогащены Ba, что характерно для субдукционных островодужных вулканических серий. Вероятно, что обе серии были образованы в условиях активной континентальной окраины из общего мантийного (плюмового) источника, обогащенного редкими литофильными элементами. Геохимические различия между высокотитанистыми и умереннотитанистыми сериями, по-видимому, обусловлены: 1) разной степенью плавления мантийного субстрата и 2) разной степенью вовлечения надсубдукционной мантии в область плавления мантийного плюма.

#### **Хамбинский отряд.**

В ходе полевых работ 2008 года получена новая информация о структурно-геологических условиях проявления и составе позднемезозойских рифтогенных магматических ассоциаций в Хамбинском и Джидинском секторах Западно-Забайкальской области.

Уточнены данные о геологическом строении Хамбинской вулкано-тектонической структуры, согласно которым эта структура является горстовым обрамлением Гусиноозерской впадины и может рассматриваться вместе с ней или как самостоятельный рифт или как продолжение Джидинского фрагмента Западно-Забайкальской рифтовой области.

В Джидинском секторе в обрамлении Боргойской впадины было обследовано 7 проявлений нефелиновых сиенитов, возраст которых (126 млн. лет) отвечает времени формирования щелочных вулкаников (тефритов и фонотефритов). Установлено, что эти породы проявлены в виде даек, небольших жил и штоков. Исключение составляет лишь довольно крупный Боргойский массив.

#### **Геохимический отряд.**

Установлено, что в южной части ЦКД проявлены как лавовые, так и экструзивные комплексы представленные породами адакитовой ассоциации. При этом собственно адакиты обнаружены только в составе экструзивных фаций, Mg-андезито-базальты и Mg-андезиты представлены как экструзиями, так и крупными, но редкими лавовыми потоками, а NEB установлены только в виде лавовых фаций. Среди последних обнаружены разности базальтового ( $TiO_2=1.34-1.44$  %; Nb=6-14 ppm; Mg#=58-64) и андезито-базальтового составов ( $TiO_2=1.12-1.14$  %; Nb=8-16 ppm; Mg#=59-62). Для базальтоидов NEB характерны редкопорфировые структуры с вкрапленниками Ol, Орх, реже Pl и Amph. Магнезиальные андезито-базальты ( $TiO_2=0.95-1.05$  %; Nb=5-13 ppm; Mg#=68-69, Sr/Y=32-37) и андезиты ( $TiO_2=0.78-0.79$  %; Nb=5-6 ppm; Mg#=69-70, Sr/Y=42-48) представлены редкопорфировыми породами с вкрапленниками исключительно Орх при полном отсутствии вкрапленников плагиоклазов. Адакиты представляют собой плагиопорфировые разности андезитов с подчиненным

распространением Орх ( $TiO_2=1.07-1.09\%$ ;  $Nb=7-13\text{ ppm}$ ;  $Mg\#=57-62$ ,  $Sr/Y=67-80$ ). Установлены общие закономерности формирования адакитовых ассоциаций пород. Вначале в развитии небольших щитовых вулканических аппаратов происходило формирование лавовых покровов NEB небольшой мощности (3-4 м). Общее количество зафиксированных лавовых потоков достигает 30-35 единиц. Затем в развитии вулканов произошло формирование крупных экструзивных тел, сложенных Mg-андезитами и в подчиненной степени адакитами. Магнезиальные андезиты и андезито-базальты в завершение развития центров также проявлены и в виде коротких и мощных лавовых потоков. По завершении полевых исследований выполнены петрохимические анализы, методом ICP-MS получено более 10 анализов пород адакитовой ассоциации. На геохимическом уровне подтверждено отнесение пород изученных центров в южной части ЦКД к адакитовой ассоциации. Установлено, что характерный для ЦКД мегаплагиофировый субщелочной вулканизм в истории развития структуры является более поздним, чем адакитовый. По новым коллекциям пород адакитовой ассоциации планируется проведение абсолютного датирования с использованием Ar-Ar метода.

В ходе исследований южной части Биту-Джидинского многофазного интрузивного массива редкометалльных амазонит-альбитовых гранитоидов получена новая представительная коллекция образцов и проб всех главных интрузивных фаз массива и вмещающих его нижнепалеозойских метаморфогенных толщ. По итогам исследований впервые составлена схема строения интрузивного комплекса в приграничной области и в результате составлена геологическая схема массива в целом. На основе замеров GPS были зафиксированы точки контактов интрузивных фаз по всей их протяженности с шагом от 5 до 15 метров. При этом, не смотря на широкое развитие делювиальных развалов по телу массива, удалось проследить границы развития двух главных фаз гранитоидов - ранней фазы Pl-Kfs-Bt гранитов и более поздней фазы амазонит-альбитовых гранитов. Выяснено, что наибольшим развитием амазонит-альбитовые граниты пользуются на северных участках массива. Южный участок массива имеет значительную площадь и простирается на монгольскую территорию на расстояние до 3-3.5 км. Измерения гипсометрических уровней выходов гранитоидных фаз на различных участках интрузивного тела и фиксация их пространственного положения привели к выводу о лаполитообразной форме внедрения амазонит-альбитовых гранитов. В целом, по результатам работ необходимо заключить, что объем рудоносной фазы интрузии на южном участке массива может позволить увеличить прогнозные запасы месторождения Li, Rb, Ta и Nb не менее, чем в 1,5 раза. В ходе исследований установлено, что на раннем этапе развития интрузивного комплекса, связанного с внедрением Pl-Kfs-Bt гранитов, проявлен также комплекс маломощных даек лейкократовых гранитов, которые ранее на северном участке массива обнаружены не были. По результатам новых исследований показано, что формирование массива имело 4-х фазную историю. В ходе работ создана новая коллекция проб и образцов по Биту-Джидинскому массиву и вмещающим его метаморфогенным толщам при опробовании более чем 90 точек наблюдения. При опробовании и изучении миоценового базальтового плато к востоку от оз. Хубсугул создана коллекция из 22 проб. Лавовое плато сложено протяженными потоками трахибазальтов мощностью до 15-20 м. Породы порфировые с вкрапленниками Ol и реже Crx.

### **Изотопный отряд.**

Монголо-Охотский складчатый пояс (МОП) сформировался в результате присоединения к окраине Сибирского палеоконтинента группы террейнов разной геодинамической природы, первоначально располагавшихся в пределах Монголо-Охотского палеоокеана. Существование протяженных фрагментов аккреционных комплексов свидетельствует о масштабных субдукционных процессах вдоль границ палеоокеанического бассейна.

Вдоль северо-западной (в современных координатах) границы пояса в пределах Восточного Забайкалья магматическими индикаторами островодужной обстановки в позднем палеозое служат интрузии береинского габбро-диорит-плагиогранитного комплекса и тесно пространственно связанные с ними вулканогенно-осадочные образования каменной свиты. Эти образования были объединены в составе Каменского островодужного террейна МОП.

Отложения уртуйской свиты Восточного Забайкалья являются индикатором зоны субдукции, ограничивавшей Монголо-Охотский палеоокеан с юго-востока (в современных координатах). Возраст пород определен как раннекарбонный на основе фаунистических остатков в линзах и блоках органогенных известняков, заключенных в терригенном или вулканогенно-терригенном матриксе. Свита представлена песчаниками, алевролитами, аргиллитами, туфами среднего и кислого состава, а также базальтами, базальтовыми андезитами, андезитами и риолитами.

Как магматические, так и вулканогенно-осадочные породы Каменского островодужного террейна имеют положительные величины  $\epsilon_{Nd}$ . Величина  $\epsilon_{Nd}(300) = 3,7$  в базальтах каменской свиты полностью совпадает с таковыми в диоритах и плагиогранитах Береинского комплекса -  $\epsilon_{Nd}(300) = 1,7-3,7$ . Это безусловно подтверждает вывод о тесной генетической связи средних и кислых пород береинского комплекса с основными расплавами, сделанный ранее. Близки и модельные Nd изотопные возрасты базальтов -  $T_{Nd}(DM) = 919$  МА, и интрузий среднего-кислого состава -  $T_{Nd}(DM-2) = 766-941$  МА. Туфоалевролиты каменской свиты также имеют положительные значения  $\epsilon_{Nd}(300) = 2,8-6,4$ , при  $T_{Nd}(DM-2) = 547-849$  МА, что свидетельствует о значительной доле относительно молодого ювенильного корового вещества в составе этих осадочных пород. В отличие от вулканогенно-осадочных пород каменской свиты, исследованные туфоалевролиты уртуйской свиты имеют более низкие величины  $\epsilon_{Nd}(300) = 0,3-(-3,6)$  при более древних модельных Nd изотопных возрастах -  $T_{Nd}(DM-2) = 1057-1376$  МА. Это свидетельствует о большей доле древнего корового вещества в источнике сноса уртуйской свиты по сравнению с каменской. Сопоставляя изотопные Sm-Nd характеристики вулканогенно-осадочных пород островодужных комплексов и аккреционных призм, следует отметить, что доля древнего корового вещества в составе последних должна быть существенно больше, чем в первых.

### **Якутский отряд.**

Изучен вещественный состав наиболее крупных месторождений алмаза Якутской провинции, особенности распределения составов барофильных минералов под северными кимберлитовыми полями, проведена изотопно-геохимическая систематика минералов мегакристной ассоциации.

### **Мурунский отряд.**

В 2007 году в юго-восточной части Анабарского щита была разбурена Th-U аномалия предположительно карбонатитовой формации. Нами было проведено первое их геохимическое опробование. Изучение полученного материала показало, что вскрытые породы действительно являются карбонатитами и выявило рудные концентрации в них Nb, TR, Sr, давшие возможность считать их месторождением. В полевой период 2008 года проведено детальное опробование карбонатитов, взяты большие пробы на выделение рудных концентратов. Изучение шлифов б пробуренных скважин по 100 м каждая, показало наличие тут кальцитовых, доломит-кальцитовых и анкеритовых разновидностей карбонатитов очень мелкозернистых, вулканогенного облика. Самая верхняя часть штока представлена карбонатитовыми туфами, очень похожими на карбонатитовые туфы щелочных вулканов Италии. Все это свидетельствует, что на поверхность выходит только самая верхняя часть вулканно-плутонического карбонатитового комплекса, что значительно повышает вероятность наличия в этом массиве крупного месторождения редких элементов. По первым данным наивысшие концентрации Nb до 3 %, TR до 8 % и Sr до 15 %.

На кимберлитовых трубках Удачная-Восточная, Удачная-Западная и Юбилейная был собран представительный материал мантийных битумов различного цвета и различного агрегатного состояния (округлые и удлиненные шарики красного и желтого цветов и сплошные массы черного цвета) в пустотах и гидротермальных жилах. Битумы ассоциируют с сульфидами, кварцем, кальцитом. Полученные первые анализы показали их различный химический состав, что свидетельствует о их выделениях из растворов при разных температурах.

На восточном эндоконтакте самого крупного в мире Сыннырского ультракалийевого массива (площадь 600 кв. км) в Северном Прибайкалье совместно с отрядом Геологического Института СО РАН было опробованы карбонатные образования, ранее (в 60 годы) считавшиеся магнезиальными скарнами. По нашим ранним представлениям эти образования были фоскоритами (кальцит-магнетит- апатит- флогопитовыми породами), похожими на рудные фоскориты Ковдорского массива. Детальное опробование пород подтвердило наше раннее заключение, что поднимает вопрос о наличии на массиве карбонатитов, которые были обнаружены Л.И. Паниной в расплавных включениях силикатных пород массива.

Проведено детальное опробование K-щелочных вулканитов рифтовой зоны Припятского вала, Русской платформы. Породы содержат форстерит, флогопит, K-Fsp и напоминают лампроиты Алданского щита, только сильно карбонатизированные. Это повышает перспективы нахождения там алмазоносных лампроитов.

На Украинском щите в Приазовье проведено геохимическое опробование Азовского Zr-месторождения связанного со щелочными породами. Руда представлена полосами ограненного мономинерального циркона кумулятивного генезиса. Эти образования очень похожи на такие же кумулятивные выделения циркона в щелочных гранитах Катугинского массива в западной части Алданского щита, которое мы изучали ранее. Проведенные в Австралии на нашем материале определения возраста цирконов Азовского месторождения на приборе Srimp -2 дали цифры 1800 млн. лет. Подобный же возраст имеет и Катугинский массив в Сибири.

#### **Окинский отряд.**

Согласно результатам полевых исследований было установлено, что базиты NEB довольно широко распространены в пределах Гарганского массива. Часть магматических тел, рассматривавшихся ранее как крупные ксенолиты, оставшиеся при дезинтеграции Дунжугурского офиолитового покрова, а также базитовые «оторочки», считавшиеся продуктом взаимодействия гранитоидной магмы с карбонатными вмещающими породами, должны рассматриваться в качестве самостоятельной интрузивной фазы. Изучение взаимоотношений между габброидами первой фазы плутона (базиты NEB) и адакитами, слагающими вторую фазу плутона показали, что их внедрение разделено незначительным промежутком времени (отсутствии закалки и дайковых серий). Это свидетельствует об их генетической близости и позволяет использовать модели «внекорового» происхождения адакитовых магм, что, в свою очередь, позволит более уверенно идентифицировать геодинамический процесс ответственный за образование этих гранитоидов.

#### **Малханский отряд.**

Ранее было установлено, что граниты Орешного массива (Центральное Забайкалье), с которым пространственно и генетически связано крупнейшее в России Малханское месторождение турмалиноносных миароловых пегматитов, по геохимическим характеристикам наиболее близки типу коллизионных гранитоидов. Однако в 2007 году получены данные о раннемеловом (125 м.л.) возрасте Орешного массива, соответствующем широко проявленному в Западном Забайкалье этапу рифтогенеза, с которым связано формирование многочисленных впадин «забайкальского» типа. Орешный массив приурочен к северному борту одной из таких впадин – Чикойской. В связи с этим в полевой сезон 2008 года было проведено опробование порфиридных биотитовых гранитов и лейкогранитов, визуально аналогичных гранитам Орешного массива, в субширотной полосе 70x20 км, протягивающейся параллельно Чикойской впадине вдоль осевой части Малханского хребта, с целью расширения ареала гранитоидного «рифтогенного» магматизма с аномальными («коллизионными») геохимическими характеристиками в данном районе.

#### **Борзинский отряд.**

Проведено опробование онгонитового массива Ары-Булак и тел кварцевых порфиров вблизи п.Шерловая Гора (дайки Большая, Высокая, Восточная, Заводская). Осмотр образцов из массива Ары-Булак по нескольким опорным разрезам и сравнение их с отобранными ранее образцами и пробами, для которых имелись полные химические анализы показали, что богатые Са и F афировые породы расположены преимущественно на Ю-З фланге в апикальной зоне шириной 50-100 м. Эти породы постепенно (на расстоянии нескольких метров) сменяются обычными порфиристыми онгонитами. Последние визуально практически неразличимы от обогащенных Са и F порфиристых пород. Однако при оптическом изучении образцов под биноклем удается их идентифицировать по более «сливному» (крипто-микрозернистому) виду основной массы минерального агрегата. Оказалось, что такие породы встречаются «пятнами» среди обычных порфиристых онгонитов. Составлена предварительная карта массива с выделением участков распространения обогащенных Са и F порфиристых и афировых пород. Предстоящие лабораторные исследования помогут уточнить карту, составленную по наблюдениям в полевых условиях.

В эндоконтактной зоне гранитного массива Адун-Челон среди отвалов россыпей на касситерит обнаружены обломки темно-серой афировой породы с редкими вкрапленниками кварца. Вероятно, они принадлежат развалам одного или нескольких тел, которые ранее геологи, проводившие изучение этого района, условно относили к дайке онгонитов Верхнеарыбулакской. По результатам химических анализов в породах содержится до 6 мас.% фтора и до 22 мас.%  $Al_2O_3$ , что



связано с присутствием в них большого количества топаза. Предварительные результаты позволили отнести их к редким разновидностям богатых фтором магматических пород – топазитам.

#### **Бирюсинский отряд.**

Опробованы наземные выходы и доступные для наблюдений подземные горные выработки (заброшенные штольни), вскрывающие тела слюдоносных пегматитов Тепсинского месторождения, расположенного в северо-западной части Бирюсинской зоны Восточного Саяна. Определены взаимоотношения пегматитов и вмещающих их пород. Структурная позиция пегматитов разнообразна. Различаются несколько типов жил пегматитов: 1) Метаморфические - согласно залегающие маломощные тела пегматитов в биотитовых и гранат-биотитовых гнейсах и связанные с ними постепенными переходами. Главную роль в составе играет плагиоклаз >50%, остальное биотит и кварц. Эти жилы практически безрудны. 2) Первичномагматические - мощные, от 1-2 м до первых десятков при длине до 1 км, тела пегматитов, залегающие в породах любого состава и могут быть как согласными, так и секущими. Для них характерно зональное строение, где краевые части сложены аплитовидным микроклин-плагиоклазовым пегматитом, к центру сменяется плагиоклаз-микроклиновым, кварц-мусковитовым пегматитом, иногда центральная часть сложена кварцевым ядром. К зоне кварц-мусковитовых пегматитов и приурочено образование промышленных генераций мусковита. Размещение жил контролируется крупными тектоническими нарушениями. Вокруг пегматитовых тел проявлены метасоматические процессы: окварцевание, мусковитизация и т.д., что может свидетельствовать об активном флюидно-магматическом взаимодействии в период становления и кристаллизации пегматитов. Для установления Т-Р параметров пегматитообразования необходимы дополнительные минералого-геохимические исследования с привлечением данных по свойствам флюидных и расплавных включений в минералах.

#### **Тувинский отряд.**

Отобраны образцы и пробы для дальнейшего изучения минерального и химического состава редкометальных пегматитов Качикского и Бурчинского пегматитовых полей, а также образцы и пробы гранитов и безрудных пегматитов массивов Темен-Чулу и Учуглык. Отобраны пробы гранитоидов (с различной редкометальной минерализацией и безрудных) для изучения флюидного режима их формирования методами газовой хроматографии.

#### **Пегматитовый отряд.**

Проведено геологическое изучение и геохимическое опробование гранитоидов Шельминского и Заречного массивов и пегматитов Тепсинского поля в докембрийской Бирюсинской зоне, выяснены особенности геологического положения гранитных массивов и слюдоносных пегматитовых жил. Установлено наличие двух типов пегматитовых жил, отличающихся в первую очередь по составу: 1) плагиоклазовых и 2) плагиомикроклиновых. По отношению к вмещающим метаморфическим породам жилы плагиоклазовых пегматитов обычно расположены согласно, а тела плагиомикроклиновых пегматитов пересекают как метаморфические породы, так и жилы плагиоклазовых пегматитов. Отобраны коллекции геохимических проб изученных гранитоидов и пегматитов.

#### **Метасоматический отряд.**

Получены данные о составе основного протолита, возрасте высокометаморфизованных пород гранулитовой фации шарыжалгайской и китойской серий. Это позволит провести корреляцию в архее и протерозое Присяянского краевого выступа фундамента Сибирской платформы, выявить палеолитологические и палеогеодинамические обстановки формирования метавулканических и метаинтрузивных основных пород гранулитовых и зеленокаменных комплексов Присяянского краевого выступа с целью проведения вещественных, геологических, тектонических, металлогенических корреляций между ними.

Исследованы петролого-геохимические и минералогические особенности процессов ультраметаморфических преобразований (гранитизации и базификации) в комплексах с разной степенью метаморфизма

Изучены метавулканические, метагабброидные и гранитоидные породы гранулитовой фации с архейскими и нижнепротерозойскими датировками в шарыжалгайской серии по Кругобайкальской ж. д. и выявлены различия между ними.

Получен материал для проведения геохимических и изотопно-геохронологических определений основных метавулканогенных и метагабброидных пород Онотского зеленокаменных поясов, что позволит провести достоверный сравнительный анализ условий образования, возраста и проявления эндогенных процессов.

#### **Офиолитовый отряд.**

На основе детального изучения геологического строения Куналейского, Хэнтэй-Даурского окраинноморских бассейнов седиментации и вулканизма получены новые данные о вещественном составе венд-палеозойских пород, возрасте, фациальных, палеогеографических и геодинамических условиях формирования осадочно-вулканогенных толщ. В результате исследований габброидных массивов ингодинского и даурского интрузивных комплексов Зачинойской зоны получены новые данные о вещественном составе и геодинамических условиях формирования изученных массивов.

#### **Саянский отряд.**

Выяснено, что массивы Бирюсинской глыбы отличаются от высокопродуктивных по Ni Кингашских массивов умеренной степенью дифференциации и тяготением к дунит-перидотитовому составу с низкой долей сопровождающих габброидов. Обнаруживается также заметная приуроченность массивов к послонному внедрению в гнейсах бирюсинской серии. Их отличает от Кингашских также обогащение преимущественно платиной при частичной концентрации элемента не только в сульфидах, но и в хромитах. Массивы несут на себе следы интенсивного метаморфизма с реконцентрацией Ni и элементов группы платины (ЭГП) по зонам дислокации и мигматизации. В рамках ранее собранных данных по датировкам и расшифровке режима геодинамики и источников рудных локализаций можно сформулировать некоторые предварительные закономерности. На основании особенностей распределения редких элементов, изотопного состава Nd и Sm в валовых пробах горных пород и минералов Кингашского ультрамафит-мафитового массива обосновывается его полихронное формирование на рубеже 1410 млн лет, что отражает магматическую эволюцию на окраине Сибирского палеоконтинента в позднем докембрии. Становление массивов, вероятно, связано с аккреционно-коллизийными процессами в раннем палеозое (~500 млн лет по Sm-Nd минеральной изохроне реоморфного жильного альбита).

#### **Барбитайский отряд.**

В ходе полевых работ изучались магматические и метаморфические комплексы юго-западной части Бирюсинского тектонического блока. Установлено, что в данном районе развита метаморфическая толща, сложенная мраморами, кварцитами, мусковитовыми, биотитовыми, гранат-биотитовыми и гранат-дистеновыми гнейсами. Отобранный материал позволит определить P-T параметры метаморфизма пород толщи, состав протолита и провести в дальнейшем реконструкции режимов осадконакопления в данном регионе.

Изученные ультрабазит-базитовые массивы по предварительным данным относятся к двум генетическим типам: производным пикритовой магмы (дунит-перидотит-габбровая формация) и реститовые (дунит-гарцбургитовая формация). Проведенное геологическое картирование отдельных массивов позволит установить особенности их внутреннего строения и характер распределения рудных компонентов. Полученные данные позволят подойти к решению проблемы выделения офиолитовых комплексов и продуктов островодужного магматизма в коллизийно-аккреционных зонах, обрамляющих древние платформы.

#### **Метаморфический отряд.**

Изучены разрезы джидинской и хохюртовской свит по среднему течению р. Джиды и ее притоку р. Хасуртуй и взаимоотношения слабо метаморфизованных осадочных пород джидинской свиты с вулканитами и гранитоидами джидинского комплекса. Опробованы метапелиты, углеродистые кварциты, метапесчаники, известковистые песчаники и карбонатные породы,

метатуффиты, а также находящиеся с ними в тектонических соотношениях метабазалты и ультрабазиты. Обнаружен обогащенный марганцем прослой, в котором при низкой зеленосланцевой фации метаморфизма появляется гранат.

#### **Черносланцевый отряд.**

Вновь полученные петрохимические и геохимические данные подтверждают предположение о том, что углеродистые отложения хомолхинской и аунакитской свит, к которым приурочено более 90 % золоторудных месторождений Бодайбинского района, регионально выделяются сидерохалькофильной специализацией. Эта специализация обусловлена формированием данных отложений в условиях спредингового задугового бассейна. Залегающие стратиграфически ниже (хайвергинская, бугарихтинская, джемкуканская свиты) и выше (вачская, качергатская свиты) черносланцевые уровни формировались соответственно а) на рифтогенной пассивной окраине, б) в условиях бассейна форланда. После выполнения полного объема аналитических исследований по проведенным работам, появится материал позволяющий более обоснованно подойти к решению проблемы происхождения золоторудных месторождений в черных сланцах региона.

#### **Забайкальский отряд.**

Проведенными геолого-поисковыми работами на участке Дагиня были выявлены несколько рудных зон кварц-турмалин-сульфидного состава и прожилково-метасоматического окварцевания с мелкой, рассеянной вкрапленностью сульфидов. Контакты таких зон с вмещающими гранитами, как правило, постепенные, устанавливаются только опробованием, а внешне – по уменьшению степени окварцевания. Визуально зоны выделяются более контрастно по бледной зеленовато-желтой окраске пород, вероятно, за счет окисления арсенопирита (скородит).

Было проведено опробование всех выявленных зон рудной минерализации и вмещающих пород, всего отобрано 43 больших (0,5-1,5 кг) геохимических пробы.

#### **Ангаро-Бодайбинский отряд.**

Вариации содержаний элементов-индикаторов (ЭИ) в покровных отложениях зон динамического влияния разломов сопровождаются сохранением первичных и появлением новых концентрационных связей. В приразломных рудных лимонитах краевого шва Сибирской платформы остается устойчивой ассоциация  $Tl - Mo$  с  $K_{кор}$ , равным 0.611. Она сохраняется также и в Тункинском разломе, на котором образуется почвенная ассоциация  $Hg - C_{орг}$ , имеющая  $K_{кор}$ , равный 0.751. Концентрации ЭИ, пониженные в коренных породах ЗДВР у  $Hg$ , более, чем двукратно повышаются на Тункинском разломе, а в рудных лимонитах приближаются к промышленным. Аномалии взаимно зависящих содержаний ртути и радиоактивных газов в почвах и грунтах присутствуют на всех исследованных разломах, независимо от их кинематических характеристик.

Корреляционные соотношения между ЭИ становятся статистически значимыми в почвах, обогащенных гумусом, и ожелезненных грунтах, содержащих гумины и гидроокись  $Fe$ . В сульфидизированных приразломных метасоматитах, устойчива ассоциация  $As, Tl, Hg, Mo$ , сложившаяся на первичном термодинамическом геохимическом барьере. Таким образом, важнейшая генетическая особенность активных региональных разломов с контрастным уходящим поверхностным ИК потоком, в частности в рифтовых зонах, заключается в совмещении приразломной эмиссии ИК излучения и привноса высоко мобильных рудных элементов и радиоактивных газов, сопряженные с конвективным теплообменом.

#### **Кварцитовый отряд.**

В результате исследований выяснилось, что кварциты Урда-Гарганского, Бурал-Сарьдагского, Урунгенурского участков, являясь частью одного кварцево-карбонатного пояса, окаймляющего Гарганский Плутон, образовались в результате схожих геологических процессов, однако они не являются полными аналогами ни по форме залегания продуктивных тел, ни по петрографо-минералогическим характеристикам. По своим масштабам проявление Урда-Гарган наряду с месторождением Бурал-Сарьдаг может представлять промышленный интерес как сырье для кремниевой промышленности.

Изучение условий образования и развития первичноосадочных, метаморфогенных кварцитов позволит расширить МСБ кварца не только для металлургии, но и для других отраслей промышленности, в том числе и как сырье для плавки оптического кварцевого стекла.

### **Восточный отряд.**

Проведено геологическое и минералого-геохимическое изучение литологических разновидностей горных пород, руд и выполнены поисково-ревизионные работы в пределах Их Хайрханской депрессии (Центральная Монголия) на участке Худжыртын.

Участок Худжыртын гол сложен метаморфизованными сланцами часто разгнейсованными, местами окварцованными и ожелезненными. В северо-восточном углу площади отмечен тектонический контакт метаморфизованных сланцев с рассланцованными песчаниками. Зона контакта сульфидизирована, где основным рудным минералом является окисленный пирит. На северо-западной части площади картируется мощный выход тела диоритов, которые в зоне контакта с метаморфизованными сланцами и песчаниками сильно изменены, осветлены, окварцованы и местами сульфидизированы (пирит, арсенопирит). Иногда зоны интенсивного изменения и осветления отмечаются и на значительном расстоянии от тела диоритов. В центральной части площади исследований отмечаются выходы «ядра» кремнистых пород «железистых кварцитов» с вкрапленностью магнетита и других сульфидных минералов, хорошо трассирующиеся магнитными геофизическими аномалиями. Фрагментарно зафиксированы выходы жил кварц-турмалинового состава, местами сульфидизированных (пирит крупнокристаллический) различной ориентировки, но преобладают жилы северо-восточного простирания. Вмещающие породы в зоне контакта с жилами осветлены и окварцованы.

Минерализация участка Худжыртын гол характеризуется присутствием *магнетита*, *гематита* и, в меньшей степени, *пирита*. Наряду с кварцем, из нерудных минералов широко распространен *турмалин*, *актинолит*. Рудные минералы находятся в виде тонкозернистых агрегатов, в ассоциации с кварцем. Магнетит, гематит и пирит значительно окислены. Окисленные зерна пирита, гематита сохраняют первичные кристаллические очертания. В некоторых пробах отмечаются радиально-лучистые агрегаты окисленного гематита, часто в сростании с изометрическим, ксеноморфным магнетитом. *Лимонит* присутствует в виде сети тонких прожилков, а так же псевдоморфоз по прожилково-вкрапленной минерализации пирита, магнетита. В одной пробе отмечено три зерна золота, красновато-желтого цвета, форма изометрическая, размер зерен от 0,5 до 1мм.

Таким образом, характер распространения гидротермально измененных пород, рудной минерализации и литологических разновидностей вмещающих пород дает основание предположить, что коренным источником россыпного золота является зона эндо- и экзоконтакта тела измененных и сульфидизированных диоритов и вмещающих пород.

### **Патомский отряд.**

В Бодайбинском районе Иркутской области проведено дальнейшее изучение Патомского кратера (среднее течение реки Хомолхо), по которому выполнено детальное опробование и получены новые результаты о его происхождении. Проведено более представительное опробование карбонатных и терригенных пород внутри кратера и за его пределами с последующим минералого-геохимическим и изотопным изучением отобранных образцов и проб, что даст возможность разработать геологическую модель образования Патомского кратера.

Установлено, что Патомский кратер представляет собой зональную кольцевую структуру, отдельные зоны которой являются разновременными образованиями. Это согласуется и с результатами дендрохронологических исследований, так как в пределах указанных зон лиственницы имеют различный возраст. Во время образования кратера происходило, по крайней мере, трехкратное воздействие эндогенной энергии на карбонатную мариинскую толщу. В результате сформировались: ранний кольцевой вал, поздний кольцевой вал, кольцевой ров и центральная горка. Эти процессы возможны только при вулканической активности, но не при одноактном падении метеорита.

В пределах кратера кроме глыб и обломков преобладающих известняков встречаются обломки песчаников, сланцев и полевошпат-карбонатных и кварцевых жил. В совокупности они представляют собой так называемую эруптивную брекчию, т.е. раздробленную породу, выброшенную на поверхность Земли. Таким образом, подтверждена гипотеза вулканического происхождения кратера, о чем, прежде всего, свидетельствует положительная форма рельефа в виде насыпного усеченного

конуса с кратером. Вулканическая деятельность здесь могла начаться и завершилась только прорывом со значительных глубин газов или газовой-паровой струи через цилиндрический канал. Этот канал образовался, вероятно, в тектонически ослабленной зоне, или зоне разлома. В природе такие случаи известны в так называемых трубках взрыва, когда насыпные постройки целиком сложены не вулканитами, а чуждыми им вмещающими породами (Закарпатье, Кавказ и др.).

Прогноз возобновления активности «живого» или «спящего» вулкана, каковым может быть Патомский кратер, невозможен без надежных данных о том, когда проявлялась его завершающая активность, какова была продолжительность жизни отдельных фаз его формирования и их последовательность. Невозможно также представить себе вероятность катастрофических последствий новых вулканических событий без знания вещественного состава магматических продуктов, которые могут активно воздействовать на окружающую природу. Поэтому важной задачей является детальное изучение всех геологических процессов, которые происходили в момент формирования кратера, какие минералогические и геохимические изменения произошли в различных типах горных пород внутри кратера под воздействием газовых эманаций и их источник и природу. Все эти вопросы будут проанализированы в процессе обработки каменного материала в лабораториях Института геохимии по результатам экспедиционных работ, проведенных в 2008 году на Патомском кратере.

## **ПО БЛОКУ II «ГЕОХИМИЯ БИОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ» ПОЛУЧЕНЫ СЛЕДУЮЩИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ:**

### **Баргузинский отряд.**

Проведены круглогодичные наблюдения (ежемесячное опробование) за составом воды истока реки Ангары с целью изучения современного состояния воды и по сезонной и межгодовой изменчивости содержаний макро- и микрокомпонентов. Характерной чертой поведения макрокомпонентов в воде истока р. Ангары за 11-летний период исследований является постоянство ионного состава, о чем свидетельствует незначительный диапазон колебаний содержаний главных ионов и их суммы. Влияние сезонов года на изменение ионного состава воды истока р. Ангары проявлено слабо. Причиной стабильности в пространстве (по глубинам акватории озера) и во времени (по сезонам года) ионного состава воды озера Байкал считается близость среднего ионного состава воды озера с составом воды питающих его вод притоков. Для вывода о характере изменения концентраций элементов и колебаниях химического состава необходимо более продолжительное время наблюдения. Большинство микроэлементов находится в воде в очень низких концентрациях или на пределе обнаружения. Колебания концентраций элементов незначительны, распределение их за 2006-2008 г.г. довольно равномерное и каких-либо резких различий за 3 года наблюдений не отмечается. Определены химический состав почв, донных отложений и атмосферных осадков (снежная съемка и сбор дождевых осадков) для выявления доли влияния последних на загрязнение почв и воды наиболее крупных городов Иркутской области. Для оценки валового поступления загрязняющих веществ в зимний период на подстилающую поверхность были рассчитаны уровни накопления металлов. По большинству металлов-экоотоксикантов отличается г. Усолье-Сибирское, где отмечаются максимальные уровни накопления полиметаллов, никеля, хрома, кадмия и ртути. В г. Зима максимальный уровень накопления имеет ртуть, что согласуется и с её содержаниями в снеговой воде. В г. Байкальске в связи с большим количеством снега и при невысоких содержаниях уровни накопления многих микроэлементов (Cu, Fe, Ni, Co, Cr, Cd) превышают их значения по другим городам. То же можно видеть по некоторым металлам в п. Листвянка. Это говорит о зависимости уровней накопления химических элементов от количества осадков в зимний период и имеет значение при расчетах плоскостного смыва при таянии снега и поступлении экоотоксикантов в сопряженные среды – почвы и природные воды. Полученные результаты свидетельствуют о высокой степени загрязнения почвенного покрова городов, что подтверждает ранее выполненные исследования (Ломоносов и др., 1993). Повышенное содержание Pb в почвах можно объяснить высокой интенсивностью автотранспорта и работой угольных котельных, а в г. Свирске – и деятельностью предприятий металлургии. Высокие концентрации As в Свирске являются следствием ранее действующего здесь завода по производству мышьяка. Повышенные максимальные значения Hg в почвах Зимы связаны с деятельностью ООО «Саянскхимпласт». Возможно, повышение

концентраций остальных элементов в почвах городов обусловлено поступлением их из воздуха в результате деятельности предприятий энергетики – угольных котельных и ТЭЦ, а в Байкальске – деятельностью БЦБК. Наиболее благоприятная обстановка складывается в Саянске и пос. Листвянка, не имеющих предприятий в своих окрестностях, с менее высокой интенсивностью автотранспорта и малой численностью населения. За фоновые значения принимались содержания элементов в компонентах окружающей среды Катангского района Иркутской области. Продолжено изучение закономерностей распределения биоактивных элементов (Se, F, U, Th и др.). В результате проведенных исследований установлено, что содержания селена и фтора в природных пресных водах Байкальской природной территории, за редким исключением, значительно ниже их гигиенических норм для питьевых вод и по содержанию этих биологически активных элементов территория Прибайкалья может быть отнесена к дефицитной биогеохимической провинции. Показано, что поступление радиоактивных элементов в окружающую среду обусловлено природными (месторождения и рудопроявления), техногенными источниками (химические предприятия) и трансрегиональным переносом (с бывших ядерных полигонов).

#### **Ангарский отряд.**

Проведены очередные комплексные работы по изучению воды, донных отложений, биоты Иркутского и Братского водохранилищ. Исследованы закономерности биоаккумуляции ртути в пищевых цепях окуня из двух водохранилищ Ангарского каскада ГЭС, с разной степенью техногенной нагрузки: Братское водохранилище – техногенно загрязненный ртутью водоем, Иркутское водохранилище – водоем слабо подверженный техногенной эмиссии ртути. Для определения степени накопления ртути гидробионтами и объективной оценки возможности контроля состояния водных экосистем рассчитаны коэффициенты биологического накопления ртути, выражающие отношение концентрации ртути в живых организмах различных трофических уровней к ее содержанию в воде и в донных осадках. Оценку концентрирования ртути гидробионтами по мере ее продвижения по пищевым цепям, от низших трофических уровней к высшим, проводили путем расчета коэффициентов биомагнификации. Использование коэффициентов биоаккумуляции и биомагнификации в оценке накопления и путей миграции ртути по трофическим цепям, дает нам возможность более объективно сделать заключение о поведении этого металла в водных экосистемах, определить характер и масштабность ртутного загрязнения, дать важные дополнительные сведения к вопросу о биогеохимических циклах тяжелых металлов. В текущем маловодном году повышенное содержание ртути в растениях Братского водохранилища по-прежнему отмечается на верхнем участке водоема от г. Усолье-Сибирского до п. Балаганск. Анализ воды показывает, что по сравнению с прошлым годом содержания ртути во всех точках опробования по длине водохранилища превышают значения предыдущего года в 2-4 раза. На участке г. Усолье-Сибирское – о. Конный выявлены несколько точек с содержаниями ртути в поверхностной воде близкими к ПДК<sub>рбх</sub>. Это подтверждает установленную зависимость между уровнем воды и содержанием в ней ртути. Проведено изучение микробиологического состава в экосистеме Братского водохранилища. Установлена широкая динамичность количественных спектров развития эколого-трофических групп бактерий. Антропогенная нагрузка в условиях Сибири негативно сказывается на стабилизационных процессах искусственных экосистем и жизнедеятельности автохтонного звена бактериопланктона. В силу этих причин усиливается роль донных отложений в аккумуляции потоков вещества и специфике биогеохимических процессов.

#### **Экогеохимический отряд.**

Получены предварительные данные по содержанию ртути в овощах (картофель, капуста, кабачок), молоке, питьевой воде и воде сточных каналов городов и поселков Иркутского и Слюдянского районов. В целом концентрации ртути в изученных объектах ниже ПДК. Повышенные содержания Hg выявлены в капусте садоводства «Строитель» (г. Ангарск) – 0,023 мг/кг, минимальные – в поселках Солзан и Утулик (Слюдянский район). В целом, концентрации Hg в капусте находятся в пределах 0,011-0,023 мг/кг. Содержание Hg в картофеле на порядок ниже, чем в капусте. Пределы колебаний Hg в пробах картофеля – 0,002-0,005 мг/кг, что значительно ниже ПДК для овощей (0,02 мг/кг на сырое вещество). В единичной пробе кабачка концентрация Hg повышена относительно других изученных овощей и ПДК и составляет 0,044 мг/кг. Содержания Hg в молоке невысокие, находятся в пределах 0,0005-0,1225 мкг/л при ПДК 0,005 мг/л. Минимальные содержания

Hg (на уровне предела обнаружения) выявлены в усольском молоке, максимальные – в одной из проб пос. Большое Голоустное. Концентрации Hg в питьевой воде пос. Большое Голоустное составляет 0,0005-0,0022 мкг/л (ПДК для питьевой воды – 0,0005 мг/л). Концентрации Hg в водосточных каналах гидролизного завода (г. Ангарск) также невысокие (<0,0005-0,0007 мкг/л).

#### **Радиоэкологический отряд.**

Продолжены мониторинговые исследования сельских населённых пунктов для изучения радоновой обстановки на территории административных районов Иркутской области: населённых пункта Иркутского и Усольского районов (пос. Култук и Листвянка, пос. Мишелевка, Бельск и Хайта). В 2008 г. в этих посёлках выполнены дополнительные измерения содержания изотопов радона в почвенном газе на открытой территории посёлков. В первой группе поселков предыдущими работами (1999 – 2003 годов) в указанных поселениях радиационная (в том числе и радоновая) съёмка была выполнена в представительной выборке домов. Такая же работа по пос. Мишелевка запланирована на ноябрь-декабрь (начало зимы) 2008 года. Прогноз и оценка радоновой обстановки выбранных территорий детализируется. Работы выполнялись совместно с Иркутским спецкомбинатом “Радон”. Отмечаются максимумы содержания цезия-137 в слоях осадков на глубине от 5 до 20 см, которые соответствуют максимумам (по времени) атмосферных радиоактивных выпадений от испытаний ядерного оружия на полигонах. На глубинах после 15 – 25 см радионуклиды цезия-137 практически отсутствуют. Эта граница соответствует началу выпадений техногенных радионуклидов. По результатам опробования донных отложений выполнен предварительный анализ послойного содержания радионуклидов цезия-137, оценены скорости осадконакопления в различных местах донного рельефа заливов с учетом начального времени радиоактивных выпадений и их дальнейшего перераспределения в донных осадках.

#### **Биогеохимический отряд.**

Продолжены исследования распределения СОЗов в системе атмосфера – почва – вода – биота – продукты питания – человек. За время проведения полевых работ в 2008 г. было отобрано около 200 проб для анализа СОЗ, в том числе почв в населенных пунктах, расположенных в Западном Прибайкалье, на берегах Ангарских водохранилищ, продукты питания растительного и животного происхождения, произведенных в Иркутском, Балаганском, Зиминском районах, а также грудное молоко жительниц Западного Прибайкалья. Содержание углерода, азота и фосфора в почвах как в населенных пунктах фонового района (Западное Прибайкалье), так и на антропогенно-модифицированной территории (населенные пункты на берегах Ангарских водохранилищ) распределено неравномерно. Концентрация углерода изменяется от 0,5 до 5,1 %, азота - от 0,05 до 0,22 %, фосфор - от 0,001 до 0,08 %. Пониженные величины весовых соотношений С:N (4-9) и С:P (39-94) характерны для почв промышленных районов. В более чистых районах они достигают соответственно до 40-50 и 500-1000.

Уровни СОЗ в большинстве проб почв ниже ПДК, установленных в России и в других странах. Исключение составляют почвы г. Усолье-Сибирское, где обнаружено превышение ПДК ПХБ и ПХДД/Ф. Суточная доза (СД) СОЗ, поступающая с частицами почвы, различается по районам изученной территории. Наибольшая СД ПХДД/Ф, ПХБ, ДДТ и ГХБ из почвы получена для жителей г. Усолья-Сибирского. Наибольшее поступление ГХЦГ отмечено для жителей сельскохозяйственных районов. СД ТЕQ ПХДД/Ф поступающих из почвы в организм человека составляет 0,36 %, ТЕQ по и то-ПХБ – 0,19 %, суммы недioxиноподобных ПХБ – 0,06 %, ДДТ – 0,47 %, ГХЦГ – 0,002 % и ГХБ – 0,02 % от суммарного поступления СОЗ с продуктами питания и с частицами почвы у взрослых. Самые высокие значения индекса опасности (ИО) и дополнительного канцерогенного риска при поступлении с частицами почвы СОЗ получены для жителей г. Усолья-Сибирского (Мамонтова и др., 2008а). Больше количество СОЗ поступает в организм жителей изученных районов Иркутской области с продуктами питания, особенно с рыбой (до 60 %).

Наименьшие показатели ИО (возникновения неканцерогенных заболеваний) при потреблении рыбы были обнаружены в верховьях реки Лены или в притоках Северного Байкала (Мамонтова и др., 2008б). Наибольшие – если рыба выловлена ниже сброса сточных вод предприятий Усолья-Сибирского и Усть-Илимска, а также в некоторых районах Байкала. Индекс, превышающий 1, получен для населения, потребляющего рыбу, выловленную из реки Ангары ниже г. Усолья-Сибирского до пос. Балаганска и ниже Усть-Илимской ГЭС (Мамонтова и др., 2008б). Критическими

органами и системами при воздействии СО<sub>2</sub> являются ЦНС, иммунная и эндокринная системы, печень. ИО больше 1 предполагает возможность нарушений функционирования этих органов и систем.

#### **Методический отряд.**

Со 2 июля по 25 июля 2008 г. проведена учебная практика для студентов 2-го курса ИрГТУ на учебном Мухор-Кучелгинском полигоне (пос. Черноруд, Ольхонского района). В ходе учебной геохимической практики студентам показаны приемы проведения полевых исследований при выполнении различных видов геохимических съемок. Даны краткие сведения о геологических, металлогенических, ландшафтно-геохимических особенностях учебного полигона. Приведены основные термины и их понятия, используемые при геохимическом картографировании. Студенты были ознакомлены со спецификой обработки проб геохимических съемок.

#### **Телменский отряд.**

На основе предварительных данных можно считать надежно подтвержденной первую для бассейна озера Байкал реконструкцию количественных показателей климата последних 13000 лет, результаты которой были ранее опубликованы в (Tarasov, Bezrukova, Karabanov et al., 2007, PALAEO 3). Наш пыльцевой анализ определил состав и динамику локальной растительности. Достигнутое ранее временное разрешение пыльцевых записей составляет 50 лет (Безрукова и др., 2006, ДАН). Новые данные позволят добиться разрешения в 30 лет. Именно тридцатилетний временной интервал рекомендуется Всемирной метеорологической организацией как интервал, характеризующий уже не погодное, а климатическое состояние экосистемы.

#### **Микробиологический отряд.**

В отобранных пробах воды и донных осадков озера Байкал проведен микробиологический анализ, а также выделены бактериальные штаммы культур микроорганизмов для последующего биохимического анализа и определения их устойчивости к широкому спектру антибиотиков. По полученным результатам 2008 года, используя классификацию В.Н. Жукинского (1981), качество воды в пелагиали оз. Байкал можно отнести к разряду предельно-чистой.

Установлено, что в литоральной зоне озера, испытывающей антропогенное влияние, в некоторых точках в 2008 году количество хемоорганотрофных бактерий возросло более чем в 5 раз, например по сравнению с 2002 годом. Летом численность бактерий увеличивается, а в зимний и осенний периоды снижается. Можно отметить факт увеличения численности хеморганотрофных бактерий на 2-3 порядка после землетрясения 27 августа.

Полученные результаты дают основание полагать, что прибрежная часть Байкала, находящаяся под антропогенным влиянием, может оказаться подходящей экологической нишей для появления штаммов-продуцентов эндонуклеаз рестрикции. Качественное изменение бактериопланктона в районах антропогенного влияния, обнаруженное по наличию или отсутствию уникальных рестриктаз, говорит о наличии бактериальных мутаций, хотя в литературе факт появления ферментов эндонуклеаз-рестрикции в бактериальных штаммах до сих пор трактуется не однозначно и остается не выясненным.

#### **Экспедиция “Бурение скважин по осадкам озер Байкальского региона” в рамках программы «Глобальные изменения окружающей среды и климата».**

Проведены буровые работы на озере Хубсугул. В двух точках бурения (скважинах) удалось получить 2-х и 10-метровую колонки осадков (водная толща 238-240 м). Выход пригодного для дальнейших исследований керна составил 60 %. Керна описаны и опробованы. Также обработаны и керны из малых озер Прибайкалья (Арангатуй и Духовое). Вскрытые разрезы представлены тонкозернистыми алевроито-пелитовыми илами, сложенными терригенным и биогенным материалом. Доля диатомового материала в кернах из Хубсугула минимальна, также наблюдается увеличение количества терригенного материала (алеврит, песок, гравий) вниз по разрезу (колонка 10 м).



Вскрытые разрезы в значительной степени обводнены, при этом отмечены большие потери материала, связанные с технологическими трудностями, которые, надеемся, будут устранены в 2009 году. В данный момент японскими коллегами проводится термолюминесцентное определение возраста изучаемых разрезов, результаты которого могут представлять широкий научный интерес.

Проведены первые аналитические работы с использованием метода РФА СИ, ведется обработка полученных результатов.

Различными методами ведется определение петрохимического и редкоэлементного состава всех (в том числе и ранее полученных) проб из осадков озер Сибири и Северной Монголии, что может позволить выявить ряд геохимических индикаторов изменения окружающей среды и климата. Продолжается (совместно с ИГМ СО РАН) изучение состава глинистых минералов из осадков Байкала и Хубсугула. Комплекс проводимых палинологических исследований сможет охарактеризовать вариации климата и состояния окружающей среды в изучаемом регионе в позднем кайнозое. Продолжены исследования распределения стойких органических загрязнителей (СОЗ) в системе атмосфера – почва – вода – биота, для чего установлены воздушные пробоотборники, регулярно берутся пробы воды, почв и биоты.

**Руководитель проекта  
Кузьмин М.И.**