

## 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.

### ЦЕЛИ ЭКСПЕДИЦИИ в 2009 году:

1) Продолжение исследований девонских базальт-трахириолит-комендитовых ассоциаций области сопряжения Тувинского прогиба и Джидинской рифтовой зоны. В пределах восточной части Тувинского прогиба в районах Чадан и Хову-Аксы, а также в хр. Кропоткин запланировано продолжить изучение соотношений между девонскими существенно базитовыми и бимодальными вулканическими толщами и интрузивными щелочногранит-сиенитовыми комплексами и разработать геологические критерии их связи в единые вулcano-плутонические ассоциации. В Джидинской рифтовой зоне в полосе между долинами р. Хасурта и р. Нуд предполагается продолжить изучение соотношений субщелочных высокотитанистых базальтов с толеитовыми низкотитанистыми базальтами и с более древними офиолитовыми комплексами Джидинского прогиба. Предполагается сосредоточить основные усилия на следующих направлениях: а) определение геологического строения, структурного и пространственного распределения полей девонских магматических пород, б) определение типов магматических ассоциаций, в) выявление изменчивости состава ассоциаций по простиранию в пределах всей магматической области, г) определение возраста и последовательности формирования субщелочных и щелочных пород, д) получение современных геохимических (в частности по элементам HFSE и LILE) и изотопных (Sr-Nd) данных, характеризующих состав и источники вулканитов. Результаты этих исследований лягут в основу сравнительного анализа источников бимодального магматизма Минусинского прогиба, северо-западной Монголии, Тувинского и Джидинского прогибов и построения моделей происхождения и эволюции девонского рифтогенного магматизма в юго-западном обрамлении Сибирской платформы.

2) Задачи экспедиционных исследований 2009 года включают изучение олигоцен-миоцен-плиоценовых вулканических комплексов пород внутриплитного геохимического типа и плиоцен-четвертичных вулканических сооружений с проявлениями базальтоидов переходных по составам между IAB и WPB геохимическими типами на Западной Камчатке. В этой крупной задуговой геодинамической обстановке, структура которой во многом отвечает характеристикам окраинно-континентальных субплатформенных областей, предполагается исследовать два крупных магматических ареала.

Первый из них, локализованный в среднем течении реки 1-я Белоголовая, представляет из себя район проявления рассеянного по территории трахибазальтового вулканизма. Формы его проявлений, по данным геолого-съёмочных работ, разнообразны. Это дайки, штоки, экструзивные массивы. Среди пород, помимо трахибазальтов, отмечаются эссекситы, шонкиниты, диабазы, андезиты. Составы пород надёжно не определялись. Район исследований примыкает с востока к массиву горы Эмгучань, представляющему из себя группу гигантских плиоценовых экструзий и лавовых толщ андезитов, на котором в 2007 году были обнаружены лейцит-содержащие гавайиты. В указанном районе предполагается поиск других проявлений гавайитового вулканизма и изучение и опробование целого ряда субвулканических трахибазальтовых проявлений. Помимо этого, планируется начать исследования базальтоидных проявлений в пределах небольших по площади выступов метаморфизованного мелового фундамента. Это позволит получить данные по наиболее древнему этапу развития вулканизма на Западной Камчатке, что необходимо для воссоздания общей картины эволюции магматизма, начиная с наиболее ранних этапов его проявления в регионе.

Другим районом исследований станет вулканический массив, состоящий из двух крупных сооружений – плиоцен-четвертичных вулканов Большой и Кекукнайский. Этот массив, расположенный на территории Западной Камчатки, но обычно рассматриваемый в составе Срединного хребта Камчатки в качестве его ответвления, изучался в ходе экспедиционных

исследований в 2005 году. Исследования 2005 года касались только центральной части массива, а именно вулкана Кекукнайского и зоны ареального вулканизма Дола Геологов, развивающейся в пределах этого вулканического сооружения. Было установлено, что вулкан Кекунайский сложен породами IAB геохимического типа, а проявления вулканических комплексов пород внутриплитного и переходного типов относятся только к его позднеплейстоценовому этапу развития. Исследованиями 2009 года предполагается провести опробование и изучение вулкана Большой и участка ареальной зоны базальтового вулканизма Дола Геологов, продолжающейся на его территории. Планируется изучить строение вулкана, установить главные черты его развития, составить геологическую схему сооружения. Кроме этого, будет проведено изучение ареальных базальтоидных построек Дола Геологов, как позднеплейстоценового этапа развития внутриплитного и переходного вулканизма, осуществить поиск мантийных и коровых включений в лавах и отпрепарированных подводящих каналах этих построек. В связи с этим планируется доизучение ареального вулканизма Дола Геологов и на северо-восточных отрогах массива Большой-Кекукнайский, в бассейне реки Тихая. В результате исследований впервые будут получены геолого-геохимические материалы по всей обширной зоне ареального вулканизма Дола Геологов.

3) Для выяснения изотопной структуры континентальной коры западного сегмента Монголо-Охотского пояса на основе Sm-Nd изотопных данных в ходе полевых работ Изотопного отряда в 2009г предполагается провести изотопно-геохимическое опробование пород Олекминского раннепалеозойского интрузивного комплекса (Восточное Забайкалье), а также вулканогенных пород иргаинской свиты рифейско-раннепалеозойского возраста. Перечисленные магматические образования могут быть индикаторами субдукционных процессов вдоль северного (в современных координатах) обрамления Монголо-Охотского палеоокеана. Получение подробной изотопно-геохронологической (Rb-Sr и Sm-Nd изотопные системы) и геохимической информации позволит более надежно обосновать существование субдукционной обстановки вдоль южной окраины Сибирского палеоконтинента в раннем палеозое.

Планируемые исследования требуют проведения экспедиционных работ на выбранных эталонных участках развития гранитоидов Олекминского комплекса и вулканитов иргаинской свиты.

4) Массивы хамар-дабанского комплекса слабо изучены как в геологическом, так и геохимическом отношении. Они имеют как секущие интрузивные контакты, так и постепенные через зону мигматитов переходы к глубоко метаморфизированным вмещающим породам. Модельным примером является Солзанский массив, восточная часть которого среди гнейсов и мигматитов характеризуется автохтонным залеганием, а западная его часть имеет все признаки интрузивного происхождения. По гранитоидам этого комплекса определен изохронный Rb-Sr возраст в  $519 \pm 26$  млн. лет [Макрыгина и др., 1987]. Необходимо получить по ним представительный материал для петролого-геохимических исследований. Вполне вероятно, что происхождение раннепалеозойских гранитоидов обусловлено процессами каледонской коллизии в данном регионе. Одной из задач является также выяснение их взаимоотношений с позднепалеозойскими гранитоидами Хамар-Дабана.

5) Якутская кимберлитовая провинция сформирована разновозрастными образованиями, характеризующимися разным уровнем алмазоносности. Оценка перспектив продуктивности кимберлитовых полей проводится на основе изучения состава барофильной ассоциации минералов, которая составляет основу тяжелой фракции шлиховых проб кимберлитов. В связи с этим одной из важнейших задач является минералогическая паспортизация кимберлитовых трубок по минералам-спутникам, которая преследует две цели. Первая цель – изучение разреза литосферной мантии под кимберлитовыми полями, а вторая заключается в усовершенствовании минералогического метода поисков алмазных месторождений путем создания базы данных по составу минералов-спутников для всей территории проявления кимберлитового вулканизма. В 2009 году объектом изучения будет ряд северных полей, в том числе, Молодинское, Толуопское, Хорбусоонское. Будет продолжено также изучение вещественного состава разрабатываемых месторождений алмазов.

6) Для решения проблемы «Геохимии и рудоносности К-щелочных и карбонатитовых комплексов различных структур Земли» необходимо решить следующие полевые задачи: 1. Провести

геохимическое опробование новых карбонатитовых объектов Восточного Прианбарья. 2.Собрать дополнительный материал по битумам в кимберлитовых трубках Айхал и Обнаженная, для выяснения влияния плюмовых процессов на выплавление щелочных магм из мантии. 3.Провести исследования соотношений силикатной и карбонатной частей в щелочных комплексах складчатых зон Северного Урала и Северного Прибайкалья. 4. Провести сопоставление составов щелочных вулканитов Днепровско-Донецкой впадины Украины и Припятского вала Белоруссии. 5. Провести дополнительное геохимическое опробование карбонатитов Бираи - Севера Иркутской области и провести определение рудоносных фаз TR в них.

7) На территории Забайкалья распространены фрагменты структур Палеоазиатского (рифей-нижний палеозой) и Монголо-Охотского (палеозой-ранний мезозой) океанов, изучение которых имеет общенаучное значение. В лаборатории геодинамики выполнен ряд проектов по геодинамической эволюции структур Палеоазиатского океана и сформированного на его месте Центрально-Азиатского складчатого пояса. В 2009 полевые работы будут сосредоточены в южных районах Забайкалья и направлены на получение новых данных по геологическому строению западной и центральной частей Монголо-Охотского складчатого пояса, а именно, на исследование рифей-палеозойского магматизма и седиментогенеза в пределах Хэнтэй-Даурской системы окраинных морей и островных дуг Монголо-Охотского океанического бассейна. В рамках поставленной проблемы предусматривается решение целого ряда задач, направленных на изучение вещественного состава, возраста, геологического строения и условий формирования океанических, окраинноморских, островодужных, коллизионных и постколлизионных (внутриплитных) структурно-вещественных комплексов с использованием петролого-геохимических, литолого- и биостратиграфических индикаторов, а также изотопно-геохронологических данных. В бассейнах верховий рек Чикой, Хилок, Онон будет продолжено изучение венд-палеозойские, Куналейский и Хэнтэй-Даурский окраинноморские бассейны седиментации и вулканизма. Особое внимание будет уделено вещественному составу и возрасту интрузивных и вулканогенных пород, синхронных осадконакоплению, определению их тектонической природы.

8) Изучение вендских адакитов Восточного Саяна. Объектом изучения будет Сархойский массив. 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.

9) Вещественное, геохронологическое и изотопное исследование кислых метамагматических и метаосадочных пород и продуктов их преобразований в гранулитовых и зеленокаменных комплексах Присяянского выступа юго-западной части фундамента Сибирской платформы.

10) Продолжить изучение редкометалльных гранитоидов, формирующихся в условиях различных сред, на примере полей редкометалльных пегматитов Тувы и Забайкалья. Предполагается исследовать геологические причины разнообразной редкометалльной специализации жил, проявляющейся как в пределах пегматитовых полей, так и между отдельными полями одного региона. Планируется продолжить сбор материала для изучения особенностей флюидного режима формирования литиевых гранитоидов и его влияния на накопление лития и других редких элементов в этих породах.

11) Изучение геохимии гранитоидов Зимовнинского и Урикского массивов в Урикско-Ийском грабене и редкометалльных пегматитов Гольцового и Урикского полей.

12) Геолого-геохимическое изучение литиеносных гранитно-пегматитовых систем в Монголо-Охотской шовной зоне (Восточное Забайкалье)

13) Будет продолжено полевое изучение выходов кварцевых порфиров, онгонитов, эльванов, пегматитов в Борзинском районе Читинской области.

14) Изучение и опробование коренных выходов гранит-пегматитов и пегматитов в береговых обнажениях о.Ольхон и Приольхонья на оз.Байкал.

15) Детализировать геологическое положение, состав и зональность наиболее продуктивных массивов в пределах Кингашского рудного узла и северо-западной части Бирюсинской глыбы.

16) Продолжение изучения золото-серебряных (Au-Ag), серебро-полиметаллических (Ag-Pb) и олово-серебряных (Sn-Ag) месторождений и рудопроявлений, неизмененных пород и околорудных метасоматитов в рамках региональных (рудно-магматические системы) и локальных (месторождения) золото-серебряных рудообразующих систем центральной части ОЧВП (Омсукчанский и Хасынский рудные районы, Северо-Восток России), детализация ранее проведенных исследований, отбор образцов и геохимических проб.

17) Продолжить геологическое и минералого-геохимическое изучение литологических разновидностей осадочных и магматических (от основных–у/основных до кислых разновидностей) пород и связанных с ними рудной минерализации (Cu-Ni, Pt, Au-содержащей Cu-Mo порфировой и Au-Ag) на территории Монголии в пределах Монголо-Охотского складчатого пояса и Монгольского Алтая.

18) Геологическое изучение и геохимическое опробование разрезов углеродистых отложений кодарской серии (икабийская, аянская, инырская свиты) в пределах Кодаро-Удоканской структурно-формационной зоны (север Читинской области), а также пород и руд Удоканского месторождения меди (сакуканская свита), с целью оценки их металлогенического потенциала и построения модели рудообразования.

19) Изучить особенности геохимии золота и его концентрирования в пределах крупных рудных узлов Восточного Забайкалья (Пильненское рудное поле и др.), для целей построения минералого-геохимической и физико-химической моделей процессов рудообразования промышленных масштабов.

20) Геохимическое опробование пересечений Баргузинского разлома, определение состава грунтового газа на этих пересечениях, определение состава грунтового газа на пробных пересечениях Тункинского и Приморского разломов (Иркутская область, Бурятия)

21) Завершить геолого-геохимическое изучение проявлений кварцитов Окинской кварцитоносной провинции, в частности участки месторождения г.Бурал-Сарьдаг, а также участки Монгошинский и Урда-Гарганский, с целью более детального изучения морфологии продуктивных тел кварцитов данных участков, тектоники, магматизма и метаморфизма пород развитых в междуречье Оки и Урика в Восточном Саяне.

Большое внимание предполагается уделить также геохимии биосферных процессов на примере, главным образом, Байкальского региона. Целью большинства проектов этого направления является решение фундаментальных задач геохимии биосферных процессов и изучение геохимических, микропалеонтологических и литологических осадочных записей на уникальном природном материале Прибайкалья.

22) - Продолжить долговременные наблюдения за геохимическими изменениями компонентов окружающей среды Байкальского региона (снег, вода, донные осадки, атмосферные осадки, биота 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. Экогеохимический отряд.

- Исследовать зависимость пространственного распределения СОЗов от элементного состава органического вещества в почвах Иркутской области, изучить распределение некоторых СОЗ в рыбах Братского водохранилища и оз. Байкал и оценить риск здоровью населения от их воздействия. Биогеохимический отряд.

- Продолжить радиоэкологический мониторинг Байкальского региона, изучить закономерности распределения естественных радионуклидов, а также проявления радона и торона в ландшафтно-геохимических комплексах Байкальского региона. Радиоэкологический отряд.

- Продолжить геохимический мониторинг биотических и абиотических компонентов окружающей среды водохранилищ Ангарского каскада. Ангарский отряд.

23) В рамках программы “Глобальные изменения окружающей среды и климата”, с помощью специальной (облегченной) буровой установки и современного керноотборочного оборудования, планируется бурение 200-метровой скважины по осадкам озер Хубсугул (исполнитель буровых работ канадская компания “Landdrill International” и Байкал, а также отбор небольших (до 10 м) кернов из осадков малых озер Прибайкалья. Будут продолжены исследования по распределению стойких органических загрязнителей (СОЗ).

## **ПОСТАВЛЕННЫЕ ДЛЯ ЭКСПЕДИЦИИ ЗАДАЧИ НА 2009 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), 07-05-00365 (А.А. Воронцов), 07-05-00959 (А.Б. Перепелов), 07-05-00697 (Е.А. Мамонтова), 07-05-01053 (Е.В. Иванов), 08-05-00403 (В.С. Антипин), 08-05-00471 (И.С. Перетяжко), 08-05-00644 (В.К. Немеров), 08-05-00322 (В.И. Левицкий), 08-05-00272 (Р.Г. Кравцова), 09-05-01181 (Л.Г. Кузнецова), 09-05-00445 (А.М. Спиридонов), 09-05-00123 (Е.В. Безрукова), 09-05-01098 (С.В. Ефремов), 09-05-00563 (В.И. Левицкий), 09-05-00710 (Г.А. Белоголова), 09-05-00077 (О.В. Зарубина), 09-05-00778 (В.И. Гребенщикова), 09-05-00884 (О.А. Складорова), 09-05-00373 (В.Е. Загорский), 09-05-01148 (В.М. Макагон), 09-05-00116 (Н.В. Владыкин), 09-05-00181 (А.А. Конева). Для проведения экспедиционных работ было организовано 29 полевых отрядов и экспедиция “Хубсугул-бурение” в рамках программы «Глобальные изменения окружающей среды и климата».

## **В ХОДЕ ПОЛЕВЫХ РАБОТ ПОЛУЧЕНЫ СЛЕДУЮЩИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ:**

### **Рифтовый отряд.**

Продолжены геологические, изотопно-геохимические и геохронологические исследования девонских базальт-трахириолит-комендитовых ассоциаций области сопряжения Тувинского прогиба и Джидинской рифтовой зоны. Выполнены исследования изотопного состава Sr и Nd для высокотитанистых и умереннотитанистых базитов хребта Кропоткина. Установлено, что обе группы базитов были образованы из общего источника, обладающего изотопными Sr-Nd характеристиками “мантийного ряда” и обогащенного редкими литофильными элементами.

В восточной части Тувинского прогиба в пределах хребта Кропоткина образование девонских вулканических ассоциаций было тесно сопряжено с рифтогенными процессами в юго-западном складчатом обрамлении Сибирской платформы. В составе ассоциаций участвуют пикритоподобные базальты, трахибазальты, базальтовые трахиандезиты, трахиандезиты, трахиты, трахириодациты,

трахириолиты и комендиты, а также субвулканические долериты. Породы основного и средне-основного составов разделяются на две группы по содержанию  $TiO_2$ : первая группа - высокотитанистая ( $TiO_2 \sim 2,2-4,2$  мас. %), вторая - умереннотитанистая ( $TiO_2 \sim 1,3-2,0$  мас. %). Умереннотитанистые базиты по сравнению с высокотитанистыми обеднены K, Rb, REE, Nb, Ta, Th, U и несут в себе признаки магматических серий активных континентальных окраин. Высокотитанистые породы близки по составу к базальтам внутриплитового типа. Однако по изотопному составу Sr и Nd обе группы базитов близки между собой и отвечают составу мантийных источников, формирующих обогащенные внутриплитовые базальты типа OIB. Подобное совмещение “внутриплитовых” и “окраинно-континентальных” геохимических признаков в базитах, сосредоточенных в одинаковых структурно-геологических условиях, вероятно, указывает на формирование породных ассоциаций в рифтовой зоне тыловой части активной континентальной палеоокраины при эволюции общего плюмового источника. Его взаимодействие с надсубдукционной литосферной мантией определяет соответствующие геохимические характеристики пород.

Проведена оценка химического и изотопного состава магматических расплавов с учетом данных по девонскому магматизму других девонских грабенов Алтае-Саянской рифтовой области (АСРО). Установлена изотопно-геохимическая зональность девонского магматизма АСРО в направлении с запад - северо-запада на восток - юго-восток, т. е. по мере удаления от конвергентной границы палеоконтинента вглубь его.

Допуская, что высокотитанистые и умереннотитанистые группы базитов обязаны своим происхождением разным по содержаниям некогерентных элементов источникам расплавов, следует ожидать, что они будут отличаться также и по своим изотопным характеристикам. С целью определения состава источников для базитов разных зон АСРО были выполнены исследования изотопного состава Sr и Nd, результаты этих исследований представлены на графике  $(^{87}Sr/^{86}Sr)_0 - \epsilon Nd$ . Точки составов базитов группируются в линейно вытянутые поля, веерообразно расходящихся от области мантийных источников DM и PREMA и распределенных между трендом, параллельным к оси  $(^{87}Sr/^{86}Sr)_0$ , и трендом, совпадающим с полем мантийной корреляции. Эти тренды предполагают участие в формировании расплавов источников типа DM и PREMA и дополнительных источников, обогащенных  $^{87}Sr$ . В наиболее приближенных к краю палеоконтинента грабенах западной части Тувинского прогиба базиты характеризуются существенными вариациями  $(^{87}Sr/^{86}Sr)_0$ , от 0,7032 до 0,7055 при относительно стабильных значениях  $\epsilon Nd$ . Это предполагает участие в плавлении наряду с мантией DM-PREMA дополнительного компонента с высоким содержанием Sr, повышенной величиной  $^{87}Sr/^{86}Sr$  и низкими содержаниями PЗЭ. Таким параметрам удовлетворяет карбонатный материал ( $^{87}Sr/^{86}Sr$  в морских карбонатах для возраста 400 млн. лет составляет около 0,708), который, по-видимому, вовлекался в зону субдукции. По мере удаления от края палеоконтинента к Кропоткинскому и Хан-Хухейским палеограбенам доля этого компонента сокращалась, но возрастала роль источников с характеристиками мантии EMII.

Полученные данные отражают изотопную неоднородность источников магм, участвовавших в формировании АСРО, которая увязывается с геодинамическими факторами, определившими взаимодействие обедненного плюмового, умеренно-обогащенного плюмового (или литосферного) и субдукционного компонентов в источнике расплавов. Первый компонент, по-видимому, был близок к мантии типа DM-PREMA и оказал влияние на состав всех базитов вне зависимости от их удаленности от края континента. В составе субдукционной составляющей важную роль сыграло карбонатное вещество, вовлеченное в область магмогенерации при субдукции. В результате его подмешивания в очаг плавления мантийного плюма под фронтальной частью активной окраины формируются флюидонасыщенные базитовые расплавы с конвергентными геохимическими характеристиками IAB-OIB (умеренно-титанистые базиты с минимумами Nb и Ta и пологим спектром TR). Умеренно-обогащенный плюмовый (или литосферный) компонент участвовал в формировании базитов тыловой внутриконтинентальной части активной окраины с параметрами OIB (высокотитанистые базиты с наиболее высокими содержаниями некогерентных литофильных элементов, в том числе LILE и HSFE). Такие ассоциации зафиксированы в хребте Кропоткина Восточного Саяна. В этой модели умереннотитанистые базиты Минусинских котловин занимают особое место, проявляя промежуточные между внутриплитовыми и окраинно-континентальными изотопно-геохимические характеристики.

#### **Геохимический отряд.**

В июне-июле 2009 года Геохимическим отрядом проведены экспедиционные исследования северо-восточного сектора зоны ареального плейстоценового вулканизма Дол Геологов в бассейне реки Тихая в западных отрогах Срединного хребта Камчатки. Исследования проводились с

использованием вертолетного и автотранспорта совместно с сотрудниками Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН. В ходе исследований было изучено и опробовано более 20 моногенных вулканических конусов позднеплейстоценового возраста, которые локализованы на фундаменте обширного раннеплейстоценового лавового плато по левому и правому бортам реки Тихая в ее верхнем течении. Впервые исследовано собственно базальтовое лавовое плато. В бассейне реки Кекук (левый приток реки Тихая) изучены и опробованы плиоценовые субвулканические тела ОI базальтов (базанитов?, гавайитов?), которые относятся к позднепалеоген-неогеновому ареалу К-На щелочно-базальтового магматизма Западной Камчатки. В продолжение исследований 2005-2007 годов проведено доизучение НЕВ-адакитового комплекса Центральной Камчатской Депрессии. Впервые изучены и опробованы палеогеновый экструзивный комплекс Amph-андезитов и дацитов и плиоценовые базальтоидные вулканические постройки в тыловой области островодужной системы, а именно в юго-западной части Западной Камчатки (бассейн реки Кихчик). Задачи исследований существенно расширены и выполнены в полном объеме.

Установлено, что моногенные шлаково-лавовые конуса северо-восточного сектора Дола Геологов представлены ОI, ОI-Pl, ОI-Px-Pl и афировыми базальтами, их шлаками и агглютинатами. Ряд конусов имеют выраженные кратерные воронки, часто в значительной степени эродированы и залесены. Качественный пробоотбор затруднялся высокой степенью окисленности пород, их шлаковым обликом и слабым распространением лавовых фаций в сравнении с широким развитием шлаково-пирокластических отложений. Тем не менее, в ходе опробования получена коллекция базальтоидов северо-восточной части ареальной зоны Дола Геологов в составе более чем 100 проб и образцов различных минералогических типов пород. Среди пород ксеногенные включения кристаллического облика встречаются в единичных случаях. Это мелко- и средне-зернистые габбро и габбро-пироксениты размером 2-3 см в поперечнике. Более широко пользуется развитием мегакристовая ассоциация с участием Crx, ОI и Pl с размером кристаллов до 2-4 см. Геоморфологические особенности вулканических конусов и степень их эродированности позволяют относить время их формирования к позднему плейстоцену, а не к голоценовому времени, как было показано на геологических картах 1: 200 000 масштаба.

Раннеплейстоценовое базальтовое лавовое плато исследовано в каньоне реки Тихой в ее верхнем течении, а также в уречах долин притоков этой реки. Плато связано в своем формировании с предшествующим циклом вулканизма, предвещающим образование ареальной зоны, и сложено мощными, до 20 м, лавовыми покровами ОI, ОI-Px и ОI-Px-Pl базальтов и андезито-базальтов. Насчитывается более 6 лавовых покровов, центры извержений которых не идентифицированы и имеют, вероятно, трещинный характер. Пирокластические отложения в разрезах плато отсутствуют. Характерный облик базальтоидов плато и особенности их минерального состава (с широким развитием мегакристовой ассоциации Pl+OI+Crx) могут свидетельствовать об их высокотитанистом составе и принадлежности к переходному IAB-WPB геохимическому типу. В результате исследований плато собрана коллекция из более, чем 50 проб и образцов базальтоидов.

В бассейне реки Кекук плиоценовые субвулканические тела базальтоидов залегают в терригенно-осадочной толще *вывентекской и кулувенской объединенной свиты* N<sub>1</sub> (миоцен). Минеральный состав базальтоидов с обильной вкрапленностью ОI и условия локализации тел указывают на вероятную принадлежность пород к гавайит-базанитовой ассоциации пород внутриплитного геохимического типа, ранее исследованных в сопредельных структурах Западной Камчатки (бассейн рек Хухч, Анава; горы Хухч, Эмгучань). Проведенные исследования позволили собрать представительную коллекцию проб и образцов плиоценовых базальтоидов по двум субвулканическим телам (около 20 проб) и выяснить условия их внедрения. Эти данные позволят расширить представления об внутриплитном магматизме Западной Камчатки.

В южной части Центральной Камчатской Депрессии в районе слияния рек Озерная и Правая Камчатка в ходе доизучения НЕВ-адакитовой ассоциации пород в строении щитовой вулканической постройки установлены и опробованы новые и ключевые для понимания генезиса адакитов их Amph-содержащие разновидности. Проведено опробование лавовых разрезов щитового вулкана мощностью до 150 м. В целом, по исследуемой ассоциации дополнительно собраны 45 проб и образцов, которые представляют все типы пород ассоциации. Изучена морфология и условия залегания Mg-андезитов, адакитов и базальтоидов НЕВ-типа.

В юго-западной части Западно-Камчатской структурно-формационной зоны в бассейне реки Кихчик изучены и опробованы позднепалеогеновые субвулканические тела Amph-андезитов и дацитов. Установлена мегакристовая ассоциация минералов в этих породах, представленная Amph,

Vt, P1. Предварительные выводы, которые могут быть сделаны по результатам полевых исследований, заключаются в отнесении этого комплекса пород к типичным магматическим образованиям окраинно-континентального этапа развития Западной Камчатки. Изучены более поздние плиоцен-раннечетвертичные базальтоидные комплексы территории. Эти комплексы изучены в рамках расширения ареала внутриплитного и переходного IAB-WPB магматизма тыловой зоны островодужной системы Камчатки решения вопросов его геодинамической позиции. Собрана коллекция дацитов, андезитов и базальтоидов в составе 25 проб и образцов.

### **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 в позднем палеозое. Существование субдукционных процессов вдоль северной (в современных координатах) окраины МОП в раннепалеозойское время в настоящее время является предметом дискуссии. Для решения этого вопроса в процессе выполнения полевых работ изотопным отрядом Геохимической экспедиции ИГХ СО РАН было проведено представительное изотопно-геохимическое и геохронологическое опробование раннепалеозойских гранитоидов Западно-Станового террейна МОП (крестовский и олекминский комплексы) в пределах Алеурского хребта Восточного Забайкалья, а также вулканогенно-осадочных пород иргаинской свиты условно рифейского возраста, сохранившихся среди этих гранитоидов в провесах кровли. В результате полевых работ были отобраны 75 штучных проб и 12 больших проб для выделения монофракций циркона из гранитоидов для U-Pb датирования. Предварительные аналитические данные позволяют охарактеризовать опробованные гранитоиды крестовского и олекминского комплексов, проявленных в пределах Алеурского хребта как известково-щелочные гранитоиды калий-натровой или высокоалиевой спецификации, при этом породы характеризуются заметно дифференцированным спектром распределения REE, где  $La/Yb(N) = 11,5-14,1$  при заметно проявленной отрицательной Eu аномалии –  $Eu/Eu^* = 0,5-0,8$ . В метатерригенных породах иргаинской свиты, протолитом которых являются глинистые и глинисто-кремнистые отложения, выявлены как дифференцированные ( $La/Yb(N) = 8,2-12,2$ ), так и умеренно дифференцированные спектры распределения REE ( $La/Yb(N) = 5,0-8,2$ ). Положение составов метатерригенных пород иргаинской свиты на дискриминационных диаграммах М.Р.Бхатия для терригенных осадочных пород различных геодинамических обстановок, свидетельствует о том, что осадки иргаинской свиты накапливались в обстановке активной континентальной окраины. Таким образом, получены первые свидетельства в пользу активного режима окраины Сибирского палеоконтинента, примыкающей к окраине Монголо-Охотского палеоокеана в раннем палеозое.

### **Хамар-Дабанский отряд.**

Проведено более представительное опробование гранитоидных и вмещающих метаморфических пород Солзанского массива и за его пределами с последующим минералогическим и изотопно-геохимическим изучением отобранных образцов и проб, что даст возможность разработать геолого-петрологическую модель формирования раннепалеозойского магматизма в пределах хребта Хамар-дабан.

Изучены геологические взаимоотношения гранитов восточной части Солзанского гранитоидного массива с вмещающими гнейсами и мигматитами. Восточная часть Солзанского массива в отличие от его западной, явно интрузивной части, имеет сложные соотношения с вмещающими породами. Вмещающие породы представлены в районе р.Солзан – амфибол-диопсидовыми сланцами шубутуйской свиты, в междуречье Солзан - Хара-Мурин - гранат-биотитовыми и гранат-биотит-амфиболовыми гнейсами (предположительно граница корниловской и шубутуйской свит хамардабанской серии). Границы с Солзанским массивом как резкие, так и с постепенными переходами от гранат-биотитовых гнейсов к мигматитам, гранитогнейсам и гранатовым или гранат-биотитовым лейкократовым гранитам. В пределах массива граниты по составу варьируют от меланократовых часто гнейсовидных со шлирами гранитоидов до массивных биотитовых гранитов и лейкогранитов. При обзоре с вертолета видно, что граниты образуют

уплощенные тела с многочисленными эрозионными окнами, в которых вскрываются вмещающие гнейсы. Опробованы все разновидности гнейсов, мигматитов и гранитов.

Всего отобрано более 40 проб и образцов, включая большие (до 15 кг) пробы для специальных петрографо-минералогических исследований. В настоящее время все пробы обработаны и по ним получены силикатные анализы (РФА) и некоторые редкие элементы.

### **Якутский отряд.**

За полевой сезон 2009 г. почти все поставленные задачи были выполнены. Были проведены полевые работы в пределах северных кимберлитовых полей (Молодинского и Толуопского), на трубках которых отобраны шлиховые пробы и образцы кимберлитов. Собранные представительные коллекции барофильных минералов позволят реконструировать разрезы литосферной мантии под северными кимберлитовыми полями Якутской провинции. Минералогическая паспортизация по пикроильмениту, по гранату отдельных кимберлитовых трубок, кимберлитовых полей явится основой совершенствования шлихо-минералогического метода поисков. Получение петрологических, минералого-геохимических, изотопно-геохимических характеристик кимберлитов позволит уточнить особенности становления крупных месторождений алмазов; изучить мантийные источники и условия генерации протокимберлитовых расплавов.

Якутским отрядом также были проведены работы в Зиминском районе Иркутской области. Произведен отбор образцов слюдяного кимберлита и взяты шлиховые пробы из Ингашинских жил. Изучение единственного коренного проявления кимберлитов в Восточных Саянах позволит определить возраст слюдянных кимберлитов Ингашинского поля, уточнить изотопно-геохимические характеристики и классификационную принадлежность кимберлитов.

### **Мурунский отряд.**

Изучение прошлогоднего материала показало, что породы Маджальгарского массива действительно являются карбонатитами и выявило рудные концентрации в них Nb, TR, Sr, давшие возможность считать их месторождением. 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%.

Проведены геологические маршруты на Южном и Восточном эндоконтакте, очень труднодоступного и самого крупного в мире Сыннырского ультракалиевого массива (площадь 600 кв. км) в Сев. Прибайкалье, так называемый Якшинский выход.

На Украинском щите в Приазовье проведено геохимическое опробование Азовского Zr-месторождения связанного со щелочными породами. Руда там 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.

На Октябрьском массиве опробованы в керне скважин ранние породы массива - оливиновые перидотиты, пироксениты и ийолиты, которые не встречались ранее на поверхности.

В Италии проведены совместные работы с Университетом г. Чиетти на щелочных вулканах, где опробованы туфовые разновидности лампроитов и щелочные вулканиты. Проведено детальное опробование пантеллеритовых вулканитов и их туфов на острове Пантелления и комендитовых вулканитов на о. Сардиния. В вулканах щелочных базальтоидов собраны мантийные ксенолиты лерцолитов для сопоставления их с Сибирским материалом.

### **Барбитайский отряд.**

В ходе геологического изучения Огнитского массива составлена петрографическая карта внутреннего строения массива, проведено опробование, выявлена и прослежена зона вкрапленных сульфидных руд, имеющая северо-восточное простирание, мощностью около 30 м и протяженностью около 100 м. Установлено, что сульфидная вкрапленность приурочена только к верлитам.

В Эльгедэкском массиве изучено внутреннее строение и характер взаимоотношений с вмещающими породами, обнаружена сульфидная вкрапленность, с содержанием сульфидных минералов до 0,5 об. %.

В Восточном Прибайкалье начато изучение Гремячинского, Телегинского массивов и опробованы будины основных-ультраосновных пород полуострова Святой Нос.

Получен материал необходимый для выяснения условий образования, петролого-геохимических особенностей и рудоносности пород Восточного Прибайкалья и Восточного Саяна (массивы Огнитский, Тартайский, Медвежий Лог), для установления времени формирования и выделения рудоносных объектов на основании формационного анализа, выяснения условий концентрирования сульфидных Cu-Ni-МПП руд в базит-ультрабазитовых массивах, а также восстановления первичного состава пород.

### **Офиолитовый отряд.**

Полевые исследования были проведены на территории Центральной и Северо-Восточной Монголии.

I этап. продолжено исследование пород Байдарикского блока Дзобханского микроконтинента Центрально-Азиатского складчатого пояса. Кристаллическое основание Байдарикского блока имеет раннедокембрийский возраст и содержит архейский (2,65 млрд. лет) байдарагинский комплекс, представленный тоналит-трондьемит-гранодиоритовыми (ТТГ) серыми плагиогнейсами с подчиненным количеством основных кристаллических сланцев.

Цель работ – выяснение ранней геологической истории байдарагинского комплекса. Метаморфизм амфиболитовой и возможно гранулитовой фации затрудняет датирование пород основного состава. Поэтому была поставлена задача - провести геохимическое опробование серых плагиогнейсов и ассоциирующих с ними метабазитов. Серые плагиогнейсы преобладают в байдарагинском комплексе. Они мигматизированы и местами смяты в изоклинальные складки. Плагиогнейсы прорываются послойными жилами плагиогранитов, а также неправильными жилами более поздних калиевых гранитов.

Метабазиты представлены линзовидными, будинообразными и субпластовыми телами (размером 0,1-3 м), залегающими конформно с серыми гнейсами, иногда слагают мощные зоны (10-20 м), соотношения которых с вмещающими гнейсами не ясны.

На основании полевых наблюдений установлено, что мелкие тела метабазитов участвуют в складчатости совместно с серыми гнейсами, в то же время, некоторые крупные тела секут серые гнейсы под острым углом и являются более поздними. Опробованы оба типа метабазитов. Отобраны пробы серых гнейсов на контактах с основными кристаллическими сланцами и в удалении от них. Это позволит установить связь двух типов пород.

Найдена «модельная» будина кристаллических сланцев, которая сечет серые гнейсы и в то же время прорывается жилками плагиогранитов. Геохимическое изучение проб из «модельной» будины позволит оценить взаимодействие метабазитов и плагиогнейсов. Отобран ряд проб основных кристаллосланцев на контакте с поздними калиевыми гранитами. Это позволит оценить возможное метасоматическое воздействие К-гранитов на метабазиты.

Можно утверждать, что участвующие в ранней складчатости метабазиты и серые гнейсы первоначально представляли собой переслаивающиеся вулканиты основного и кислого состава. Более крупные тела основных кристаллических сланцев, иногда секущие плагиогнейсы, представляли собой дайки основного состава, внедрявшиеся в серогнейсовую толщу. Оба структурных типа метабазитов соответствуют выделенным ранее по геохимическим особенностям (1) неизменным базальтам и (2) разностям, контаминированным кислым материалом, подобным ТТГ. в пределах Керулен-Ононского коллажа океанических, островодужных и окраинноморских террейнов Монголо-Охотского складчатого пояса.

II этап. Были изучены позднедокембрийские и палеозойские магматические и осадочно-метаморфические комплексы южной части Агуца-Кыринского прогиба и Эрэн-Дабанского метаморфического террейна.

1. Южная часть Агуца-Кыринского прогиба на территории Монголии была изучена фрагментарно, только по правобережью р. Бальдж-Гол (левый приток р. Онон), где участками вскрываются слюдястые кристаллические сланцы ононской (?) свиты, прорванные лейкократовыми гранитами палеозоя (?). Метавулканитов в них не обнаружено.

Основные работы нами были сосредоточены в пределах Эрэн-Дабанского докембрийского метаморфического террейна в бассейне р. Шусыйн-Гол, крупного правого притока р. Онон. Этот район оказался слабо изученным. На «Геологической карте МНР» 1971 года масштаба 1:1500 000 (гл. редактор Н.А. Маринов) здесь выделены поздний протерозой-вендские метаморфические блоки, сложенные гнейсами, сланцами, мраморами с кислыми вулканитами. На «Карте геологических формаций МНР» 1989 года (гл. редактор А.Л. Яншин) здесь выделены раннедокембрийские и позднедокембрийские (рифейские) блоки без расчленения по составу. Аналогичная ситуация отражена на «Геологической карте Монголии» 1998 года (цифровой вариант карты, редактор О. Томуртоого). Поэтому нами предпринята попытка разобраться с геологическим строением юго-западной части Эрэн-Дабанского докембрийского террейна, в приустьевой части р. Шусыйн-Гол, на площади более 200 км<sup>2</sup>. Составлена схематическая геологическая карта масштаба 1:200 000, на которой отражены следующие структурно-вещественные комплексы (СВК), находящиеся в аллохтонном залегании:

1. Нижний (океанический или офиолитовый) СВК слагают расслоенные габбро-пироксениты с дайками габбро-долеритов и плагиогранитов, которые выше по разрезу постепенно переходят в мощную (более 2000 м) толщу метабазальтов. В нижней части метабазальты массивные, в большинстве своем афировые, в центральных частях потоков иногда порфиоровые. В верхней части тектонических блоков метабазальты в разной степени рассланцованы с многочисленными послойными кварцевыми прожилками и жилами, которые при динамометаморфизме раздавлены и превращены в «будины». К сожалению, поиски нижних частей офиолитового комплекса (гипербазитов, серпентинитов и др.) не привели к положительным результатам. В данном районе они не обнаружены, хотя на «Карте геологических формаций Монголии» они (20 км восточнее) показаны за пределами изученного района работ.

2. Средний (окраинноморский) СВК сложен биотитовыми и биотит-амфиболитовыми гнейсами, разнообразными сланцами (по песчаникам и алевролитам) и кварцитами. Мощность этого СВК также превышает 2000 м.

3. Верхний (островодужный) СВК представлен кислыми и средними вулканитами.

Два нижних СВК в разной степени рассланцованы с пологим (10-30-40°) падением пород на север и северо-запад (0°, 340°, 330°, 310°). По существу они образуют пакет тектонических пластин (покровов), надвинутых друг на друга с севера на юг (в современных координатах).

Из всех СВК отобраны пробы на петро-геохимические и изотопно-геохронологические (пробы М09-05, М09-06) исследования.

Получены первые данные по вещественному составу метавулканитов и метагабброидов.

Отобраны пробы мантийных ксенолитов из щелочных базальтов вулкана Шаварын-Царам.

Всего отобрано около 100 проб.

### **Окинский отряд.**

Проведен отбор проб из всех фазово-фациальных разновидностей гранитоидов Сархойского массива. Прослежены вариации составов пород по мере удаления от контакта массива с вмещающими породами, оценено влияние карбонатных и алюмосиликатных пород на состав гранитоидов. Особое внимание было уделено опробованию базитов NEB, слагающих первую фазу плутона. Пробы были отобраны как из самих интрузий, так и из их субвулканических аналогов. Помимо этого были выполнены работы по доизучению адакитов и базитов NEB Мунку-Сардыкского массива.

В процессе работ было установлено значительное развитие габброидов первой фазы, соответствующих по своим вещественным характеристикам базитам NEB. Породы, наиболее соответствующие адакитам (бт-ам. тоналиты), распространены довольно ограничено. Основную массу массива слагают производные гибридных магм, образовавшихся, вероятно, в результате смешения адакитов с веществом континентальной коры.

К наиболее важным результатам следует отнести выявление процесса смешения двух гранитоидных расплавов в пределах Мунку-Сардыкского плутона. Ранее, на основе анализа геохимических и изотопных данных нами было высказано предположение, что все разнообразие раннепалеозойских гранитоидов обусловлено смешением коровых и мантийных (адакиты) гранитоидных магм. В этом полевом сезоне, на береговых обнажениях р.Иркут были обнаружены геологические свидетельства реальности этого процесса.

### **Метасоматический отряд.**

Проведено геологическое изучение с отбором проб пород для минералого-петрологических, изотопно-геохронологических, термобарометрических исследований: 1) ассоциаций гранулитовой фации шарыжалгайской и китойской серий Ю-З Прибайкалья и Ю-В Присяянья (Слюдянский, Иркутский, Черемховский, Усольский р-ны Иркутской области); 2) архейских тоналит-трондьемитовых комплекса основания Онотского и Таргазойского зеленокаменных поясов и Гарганской глыбы (Черемховский и Заларинский р-ны Иркутской области и Окинский р-н Республики Бурятия). Кроме ранее заявленных задач в рамках проекта полевых работ было выполнено геологическое изучение с отбором проб для геохимических и изотопно-геохронологических исследований тоналит-трондьемитовых ассоциаций Западного Прибайкалья, возможно аналогов древнейших пород Присяянья, а также проявлений святоносителей (андрадитовых сиенитов) на Тажеранском массиве.

Получены данные о геологическом положении, разновидностях, распространении метаинтрузивных основных и кислых высокометаморфизованных пород гранулитовой фации шарыжалгайской и китойской серий, метавулканогенных и метатерригенных породах Онотского и Таргазойского зеленокаменных поясов, тоналит-трондьемитовых ассоциациях комплекса основания Онотского зеленокаменного пояса, Гарганской глыбы, Западного Прибайкалья.

Материалы полевых исследований при их обработке позволяют:

1). Установить природу (метамагматическую или метаосадочную) кислых пород, определить возраст и Р-Т-т тренды становления пород гранулитовых (шарыжалгайской и китойской серий) и зеленокаменных (Онотский и Таргазойский пояса) комплексов для выявления геодинамических обстановок формирования Присяянского краевого выступа, а также для проведения вещественных, возрастных, металлогенических корреляций между ними.

2). Исследовать петролого-геохимические особенности ультраметаморфических преобразований (гранитизации и базификации) кислых метамагматических и метатерригенных пород в комплексах с разной степенью метаморфизма с целью обоснования механизма их формирования и установления критериев их генезиса.

3). Выявить вещественные и возрастные характеристики тоналит-трондьемитовых ассоциаций в комплексе основания Онотского и Онотского зеленокаменных поясов, Гарганской глыбы (основания Тувино-Монгольского микроконтинента) для выявления их общей генетической природы, продуктов и возраста преобразований, проведения вещественных и генетических корреляций между ними.

4). Провести вещественную и возрастную корреляцию между тоналит-трондьемитовыми ассоциациями Восточного Саяна и Западного Прибайкалья с целью установления ареала распространения этих пород.

5). Определить петрогеохимические особенности святоносителей Тажеранского массива, провести их сравнение со святоносителями уже известных массивов Центрально-Азиатского складчатого пояса и, в конечном счете, обосновать причины их широкого развития в этом регионе.

### **Тувинский отряд.**

В результате проведенных работ были изучены геологические и минералогические особенности нескольких рудопроявлений редкометалльных пегматитов в бассейнах рек Тарги, Харты и Церигиин-Гол, входящих в состав протяженного (> 120 км) субширотного пояса распространения редкометалльных пегматитов в южной части Сангиленского нагорья. Установлены особенности жил, прорывающих различные вмещающие породы – битуминизированные известняки и слюдястые сланцы. Выявлены различия минералогии и внутреннего строения пегматитовых жил, намечена региональная зональность в распространении жил с различной редкометалльной специализацией. Для выявления генетических связей редкометалльных пегматитов исследованы расположенные в низовьях рек Хусуин-Гол и Церигиин-Гол массивы биотитовых гранитов, в апикальной части которых распространены сингенетичные им пегматоидные граниты и пегматиты. С целью изучения особенностей петрогенезиса редкометалльных гранитоидов в условиях различных геодинамических обстановок и различных сред их формирования осмотрены некоторые жильные серии редкометалльных пегматитов Огневско-Бакенного и Асу-Булакского полей редкометалльных пегматитов Рудного Алтая.

Отобраны образцы и пробы пород для дальнейшего изучения минерального и химического состава малоизвестных редкометалльных пегматитов в бассейнах рек Тарги, Харты и Церигиин-Гол на юге Сангиленского нагорья, а также образцы и пробы гранитов и безрудных пегматитов из пространственно ассоциированных с ними гранитных массивов и пробы различных вмещающих их пород. Отобраны пробы пегматитов (с различной редкометалльной минерализацией и безрудных) для дальнейшего изучения флюидного режима их формирования методами газовой хроматографии. Отобраны пробы редкометалльных и не редкометалльных гранитных пород данного района для определения их абсолютного возраста. В ходе поездки на Рудный Алтай удалось ознакомиться с некоторыми наиболее продуктивными на литий редкометалльными пегматитами этого региона. В составе Тувинского отряда с 25 июня по 30 июля 2009 г успешно работали три студента геологического факультета Новосибирского Гос. Университета, прошедшие в нем производственную преддипломную практику на рудопроявлениях литиевых редкометалльных пегматитов и гранитных массивах Сангиленского нагорья.

#### **Пегматитовый отряд.**

В результате полевых работ проведено геологическое изучение и геохимическое опробование гранитоидов Зимовнинского и Урикского массивов и редкометалльных пегматитов Гольцового и Урикского полей в Урикско-Ийском грабене. Установлено, что Зимовнинский и Урикский массивы различаются тем, что первый сложен, в основном, гранодиоритами, а второй в значительной части лейкократовыми и субщелочными гранитами. Отчетливо устанавливается, что пегматитовые поля, хотя и приурочены пространственно к гранитоидным массивам, контролируются зонами глубинных разломов. Пегматитовые жилы в них образуют обычно жильные серии. При этом в Гольцовом поле наблюдаются редкометалльные пегматиты литиевого и комплексного (Ta-Cs-Li) геохимических рядов сподуменовой подформации, тогда как для Урикского поля характерны пегматиты литиевого геохимического ряда. Кроме того, изучены и опробованы мусковитовые пегматиты жилы “Гигант” (ж. 14) Тепсинского поля в докембрийской Бирюсинской зоне, выяснены особенности геологического положения и состава плагиомикроклиновых слюдоносных пегматитовых жил, занимающих обычно секущее положение по отношению к вмещающим метаморфическим породам.

#### **Малханский отряд.**

Традиционно считается, что литиевые пегматиты Завитинского поля являются производными гранитов кукульбейского комплекса ( $J_3-K_1$ ), с которым связывается большинство месторождений и рудопроявлений редких металлов в регионе. В строении Завитинской гранитно-пегматитовой системы принимают участие следующие магматические образования, внедренные в метаморфизованные отложения триаса: 1) порфиридные биотитовые гранодиориты и граниты (адамеллиты); 2) двуслюдяные граниты-лейкограниты; 3) мусковитовые, в том числе “пегматоидные” лейкограниты; 4) разнообразные пегматиты и гранит(аплит)-пегматиты – от безрудных существенно калишпатовых до литиевых сподумен-альбитовых. Представляющие наибольший интерес редкометалльные сподумен-альбитовые пегматиты образуют самостоятельную наиболее крупную “свиту” жил, которая не контролируется положением развитых в пределах поля гранитов и тесно ассоциирующих с ними пегматитов иных типов. Анализ имеющихся геологических данных позволяет предполагать, что в пределах поля совмещены две ассоциации гранитоидов: а) ранняя “умеренно редкометалльная”, представленная гранитами-лейкогранитами и тесно связанными с ними калишпатовыми и двуполевошпатовыми пегматитами; б) поздняя, автономная от гранитов, “собственно редкометалльная” ассоциация альбитовых ( $\pm$  аксессуарный сподумен) и сподумен-альбитовых пегматитов. В полевой сезон 2009 года главное внимание было уделено изучению геологических взаимоотношений различных типов гранитоидов и пегматитов, их геохимическому опробованию и отбору проб для геохронологических исследований Rb-Sr и U-Pb методами. Для двуслюдяных гранитов и сподумен-альбитовых пегматитов получены две Rb-Sr изохроны, с возрастом  $167,4 \pm 3,5$  и  $136,3 \pm 3,5$  млн. лет соответственно, что подтверждает предположение о полихронности данной гранитно-пегматитовой системы. Кроме того, начато опробование пегматитов Седловского пегматитового поля в зоне влияния Монголо-Охотской сутуры.

#### **Борзинский отряд.**

Продолжено опробование пород массива онгонитов Ары-Булак и тел кварцевых порфиров вблизи п.Шерловая Гора (дайки Большая, Высокая, Восточная, Заводская) по нескольким опорным

разрезам. Основное внимание сосредоточено на поиске в пределах массива Ары-Булак участков пород с крипто-микрзеристой сливной основной массой, которые по нашим предварительным данным относятся к редкой разновидности магматических образований, сформированной в результате совместной кристаллизации алюмосиликатного и фторидно-кальциевого несмесимых расплавов.

В ходе проведения работ уточнено размещение массива Ары-Булак и вмещающих пород на геологической карте. На дневной поверхности выходы пород массива Ары-Булак образуют вытянутый в субмеридиональном направлении эллипс размером ~500x800 м. По данным бурения предполагается его грибообразная форма лакколита с максимальным горизонтальным сечением под четвертичными отложениями ~700x1500 м. Массив залегает среди вмещающих осадочно-вулканогенных пород (J<sub>3</sub>-K<sub>1</sub>) – сланцев и эффузивов основного состава. В непосредственной близости от массива расположены коренные выходы известняков, но прямых свидетельств контакта этих пород с онгонитами, также как и следов их ассимиляции (т.е. ксенолитов известняков) силикатным расплавом не обнаружено. Порфиновые онгониты слагают основной объем массива. Только на юго-западном фланге в переходной зоне размером несколько десятков метров эти породы постепенно сменяются афировыми разностями, которые образуют краевую зону шириной 50-100 м. По нашим данным всем афировым породам свойственны очень высокие концентрации СаО (5.4-22 мас.%) и F (5.2-18.8 мас.%). Порфиновые онгониты содержат <0.5 мас.% СаО и 1-1.5 мас.% F. Среди них вблизи юго-западного фланга и реже в центральной части массива также встречаются разности с аномально высокими содержаниями СаО (до 9.8 мас.%) и F (до 7.7 мас.%). Оказалось, что такие породы встречаются обособлениями размером до нескольких квадратных метров среди обычных порфириновых онгонитов по всему массиву, но больше тяготеют к краевой эндоконтактной зоне на юго-западном фланге. Новые находки обособлений таких пород вынесены на геологическую карту района, составляемую с учетом GPS привязок точек опробования и предполагаемых или реально наблюдаемых геологических границ.

#### **Прибайкальский отряд.**

В результате полевых работ определены взаимоотношения пегматитов, мигматитов и метаморфических пород. Выделены перемещенные пегматитовые тела, образующие инъекции жильной, сложно-ветвящейся формы разной мощности и протяженности. Большинство таких пегматитов незональны и сложены среднезернистым калишпат-олигоклазовым пегматитом. Однако встречаются редкие зональные тела с внешним существенно олигоклазовым пегматитом, который переходит в двуполевошпатовый комплекс с кварц-олигоклазовой матричной зоной, содержащей крупные монокалишпатовые обособления (иногда с кристаллическими индукционными гранями). В таких зональных телах часто встречаются вкрапленники черного турмалина.

Опробованы береговые обнажения о.Замогой. Данный остров сложен преимущественно основными интрузивными метаморфизованными породами (амфиболитами, амфибол-плагноклазовыми разностями). В нескольких береговых обнажениях изучены взаимоотношения жильных тел плагноклазитов и интенсивно измененных амфиболитов. На южной оконечности острова обнаружены реликты гранитизированной метаморфической толщи с коренными выходами небольших по мощности пегматитовых тел, сложенных преимущественно калишпатом. Калишпат обладает интенсивной объемной иризацией, что позволяет его отнести к лунному камню. Для установления Т-Р параметров пегматитообразования отобраны образцы минералов (кварца из разных пегматитовых комплексов, а также полупрозрачных полевых шпатов), пригодных для дальнейшего изучения термометрических свойств расплавных и флюидных включений, если таковые в них обнаружатся.

#### **Саянский отряд.**

Главное внимание в 2009 г. сосредоточено на сопоставлении состава ряда мелких массивов Кингашского рудного поля с эталонным массивом Кингаш. Кроме того, с использованием нового материала «Норникеля» опробовались глубокие горизонты по штольне и ряду скв. (№№ 65, 56), которые не изменили ранее составленной структурной и геохимической модели. Для В. Кингашского месторождения по сравнению с эталонным Кингашским отмечается ярко выраженное наложение на первичные руды мигматизации и метаморфизма. Обнаруживается также различный характер зональности двух массивов.

### **Золоторудный отряд.**

В полевой период 2009 года работы были проведены на всех запланированных Au-рудных объектах Северного Приохотья и Приколымья (Магаданская область). Отобраны образцы и геохимические пробы из рудных зон Au-Ag (Дукат, Арылах, Лунное, Карамкен), Ag-Pb (Мечта, Тидит, Перевальное, Гольцовое), Sn-Ag (Мало-Кенское, Ново-Джагынское) месторождений Северного Приохотья (Охотско-Чукотский вулканогенный пояс) и Au-сульфидно-кварцевых (Наталкинское, Дегдекан) месторождений Приколымья (Яно-Колымский металлогенический пояс). Сверх запланированного объема исследований, проведено изучение руд и вмещающих пород на месторождениях Au-кварцевой (Дорожное, Светлое, Бутарное) и Au-редкометалльной (Нетчен-Хая) формаций (Приколымье). Каменный материал отбирался по детальным разрезам в крест простирания рудных зон (геохимическое опробование) и по рудным телам (образцы, штуфные пробы). Всего было отобрано более 1000 геохимических проб, образцов, шлифов и аншлифов.

В результате работы с фондовыми материалами (карты, разрезы, описание) получено представление о геологическом строении Au-Ag и Au-рудных объектов Северного Приохотья и Приколымья. Проведена документация горных выработок и скважин, по которым велось опробование. Сделаны детальные зарисовки наиболее интересных рудных участков и зон. Так на Дукатском Au-Ag месторождении, кроме Au-Ag и Ag, детально опробованы и зарисованы Ag-Pb жилы и участки развития полиформационных руд. На участках развития черносланцевых формаций, относящихся к позднепермским осадкам Яно-Колымского пояса в районе месторождений Наталкинское и Дегдекан, были зарисованы и детально опробованы несколько рудных зон прожилково-метасоматического окварцевания с мелкой, рассеянной вкрапленностью сульфидов.

К моменту написания отчета практически весь собранный в полевой период каменный материал прошел подготовительную обработку. Создана эталонная коллекция образцов (241 шт.). Изготовлены шлифы (179 шт.) и аншлифы (136 шт.). Истертые и отданы на различные виды анализа геохимические пробы (491 проба). Издроблены и рассеяны штуфные пробы, начато изучение их минерального состава. Получена часть результатов аналитических исследований (Au – сцинтилляционный и атомно-абсорбционный анализы, спектральный анализ на 22 элемента).

Полученные в ходе проведения полевых работ материалы в настоящее время используются для изучения минерального и геохимического состава пород и руд, их геохимической и петрохимической типизации, выявления элементов-индикаторов оруденения, исследования форм нахождения Au и Ag в рудах и ореолах. В дальнейшем, планируется обобщить полученные данные с целью изучения условий формирования разнотипной рудной минерализации, особенно на таких месторождениях-гигантах как Дукат и Наталкинское, подойти к решению проблемы происхождения Au-рудных месторождений в черных сланцах Яно-Колымского региона, сопоставить их с другими месторождениями Au, приуроченными к черносланцевым формациям Юга Сибирской платформы и Монголо-Охотского пояса.

### **Восточный отряд.**

Редкометалльная минерализация данного участка представляет собой серию пегматитовых жил и метасоматически изменённых пород, выходящих на дневную поверхность на площади около 0,5 км<sup>2</sup>. Пегматиты и метасоматические зоны пространственно ассоциируют с вытянутыми в том же направлении телами резко порфириовидных гранитов. Подавляющее большинство пегматитовых тел выходит за пределы гранитов во вмещающие мраморизованные известняки, а некоторые жилы на всём своём протяжении залегают в известняках.

Пегматиты представлены флюидално-полосчатыми, пятнисто-полосчатыми и участково-полосчатыми разновидностями альбит-кварц-лепидолитового, кварц-лепидолитового состава, в которых количественные соотношения породообразующих минералов колеблются значительно, нередко даже в пределах одного образца. Лепидолит представлен двумя морфологическими разновидностями: тонко-мелкочешуйчатый и пластинчатый (до 2,5 см в диаметре пластин). Кварц также иногда образует относительно крупные выделения (до 3-5 см), которые облекаются тонко-мелкозернистым агрегатом с преобладанием фиолетового лепидолита. Слюдистый агрегат

развивается также по трещинам в кварце. Гораздо реже встречаются образцы кварц-альбитового пегматита с подчинённым количеством слюды.

В отдельных образцах пегматитовых тел и метасоматитов обнаружены флюорит, топаз, апатит, сфен, рутил, касситерит. По минеральному составу, структурно-текстурным особенностям и редкометалльной нагрузке пегматиты участка Мунгутуйн Цагаан Дурулж наиболее близки внутренним лепидолит-содержащим зонам пегматитов комплексного редкометалльного типа и некоторых миароловых пегматитов.

За полевой период отобрано 65 геохимических проб (от 0,5 до 1,5 кг), которые в настоящее время прошли стадию пробоподготовки и отданы на петрографические, минералогические и аналитические исследования. Поставленные перед отрядом задачи выполнены полностью.

### **Забайкальский отряд.**

В полевой период 2009 года были продолжены научно-исследовательские работы по изучению геохимического состава вмещающих пород и рудной минерализации Пильненского рудного поля Карийской рудно-магматической системы. Основное внимание в полевой период было уделено золотому проявлению Дагиня, расположенному в «головке» одноимённой россыпи. В своё время на этом участке была вскрыта в коренном залегании кварц-лимонитовая жила с весьма богатым (320 г/т) содержанием золота. Однако золотоносность участка Дагиня так и осталась до конца не изучена.

Основными рудовмещающими породами являются лейкократовые биотитовые порфириновые граниты ( $\Sigma_1$ ). Рудная минерализация представлена в виде линейно вытянутых в северо-западном направлении кварц-сульфидизированных жил и зон окварцевания и лимонитизации мощностью от 25-30 см до 2-2,5 м. В полевой период проведено опробование кварц-сульфидных жил, лимонитизированных зон и вмещающих рудных минерализованных пород. Всего отобрано 42 штучные (от 1,5 кг до 5 кг) пробы для изучения геохимии и вещественного состава рудной минерализации и вмещающих пород.

С целью изучения геологического строения и рудной минерализации золотого проявления Дагиня изучены фондовые материалы (геологические карты, отчеты), собран каменный материал. В процессе выполнения полевых исследований проведено опробование и сделана документация коренных обнажений и сохранившихся горных выработок, по которым велось опробование. Сделаны детальные геохимические разрезы в крест простирания рудоносных жил и минерализованных зон с целью изучения вещественного состава рудной минерализации и гидротермально изменённых пород. Полученные в ходе выполнения полевых работ материалы в настоящее время используются для изучения минерального и геохимического состава пород и руд, выявления элементов-индикаторов для перспективной оценки золотого оруденения данного участка. Содержание золота в минерализованных зонах и жилах колеблется от 0,05 г/т до 1,8 г/т. Преобладают пробы с содержанием Au от 0,1 г/т до 0,7 г/т, что свидетельствует о перспективности этого участка на наличие промышленных концентраций золота.

### **Ангаро-Бодайбинский отряд.**

Продолжено исследование геохимических индикаторов тепломассообмена на сейсмоактивных разломах БРЗ Тункинском и Баргузинском. Геохимическое опробование рыхлых отложений на сместителях разломов впервые сопровождалось изучением их газовых ореолов. Установлен повышенный газопоток  $\text{CO}_2$  (более 1 об.%) на Тункинском разломе. Вдоль Баргузинского разлома формируются повышенный газопоток сероводорода и повышенные современные поверхностные концентрации ртути (до 1 г/т), отчетливо фиксируемые в торфоилах за счет разгрузки приразломных горячих вод в торфяники при сопутствующем высоком газопотоке сложного состава (более 1 об.%):  $\text{CO}_2$ , CO,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ . На сместителе Тункинского разлома обнаружено резкое повышение уровня ионизация (концентрации положительных ионов) в приземном слое воздуха. На пересечениях разломов отчетливо проявление почвенного комбинированного геохимического барьера при увеличении концентраций ртути.

### **Кварцитовый отряд.**

В ходе полевых работ было рассмотрено геологическое строение, особенности продуктивных тел кварцитов и карбонатных пород иркутской свиты и офиолитового комплекса северо-западного обрамления Гарганской глыбы. Отобран каменный материал для дальнейшего минералого-геохимического изучения данных объектов.

В результате исследований выяснилось, что кварциты Урда-Гарганского, Бурал-Сарьдагского, Урунгенурского участков, являясь частью одного кварцево-карбонатного пояса окаймляющего Гарганский Плутон, образовались в результате термально-динамометаморфического воздействия надвинутого на них офиолитового комплекса Дунжугурской островной дуги. Однако они не являются полными аналогами ни по форме залегания продуктивных тел, ни по петрографо-минералогическим характеристикам.

При проведении полевых работ использовались основные методы и принципы геолого-разведочных и геохимических работ позволяющих определить морфологию и взаимосвязь геологических тел, отобрать каменный материал для дальнейшего лабораторного исследования.

### **Баргузинский отряд.**

1. 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 12-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. Колебания концентраций микроэлементов незначительны, распределение их за 2006-2009 гг. довольно равномерное и каких-либо резких различий за 3 года наблюдений не отмечается.

2. Для оценки степени техногенного загрязнения на территории Иркутской области в 2009 г. проведена снегохимическая съемка с детальным опробованием промышленных центров (г.г. Иркутск, Шелехов, Усолье-Сибирское, Ангарск, Байкальск, Слюдянка, Листвянка, Саянск, Зима, Свирск, Черемхово). За последний год сеть опробования была расширена – охвачены такие участки, как залив Мандархан (в районе западной части оз. Байкал), п. п. Залари, Кутулик, Бол. Луг, Бол. Голоустное. Всего было отобрано 86 проб снега. Установлено, что величина запыленности снегового покрова в Ангарске, Байкальске, Слюдянке, Зиме, Саянске, Залари, Черемхово и заливе Мандархан колеблется в пределах от 0,7-7,7 г/м<sup>2</sup>, а в промышленных городах Иркутск, Шелехов, Усолье-Сибирское, Свирск, составляет в среднем до 71,168 г/м<sup>2</sup>. На формирование аномалий запыленности территории, большое влияние оказывает преобладающее (60 %) северо-западное направление ветров вдоль долины р. Ангара. Анализ твердофазных снежных выпадений позволил выявить следующие закономерности. Уровни накопления металлов-экотоксикантов в твердой фазе снега в пробах, отобранных в г. Усолье-Сибирском (Hg–21409 мкг/м<sup>2</sup>, Zn–13,68 мг/м<sup>2</sup>, 91,2– мкг/м<sup>2</sup>), на порядок превышают уровни накопления металлов в остальных городах, что связано с большим количеством твердого осадка в снеге отмеченных городов. Источником поступления металлов в воздушную среду служат как твердое топливо, так и отходы переработки нефтепродуктов и их сжигания.

3. Опробование почвенного покрова некоторых городов и поселков Иркутской области, а также некоторых условно фоновых участков проводилось в период с мая по сентябрь 2009 г. и включило следующие объекты:

1) Города и поселки, расположенные по направлению трассы Иркутск – Баяндай и Баяндай – МРС: с. Оёк, г. Усть-Ордынский, с. Баяндай, д. Тургеневка, д. Косая Степь, с. Еланцы и условно фоновые точки по направлению трассы Еланцы – МРС.

2) Города и поселки, расположенные по направлению трассы Иркутск – Байкальск: г. Байкальск, г. Слюдянка и пос. Олха.

3) Города и поселки, расположенные по направлению трассы Иркутск – Братск: г. Братск, пос. Тулун, д. Тыреть, г. Залари, пос. Кутулик, г. Черемхово, г. Свирск, г. Ангарск.

4) Шламоотстойник ТЭЦ № 9 и АЭХК, расположенный недалеко от Ангарска.

Всего было отобрано методом конверта 170 почвенных образцов, выполнено 7 почвенных разрезов. Отобранные образцы почв изучались на следующие компоненты: породообразующие элементы, тяжелые металлы группы железа, кадмий, мышьяк и ртуть, фтор, редкие и рассеянные элементы, уран и торий, органический углерод, а также рН. В настоящий момент частично получены результаты анализов. Полученные результаты свидетельствуют о повышенном фоне содержаний

рассматриваемых элементов. Особенно выделяются почвы г. Черемхово, в которых повышен фон большинства элементов – ртути, свинца, цинка, бора, серебра, германия и олова, что чётко проявлено на графиках распределения этих элементов. Наличие настолько загрязненных почв тяжелыми металлами, вероятно, обусловлено развитой здесь угледобывающей промышленностью.

Выявлены повышенные содержания таллия и серебра в пос. Большое Голоустное, вероятно, природного происхождения. Наибольшее содержание бора, фтора, бериллия выявлено в почвах г. Шелехов. В Ангарске, пос. Усть-Ордынский, отмечаются максимальные содержания свинца и цинка, свинца – 600 и 68 г/т, а цинка – 550 и 250 г/т соответственно, что превышает установленные нормативы для почв. В некоторых случаях, более повышенный фон элементов можно связывать с особенностью почвообразующих пород с повышенными содержаниями микроэлементов.

В районе населённых пунктов Залари, Тыреть, Усть-Ордынский, Баяндай и Оёк – почвы имеют сельскохозяйственное использование, поэтому обеспеченность питания растений микроэлементами (В, Мо, Сu, Zn, Mn и Со) имеет важное значение. На примере сельскохозяйственных угодий Зиминского района установлено, что почвы имеют высокую обеспеченность бором, цинком и кобальтом, среднюю – медью и марганцем и низкую – молибденом. В дальнейшем, подобные агрохимические исследования почв будут иметь значение для обоснования применения удобрений, поскольку такие исследования, вероятно, не проводились давно.

4. Продолжено изучение закономерностей распределения тяжелых металлов и органических элементов в компонентах окружающей среды (снег, почва, поверхностная вода, воздух) на лицензионных участках ООО «Ростнефть» (Катангский район). Отобрано около 200 проб (снег, вода и почва). Полученные аналитические данные свидетельствуют о том, что содержания неорганических и органических элементов не превышают предельно допустимых концентраций и об отсутствии загрязнения территории.

#### **Ангарский отряд.**

1. В 2009 году были продолжены экспедиционные работы по геохимическому мониторингу абиотических (донные отложения, вода) и биотических (планктон, водные растения, рыбы, микробиальный комплекс) компонентов окружающей среды водохранилищ Ангарского каскада и реки Ангары. За период с конца мая и до конца августа был выполнен большой объем полевых работ. Данные исследования выполнялись с использованием судна, моторной лодки и автомашины.

Для того, чтобы оценить уровень ртутного загрязнения в Братском водохранилище были отобраны в Иркутском водохранилище (как фоновый объект) рыбы (150 экземпляров различных видов), планктон (3 пробы) и водные растения (5 проб).

На участке реки Ангары от г. Иркутска до Усолья-Сибирского было заложено 10 станций, на которых было выполнено гидрохимическое опробование из поверхностных и придонных слоев (50 проб) проб. На каждой из станций были взяты планктон и водные растения. Кроме того, при помощи скриперного дночерпателя было отобрано 10 проб донных отложений.

С середины августа и до конца месяца полевые работы велись в верхней части Братского водохранилища на 17 опорных станциях. Были отобраны донные отложения (51 проб) на общий анализ, на ртуть и микробиологию. Взяты 34 пробы воды из поверхностных и придонных слоев на гидрохимию, ртуть и микробиологию. Также, на каждой станции собирали планктон (17 проб) и водные растения (20 проб). Кроме того, на содержание ртути и других тяжелых металлов было выловлено 200 экземпляров разных видов рыб.

С середины июля до середины августа проводились в 27 заливах нижней части Братского водохранилища по Ангарской, Окской и Ийской ветвях. В заливах были отобраны донные отложения (54 пробы), пробы воды из поверхностных и придонных слоев (54 пробы), планктон (27 проб), водные растения (70 проб). Пробы отбирались на общий химический состав, тяжелые металлы, на фенолы и нефтепродукты, а также на микробиологию. Было выловлено 350 экземпляров разных видов рыб на ртуть и другие тяжелые металлы. Кроме работ в заливах, по бывшему руслу реки на 15 опорных станциях было также отобраны донные отложения (30 проб), вода с поверхностных и придонных слоев (30 проб), планктон (15 проб), на микробиологию (45 проб).

Всего было отобрано донных отложений – 140 проб, воды – 168 проб, планктона – 72 пробы, водных растений 105 проб, рыб – 700 экземпляров и на микробиологию – 300 проб.

2. В настоящее время многие собранные пробы находятся в стадии обработки. Предварительный анализ полученных данных показывает, что распределение ртути в воде Братского

водохранилища подчиняется установленным ранее закономерностям. Уменьшение техногенной нагрузки после закрытия цеха ртутного электролиза и прекращения использования солей  $Hg^{+2}$  в качестве катализатора при производстве винилхлорида, не привело к коренному решению экологической проблемы. В настоящее время основным источником поступления ртути в водную среду являются донные осадки верхней части Братского водохранилища. А интенсивность вторичного загрязнения, главным образом, зависит от гидрологических и гидрохимических условий водоема, влияющих на скорость процессов метилирования и десорбции ртути. Установлено, что по-прежнему верхний участок Братского водохранилища отличается повышенным содержанием ртути в растениях. С удалением от основного источника загрязнения (комбинат «Усольехимпром») вниз по течению реки концентрация металла постепенно уменьшается. И в заливах нижней части Братского водохранилища зафиксированы уже невысокие показатели ртутного загрязнения растений. В результате биоиндикации, было выявлено техногенное поступление мышьяка в воды Братского водохранилища в районе г. Свирск. У 78 % проанализированных рыб повышенные концентрации мышьяка. Превышение уровня ПДК As в среднем составило для плотвы 2,4 раза, для окуня – 1,3 раза. Это указывает на существующую серьезную проблему мышьякового загрязнения экосистемы водоема и опасность отравления людей, употребляющих в пищу рыбу, выловленную в этом районе. Микробиологические показатели бактериопланктона и бактериобентоса, по-прежнему, нестабильны, характеризуются широким спектром колебаний (как средних, так и предельных), несмотря на длительный период формирования Братского водохранилища. Санитарный режим вод водохранилища остается, по-прежнему, неоднородным (II-У классы качества). Тенденции к снижению бактериального загрязнения в проблемных районах не прослеживаются. Трехлетний анализ сточных вод предприятия ООО «Усольехимпром» показал сильное загрязнение их энтеробактериями (на уровне разрядов У класса), что негативно сказывается и на санитарном режиме Ангары.

#### **Экогехимический отряд.**

1. Проведено опробование почв, питьевых и поверхностных вод г. Свирска для анализа распределения химических элементов на основе построения моно- и полиэлементных карт.

2. Собраны образцы почв для исследования форм нахождения тяжелых металлов в техногенных, сельскохозяйственных и лесных ландшафтах г. Свирска и для сопоставления – в сельскохозяйственных и лесных ландшафтах Усть-Ордынского Бурятского округа (фоновый район).

3. Отобраны образцы техногенных, лесных и огородных почв г. Свирска и, для сопоставления, пахотных почв условно-фонового участка (пос. Михайловка), а также растения, выращенные на этих почвах в условиях модельного эксперимента, для изучения особенностей накопления химических элементов в тканях растений под влиянием токсичных доз тяжелых металлов и различных их форм нахождения в почве.

Всего собрано проб – почвы – 24 пробы, поверхностные воды – 8 проб, питьевые воды (скважины) – 3 пробы, растения – 45 проб, техногенный грунт с отвалов АМЗ (г. Свирск) – 2 пробы. Итого: 82 пробы.

Получены данные по содержанию химических элементов в почвах г. Свирска, на основе которых построены моно- и полиэлементные карты распределения As, Cd, Pb, Hg, Cu, Zn в почвах города. Установлено, что почвы г. Свирска загрязнены тяжелыми металлами и As, источниками которых являются, преимущественно, отвалы и здания бывшего Ангарского металлургического завода (АМЗ) и завод «Востсибэлемент», специализирующийся на производстве и переработке аккумуляторов. Установлено, что не все изученные тяжелые металлы накапливаются в почвах выделенных участков в высоких концентрациях. Почвы территории АМЗ характеризуются следующей геохимической ассоциацией элементов – As-Cd-Pb-Cu-Zn-Hg, почвы, примыкающие к заводу «Востсибэлемент» – Pb-Zn-Hg.

Получены предварительные данные для модельного эксперимента по поступлению химических элементов из почв в растения в условиях техногенного загрязнения на примере г. Свирска и условно-фонового участка (пос. Михайловка).

#### **Радиологический отряд.**

1. В экспедиционных работах 2009 года был опробован специальный пробоотборник для послойного отбора проб рыхлых донных отложений в мелководных заливах (пролив Малое Море) озера Байкал. 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 северного полушария. 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.

2. Количественная оценка содержания (и его распределения по глубине) радионуклидов цезия-137 в донных отложениях озёрных систем Прибайкалья позволяет выполнить общий расчёт запасов техногенных радионуклидов, выпавших на акваторию и мигрировавших с водосборного бассейна при ядерных испытаниях (с глобальными и локальными радиоактивными выпадениями). Однако таких количественных данных пока недостаточно как по объёму, так и по распределению их по площади акватории Байкала и территории региона.

3. В современных условиях основной вклад в годовую эффективную коллективную дозу населения Иркутской области – т.е. 73 % от суммарной - вносят природные источники, в том числе радон – около 50 %, внешнее гамма-излучение от земли и космоса – около 20 %.

26 % от суммарной коллективной дозы формируется за счёт медицинских процедур с использованием радиоактивных веществ и генераторов ионизирующего излучения.

От деятельности предприятий, использующих радиоактивные вещества, вклад в эффективную дозу населения (в основном, персонал) составляет 0.09 %, от техногенно изменённого фона – до 0.14 %.

На основе данных по современному содержанию цезия-137 в почве в соответствии с методическими указаниями выполнена ретроспективная оценка эффективных доз внешнего и внутреннего облучения от локальных выпадений для населённых пунктов Слюдянского и Иркутского районов Иркутской области. Средние значения эффективных доз облучения местного населения составили от 80 до 200 мЗв (миллиЗивертов), что должно относить их к льготной категории.

4. Прямыми биодозиметрическими методами (ЭПР-дозиметрии зубной эмали, учёта хромосомных aberrаций и микроядерного теста) измерены накопленные эффективные дозы для отдельных жителей посёлков Малое Голоустное и Листвянка Иркутского района, которые проживали там в 1950-е годы. Средние дозы облучения для лиц, проживавших до 1953 года в пос. Малое Голоустное составляют 580 мЗв, для лиц в пос. Листвянка – 850 мЗв. Эти результаты удовлетворительно соотносятся с данными расчёта доз по величине осадка цезия-137 на почве с учётом вклада от природных источников и позволяют отнести пос. Малое Голоустное и Листвянка к числу населённых пунктов, жители которых вследствие радиационного воздействия ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне получили суммарную дозу облучения более 25 сЗв (критерий Федерального закона №2-ФЗ).

#### **Биогеохимический отряд.**

1. Все задачи, предусмотренные в настоящем проекте в 2009 г., выполнены в полном объёме. Были отобраны пробы для изучения зависимости распределения СОЗов и элементного состава органического вещества в почвах Иркутской области, в почвах предполагаемого фонового района (Западное Прибайкалье) и на антропогенно-модифицированной территории (населённые пункты на берегах Ангарских водохранилищ в Братском, Черемховском, Усольском районах Иркутской области). Кроме того, отобраны пробы биотических и абиотических объектов окружающей среды с целью оценки потенциального риска здоровью населения, проживающему в посёлках и промышленных городах Иркутской области от воздействия СОЗ.

За время проведения экспедиции было отобрано около 300 проб для анализа СОЗ и макрокомпонентов органического вещества, в том числе проб почв в населённых пунктах, расположенных в Западном Прибайкалье, на берегах Ангарских водохранилищ, продукты питания животного происхождения, произведённых в Братском, Черемховском, Усольском, Иркутском,

Ольхонском и Балаганском районах, рыба, выловленная из Ангарских водохранилищ и оз. Байкал, а также грудное молоко жительниц исследуемых районов области.

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 %, фосфора - от 0.001 до 0,08 %. Пониженные величины весовых соотношений C:N (4-9) и C: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 почвы ниже ПДК, установленных в России и в других странах. Исключение составляют почвы промышленных городов Усолье-Сибирское и Братск, где обнаружено превышение ПДК ПХБ и ПХДД/Ф. Конгенерный состав ПХБ в Усолье-Сибирском и Братске близок к составу технической смеси ПХБ (соволу) с некоторым отклонением в Усолье-Сибирском, где дополнительным источником образования ПХБ являются процессы хлорорганического синтеза.

Суточная доза (СД) СОЗ, поступающая с частицами почвы, различается по районам изученной территории. Наибольший риск здоровью населения от воздействия индикаторных конгенов ПХБ, содержащихся в почвах, получен для жителей г. Усолья-Сибирского и Братска. Наименьший – для жителей населенных пунктов на побережье среднего и северного Байкала. Разница между максимальными и минимальными значениями дополнительного канцерогенного риска при данных условиях достигает 830 раз.

2. В 2009 году также было продолжено изучение распределения СОЗов в рыбах Ангарских водохранилищ и оз. Байкал и на основе полученных данных оценен риск здоровью населения от их воздействия при потреблении рыбы. Полученные данные свидетельствуют о некотором снижении уровней концентраций хлорорганических пестицидов в рыбах Малого Моря оз. Байкал. С другой стороны, отмечается увеличение величин транс-нонахлора, наиболее устойчивого в живых организмах компонента хлордана. Необходимо продолжение наблюдений временных трендов СОЗ в рыбах водоемов Байкальского региона. Наибольший риск здоровью населения представляет рыба, выловленная ниже сброса сточных вод предприятий Усолья-Сибирского и Усть-Илимска, а также в некоторых районах Байкала. Индекс опасности (возникновения неканцерогенных заболеваний), 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., 2009). Критическими органами и системами при воздействии СОЗ являются ЦНС, иммунная и эндокринная системы, печень. СОЗ также влияют на развитие. ИО больше 1 предполагает возможность нарушений функционирования этих органов и систем.

### **Микробиологический отряд.**

Исследование биогеохимических процессов, связанных с деятельностью микроорганизмов в районе антропогенного влияния имеет большое для выявления их роли в деструкции органического вещества, поступающего в экосистему озера. Моделирование этих процессов, в последние десятилетия заняли одно из ведущих мест в науках о Жизни и Земле. Именно микроорганизмам принадлежит основная роль в деструкции органического вещества, минералов и горных пород. Особенно это касается гидросферы.

В настоящее время, в результате социальной перестройки, имеет место массовая застройка берега Байкала гостиницами, саунами, ресторанами и т.д., несмотря на то, что поселок до сих пор не имеет очистных сооружений. В отобранных пробах воды озера Байкал проведен микробиологический анализ, а также выделены бактериальные штаммы культур микроорганизмов.

По полученным результатам микробиологического анализа, можно отметить, что в 2009 года, в литоральной зоне озера, испытывающей антропогенное влияние существенных изменений по сравнению с 2008 г. не произошло. Сравнивая полученные результаты с 2002 г., можно отметить некоторые изменения.

На водозаборе (т. № 1), количество хемоорганотрофных бактерий варьировало от десятков до тысячи клеток/мл, ОМЧ составляло десятки кл/мл. В истоке р. Ангары, максимальное количество хемоорганотрофов отмечено в августе 2009 г. (3000 кл/мл), а общего микробного числа - в августе этого же года, максимальная величина коли-индекса отмечена осенью. В озере Байкал самая высокая

численность хемоорганотрофных бактерий зарегистрирована в т. Сенная, Пирс 7000 кл/мл в августе и сентябре месяце 2009 года, что в сравнении с 2002 годом в т. Банная–1200 кл/мл, более чем в 5 раз. Там же отмечено высокое микробное число и коли-индекса. Недалеко от этой точки отбора построена баня, стоки которой без очистки сливаются прямо в Байкал. Напротив Крестовки (т. № 4) величины ОМЧ несколько ниже, хотя коли-индекс в летний период достигал до 150 кл/л в 2002 году и 350 кл/л в 2009 году, что более чем в 2 раза выше в сравнении с 2002 годом. В осенний период численность хемоорганотрофных бактерий снизилась до десятков клеток в мл. Напротив Листвянской пристани (т. № 5) весной почти часто отмечены нулевые значения всех исследуемых групп бактерий. Летом количество хемоорганотрофных бактерий и ОМЧ достигало сотен кл/мл в 2002 году и тысяч кл/мл в 2009 году. Летом численность бактерий увеличивается, а в зимний и осенний периоды снижается.

Таким образом, в литоральной зоне озера, испытывающей антропогенное влияние, в некоторых точках в 2009 году возросло количество хемоорганотрофных бактерий более чем в 5 раз по сравнению с 2002 годом. Выделенные в 2009 г бактериальные штаммы находятся в стадии обработки. Проводятся экспериментальные исследования по выявлению штаммов бактерий на наличие ферментов рестриктаз, а также чувствительных к антибиотикам бактерий. Это позволит комплексно подойти к решению проблемы и сделать обоснованные прогнозы современного состояния водоема и оценить тенденции их изменения.

#### **Байкальский отряд.**

В июле – августе 2009 года Байкальским отрядом проведены экспедиционные работы на севере озера Хубсугул и на малых озерах Прибайкалья. Исследования проводились с использованием автотранспорта и маломерных судов.

В процессе полевых работ на озере Хубсугул было отобрано 15 образцов воды для изотопных исследований, а также 5 проб газа из мелководных газовых сипов.

В Прибайкалье опробована вода и осадочный метан в озерах Котокель, Духовое, Арангатуй и Бормашево. Кроме того, отобраны образцы воды из рек Селенга и Баргузин. В результате собрана коллекция из 20 проб воды и 6 образцов газа.

В настоящее время получены лишь данные об изотопном составе углерода и водорода метана. Анализ водных проб находится на стадии завершения.

Полученные изотопные данные свидетельствуют о том, что метан из мелководных газовых сипов севера Хубсугула имеет бактериальное происхождение ( $\delta^{13}\text{C} = -74.3 \text{‰} \div -76.5 \text{‰}$ ;  $\delta\text{D} = -240 \text{‰} \div -250 \text{‰}$ ). Аналогичные характеристики имеет метан, выделенный из осадков глубоководной части озера.

Метан, связанный с осадками исследованных малых озер Прибайкалья также имеет бактериальное происхождение.

#### **Методический отряд.**

Со 2 июля по 25 июля 2009 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 отбора, обработки проб геохимических съемок и подготовке их к анализу.

#### **Экспедиция «Хубсугул-бурение».**

Несмотря на то, что буровики “Landdrill” так и не смогли выполнить проходку запланированной 200 – метровой скважины (получено всего лишь 10-12 метров пригодного для исследований керна, остальное – смесь осадков со шламом), благодаря использованию группой Г.В.Калмычкова гравитационной трубки, удалось получить представительную коллекцию верхних частей (до 2 м) осадочного разреза, что позволяет продолжить изучение голоценовых и более древних осадков. Это позволит уточнить сравнительную литолого-геохимическую характеристику осадков

Хубсугула и Байкала, различия в строении и биоразнообразии их осадочных разрезов. Продолжены исследования по транспорту стойких органических загрязнителей (в воздухе и воде) Прихубсугулья.

**Руководитель проекта  
М.И. Кузьмин.**