

**ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ**  
**Федеральным государственным бюджетным**  
**учреждением науки Институтом геохимии им. А.П. Виноградова**  
**Сибирского отделения Российской академии наук**  
**комплексной геологической экспедиции РФФИ**

**Полученные в ходе проведения экспедиции 2015 г. результаты:**

**1) Геохимическая экспедиция (руководитель А.Б. Перепелов).**

На Мухор-Талинском месторождении перлита (Республика Бурятия) опробовано пять пробуренных в 2015 г. скважин по меловой вулканогенной толще. Эти скважины проходят через переслаивающуюся толщу трахитов и трахибазальтов мощностью до 300 м, которая подстилает покровы трахириолитов, вскрытых на современном эрозионном срезе несколькими карьерами. В карьерах изучены коренные выходы флюидалных кислых вулканитов, гидратированных обсидианов и перлитов. Эти породы не содержат видимых вкрапленников минералов. Трахиты и трахибазальты из скважин представлены раскристаллизованными разностями. В них содержатся фенокристы плагиоклаза и пироксена, которые будут использованы для изучения первичных расплавных и флюидных включений. Из скважин и карьеров отобрано более 100 проб и образцов пород. В бассейне р. Сольбельдер и верховье р. Балыктыг-Хем Сангиленского Нагорья (Тыва) изучено геологическое строение полигенных Быстринско-Каргинского и Дахунурского гранитных массивов, с которыми пространственно ассоциированы обогащенные Li, Cs, Ta редкометальные пегматиты Сольбельдерского поля; уточнены их геологические взаимоотношения с распространенными в этом же районе щелочными породами (габброидами, сиенитами). В бассейне р. Церигийн-Гол (Качикское поле редкометальных пегматитов) и р. Ары-Булак изучены несколько небольших гранитных массивов, к которым приурочены пегматиты, обогащенные Be. На основе структурно-минералогических признаков во всех этих массивах выявлены различные типы гранитоидов и отобраны их представительные пробы для дальнейшего изучения состава, уточнения геохимического типа, рудного потенциала, а также для определения изотопными методами их возраста и возможных источников вещества. На примере нескольких пегматитовых полей Центрального и Южного Сангилена мы ожидаем собрать доказательства, подтверждающие тесную корреляцию проявлений редкометальных пегматитов различной специализации с эволюцией предшествовавшего им гранитоидного магматизма. Полученные результаты исследований после их анализа и обобщения будут направлены для публикации в журналы «Доклады АН», «Геология и геофизика» или «Геология рудных месторождений». Полученные в ходе экспедиционных работ новые материалы по интрузивным породам Прибайкалья (Приольхонье и о.Ольхон) позволяют в более полном объеме рассмотреть геохимические особенности разновозрастных гранитоидов, формирующихся в условиях различных геодинамических обстановок. В конечном итоге это дает возможность, применяя изотопно-геохимические методы исследований, разработать сравнительные геолого-геохимические индикаторы, отражающие коллизионные, внутриплитные и субдукционные обстановки формирования разновозрастных гранитоидов Прибайкалья, и оценить их потенциальную рудоносность. Проведены полевые работы по геологическому изучению и опробованию:

1) двух возрастных групп раннедокембрийских (архейских и палеопротерозойских) гранитоидов, а также вмещающих их метаморфических пород в китойском и шарыжалгайском гранулитовых комплексах, Онотском зеленокаменном поясе Восточного Саяна;

2) интрузивных посткинematических познеколлизионных гранитоидов саянского и шумихинского комплексов;

3) ультраметаморфических гранитоидов и высококалийевых метавулканических пород в шарыжалгайском и китойском комплексах.

Во время полевого сезона 2015 года, для решения поставленных ранее задач было отобрано порядка 110 проб для проведения геохимических, петрологических и изотопно-геохронологических исследований. В китойском комплексе были обнаружены редчайшие в докембрии породы обогащенные калием, магнием, LREE, Zr – камафиты. В шарыжалгайском комплексе открыты крупное проявление турмалиновой минерализации - турмалиновые граниты и пегматиты, метасоматиты, мономинеральные турмалиниты, кварц-турмалиновые жилы; прожилковое и вкрапленное сульфидное оруденение. Выполненные работы позволят: конкретизировать сходства и различия архейских и палеопротерозойских гранитоидов разного генезиса (интрузивных пост- и позднекинематических, ультраметаморфических, анатектических, реоморфических); обосновать круг ультраметаморфических гранитоидов в метаморфических комплексах различного возраста и состава, механизмы зарождения магм и критерии различий между ними. Будут конкретизированы геологические, петрогеохимические, минералогические особенности редчайших в природе высококалийевых метавулканических известково-щелочной серии, открытых камафитов и определить их роль в формировании гранитно-метаморфического слоя в Сибирском кратоне. Будут проведены корреляции гранитного магматизма в разных блоках Сибирского кратона и определена специфика борного и сульфидного оруденения. Проведено изучение и опробование неогенового лавового плато в междуречье р. Их-Хороо-гол и истоков р. Ока в Восточном Саяне. В строении плато установлены центры извержений, реконструированы направления движения лав, обнаружены дискретные по составам типы базальтоидов – гавайиты, базаниты. В завершение работ получены первые петрографические и петрохимические данные по этому ранее не исследованному вулканическому ареалу.

## **2) Магматическая экспедиция (руководитель А.Я. Медведев).**

Проведены экспедиционные работы на ультрабазит-базитовых массивах выступов фундамента Сибирского кратона для выяснения закономерностей размещения сульфидного оруденения. Были изучены Заминская и Зундукская пикритовых интрузии (Приморский выступ фундамента Сибирского кратона, Западное Прибайкалье), на которых ранее не проводились детальные работы, будут собраны коллекции образцов и геохимических проб по породам и рудам, установлен характер взаимоотношений пород массивов с вмещающей толщей. В 2015 году проведена оценка геологических и вещественных характеристик типовых вулканических ассоциаций Минусинского прогиба и его обрамления на примере Катюшкинского, Кошкулакского палеовулканов и Батеневского поднятия. Катюшкинский палеовулкан сохранился на правом берегу р. Сон к востоку от дер. Катюшкино [Перфилова и др., 2004] и занимает площадь около 17 км<sup>2</sup>. Конус вулкана в значительной степени эродирован и его останцы сохранились лишь в виде дугообразных хребтов высотой в первые сотни метров. В пределах этих хребтов вулканическая толща (общая мощность 225 м) имеет пологое (5-10?) периклинальное падение. Состав нижней части разреза толщи определяют базальты и андезибазальты, выше сосредоточены трахиандезиты и трахидациты. Жерловая часть, выраженная в современном рельефе в виде котловины 2,5 x 1 км, заполненной рыхлыми четвертичными отложениями, по данным бурения сложена туфолавами, взрывными брекчиями и агломератовыми туфами преимущественно трахит-трахидацитового состава. Субвулканические тела имеют ограниченное распространение и представлены дайками (протяженность - от нескольких метров до нескольких сотен метров) долеритов и микросиенитов, которые чаще всего выполняют радиальные трещины, а также пластовым телом сиенит-порфиоров. Возраст последних определен U-Pb методом по циркону и соответствует  $475,6 \pm 1,8$  млн лет [Воронцов и др., 2016 в печати]. Кошкулакский палеовулкан расположен в 15 км к западу от п. Шири и, в отличие от Катюшкинского, сохранился хуже. Его очертания имеют кольцевую форму и контролируются расположением вершин гор Б. и М. Кошкулак, на юго-западных склонах которых сохранились фрагменты дифференцированной вулканической толщи с размытом налегающей на кембрийские отложения. В основании разреза толщи (мощность 440 м) преобладают базальты, андезибазальты и их туфы. Выше они сменяются андезитами. Завершают разрез порфиоровые трахиты с флюидалной текстурой. Вулканические прорваны редкими крутопадающими телами, сложенными взрывными брекчиями,

микросиенитами и сиенит-порфирами. На северо-восточных флангах палеовулкана эффузивы отсутствуют, а на дневную поверхность выведены гипабиссальные сиениты и граносиениты, слагающие серию массивов, наиболее крупным из которых является Колодзюльский (около 13 км<sup>2</sup>). Возраст формирования магматической ассоциации палеовулкана оценивался на основе Rb-Sr и K-Ar методов датирования и отвечает интервалу 464 - 446 млн лет [Перфилова и др., 2004]. Вулканогенно-осадочное поле восточного фланга Батеневского поднятия занимает площадь более 600 км<sup>2</sup>. Вулканическая толща, описанная Е.А. Шнейдером и Б.М. Зубкус [Стратиграфический словарь СССР, 1975], представляет собой гомодромную дифференцированную серию пород, которая с угловым несогласием залегает на кембро-ордовикском фундаменте, представленном серыми кремнистыми сланцами и метаморфизованными известняками и перекрывается с признаками перерыва осадками живетского яруса. По восточной границе она отделена от пород фундамента разломом. Нижние части разрезов толщи представлены покровами афировых стекловатых и мелкозернистых трахибазальтов и андезибазальтов, перемежающихся с пачками их туфов, туфобрекчий и туфолав, песчаников, конгломератов, алевролитов, реже известняков с растительными остатками. Мощность отдельных покровов, которые четко прослеживаются в виде куэст, варьирует в пределах 5-15 м. В средней части толщи наряду с трахибазальтами сосредоточены выдержанные по простиранию покровы трахиандезитов и редкие покровы порфировых трахитов (5-20 м). Среди них иногда встречаются маломощные (0,5 - 2 м) прослойки красноцветных песчаников, алевролитов и известняков. В северной и центральной частях вулканического поля риолиты венчают разрезы, образуя субгоризонтально залегающие покровы на водоразделах ручьев. На восточном фланге наблюдается нарушение гомодромности, так как риолитовые покровы, ассоциирующие с экструзивными телами трахидацитов, надстраиваются покровами андезибазальтов. На разных стратиграфических уровнях распространены силлы и дайки долеритов, которые хорошо отпрепарированы в береговых обнажениях Красноярского водохранилища. Суммарная мощность толщи достигает 1500 м. Девонский возраст [Воронцов и др., 2015] магматической ассоциации на Батеневском поднятии получен Ar40-Ar39 методом для плагиоклазов андезибазальтов ( $407.9 \pm 4.8$  млн лет) и долеритов ( $390.9 \pm 7.5$  млн лет), что подтверждает сделанные ранее оценки возраста по находками псилофитовой флоры в осадочных прослоях. Установлено, что ордовикские и девонские ассоциации по набору пород и последовательности их образования проявляют ярко выраженное сходство и, в то же время, каждая из них обладает характерными особенностями. Сходство заключается, прежде всего, в том, что они являются дифференцированными по составу слагающих их вулканитов: в основаниях разрезов сосредоточены базальты и андезибазальты, которые выше сменяются трахиандезитами, затем трахитами и трахидацитами-трахириолитами. Базальты обладают, как правило, порфировой структурой. Вкрапленники в них представлены оливином, слаботитанистым авгитом и лабрадором. Основная масса характеризуется гиалопилитовой, реже витрофировой структурой и сложена вулканическим стеклом, мелкими зернами клинопироксена, плагиоклаза, магнетита и иголками апатита. В отдельных разрезах покровы базальтов появляются и среди кислых вулканитов (контрастные фрагменты), нарушая общую гомодромную последовательность. Однако, объемы таких фрагментов, исходя из оценки площади их выходов, в несколько раз меньше, чем объемы вулканитов дифференцированного состава. Андезибазальты и трахиандезиты обладают сериально-порфировидной структурой. Вкрапленники представлены авгитом и зональным плагиоклазом (в ядре – андезин, по периферии – олигоклаз), реже щелочным полевым шпатом с пертитовым строением. Основная масса имеет трахитоидную текстуру и состоит из вулканического стекла, в котором различимы мелкие кристаллы плагиоклаза, клинопироксена, амфибола, биотита и рудных минералов. Трахиты обладают сериально-порфировидной структурой, содержат крупные (до 10 мм) вкрапленники щелочного полевого шпата с пертитовым строением, микровкрапленники гиперстена и диопсида, реже кварца и зонального андезин-олигоклаза. Основная масса состоит из зерен щелочного полевого шпата неправильной формы, измененных темноцветных минералов, микролитов кислого плагиоклаза (An10-12) и рудных минералов, в мельчайших промежутках между которыми присутствует кварц и буровато-коричневое стекло. Количество кварца в трахитах незначительно, в то время как в трахидацитах и риолитах он является обычным минералом. В последних наряду с кварцем всегда присутствует щелочной полевой шпат, иногда отмечаются единичные зерна

олигоклаза. Эти породы характеризуются, как правило, порфировой структурой и флюидальной, реже массивной текстурами. Основная масса имеет фельзитовую, реже микросферолитовую структуры и содержит участки с микрографическими сростками кварца и щелочного полевого шпата, погруженными в стекловатый базис. Отличительной чертой ордовикских ассоциаций является более высокая степень зеленокаменного изменения пород основного-среднего составов. Это изменение выражено в равномерной грязно-зеленой их окраске за счет образования серпентина, талька, хлорита и вторичного магнетита по оливины и хлоритизации авгита. Другой особенностью этих ассоциаций является развитие одиночных палеовулканов, а также повсеместное присутствие в вулканических разрезах жерловых пирокластических образований (туфолов, спекшихся туфов и туфоигнимбритов). В них наблюдаются стекловатые уплощенные обломки с характерными зазубренными краями (фьямме), редкие обломки кварца и полевых шпатов, а также мелкие пепловые частицы рогульчатой формы, неравномерно распределенные в стекловатой матрице. Темноцветные минералы в этих породах часто замещены оксидами железа. В этих ассоциациях также широко распространены субвулканические тела (дайки, некки, штоки, лакколиты и пластовые интрузии) сиенитоидов и габброидов с зональностью по структуре и составу от центра к периферии.

### **3) Мурунская экспедиция (руководитель Н.В. Владыкин).**

Совместно с отрядом ИГМ СО РАН, на их транспорте проведены полевые работы на щелочных массивах Центрального Алдана. Проведено геохимическое опробование сиенитов и щелочных гранитов Ыллымахского массива. Прослежена зональность перехода пород при процессе дифференциации от сиенитов, через кварцевые сиениты к щелочным гранитам (70% SiO<sub>2</sub>) и затем к аномально кремниевым щелочным гранитам (89% SiO<sub>2</sub>) до полностью кварцевых пород. Проведено геохимическое опробование новых карьеров и пробуренных скважин на Рябиновом массиве – сиенитов, оливиновых и лейцитовых лампроитов и щелочных гранитов. Выяснены фациальные переходы между различными лампроитами. На Инаглинском массиве опробованы редкометальные пегматиты, оливиновые шонкиниты и различные сиениты. Обнаружено недавно вскрытое обнажение биотитовых пироксенитов. Итого, с объектов Центрального Алдана привезено 150 геохимических проб. В Северном Прибайкалье найдены и опробованы выходы нефелиновых сиенитов. При просмотре шлифов оказалось, что сиениты ангаитовые с редкометальными минералами – арфведсонитом и астрофиллитом, чего не было известно ранее. Обследован район речки Горемыка в р-не с. Байкальское, где в 50-х годах были обнаружены кальцитовые жилы, которые могут быть карбонатитами. К сожалению, за 60 лет в этом районе все заросло лесом и обнаружить жилы нам не удалось. Точной привязки нет. В Прибайкалье взято 20 геохимических проб. В Восточном Саяне на Зашихинском месторождении доопробованы рудоносные щелочные граниты. Взято 18 проб штуфных и 5 больших (20 кг). Совместно с отрядом ИГиГД РАН (С-Петербург) на их транспорте опробованы сиениты и карбонатиты Кольской провинции, на предмет формационного разделения карбонатитов на основе геохимических данных. Посещены и опробованы массивы: Ковдорский, Африканда, Нива, Хибины и Ловозеро. Собраны образцы для музея Щелочных пород. Собрано 70 геохимических проб и 50 музейных образцов.

### **4) Изотопная экспедиция (руководитель С.И. Дриль).**

В пределах Южно-Муйского метаморфического блока выявлен ряд контрастных типа высокобарических метабазитов. Детальные минералого-геохимические исследования показали, что протолитом для гранат-клинопироксен-плаггиоклаз-калишпат-кварцевых мафических гранулитов (пиковые условия метаморфизма 10 кбар и 750°C) являлись дифференциаты внутриплитных базитов умеренно-щелочного до щелочного типа и обогащенные пироксеном деплетированные породы толеитовой серии вероятно нижнекорового происхождения. Возраст метаморфизма по данным LA-ICP-MS U-Pb датирования цирконов составляет 630 млн. лет и соответствует переходу от субдукции океанического типа к субдукции континентальной коры в восточной части БМП. Предполагаемый возраст базитового магматизма (720 млн. лет) вероятно соответствует активности горячей точки под литосферой региона, которая предполагается по данным изучения кислых вулканитов жанокского комплекса того же возраста. В районе западной границы блока установлены два контрастных типа метабазитов, ранее описанных как ассоциация

альпинотипных перидотитов и эклогитов (Грудинин и Меньшагин, 1988). Детальные исследования позволили установить, что указанные породы являются продуктом метаморфизма фрагментов единой расслоенной ультрабазит-базитовой серии. Протолитом «перидотитов» выступали обогащенные оливином и плагиоклазом кумуляты, тогда как эклогитоподобные породы сформированы по породам типа лейкогаббро. Таким образом, установлено, что описанной ранее ассоциации пород в регионе не существует, однако стадия эклогитового метаморфизма фиксируется по включениям богатого жадеитовым миналом клинопироксена в реакционно гранате и клинопироксену с эксклюзионными структурами плагиоклаза, в котором реконструируются высокие содержания жадеита и чермакита. Минералого-геохимические особенности пород и параметры метаморфизма (не менее 800°C и 15 кбар) указывают на то, что дифференцированный базитовый расплав кристаллизовался в нижне- или среднекоровых условиях, способствуя содержанию Al в пироксене, после чего породы были погружены на уровень границы Мохо и частично эклогитизированы в результате коллизии и утолщения коры во время аккреции островодужного Келяно-Ирокиндинского террейна к Муйскому блоку. Впервые на основе данных по Sr-Nd изотопной систематике пород шошонит-латитовой и трахибазальтовой серий Восточного Забайкалья выяснено, что формирование первых протекало при участии изотопно умеренно-обогащенного мантийного источника с последующей контаминацией расплавов коровым веществом, сопоставимым с составом фанерозойской континентальной коры региона. Породы трахибазальтовой серии обнаруживают генетическую связь не только с умеренно-обогащенным, но и с деплетированным мантийным источником вещества. Степень контаминации этих магматических образований коровым веществом меньше, чем в породах шошонит-латитовой серии. Вариации изотопного состава свинца в породах шошонит-латитовой и трахибазальтовой серий Восточного Забайкалья намечают линию смешения между мантийно-коровым ( $\mu^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ) и коровым «Ороген» ( $\mu^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ) компонентами, причем породы первой серии существенно обогащены коровым веществом по сравнению трахибазальтами. Показано, что полиметаллические месторождения Аргунского террейна характеризуются гетерогенным изотопным составом рудного Pb, сформированным при участии корового источника типа «Ороген» ( $\mu^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ) и менее радиогенного мантийно-корового источника ( $\mu^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ). Коровый источник является преобладающим и для каждого конкретного месторождения состав его можно считать гомогенным. Для Акатуевского полиметаллического месторождения выявлена близость изотопного состава свинца галенитов руд и монзонитов главной фазы Акатуевского массива, что может служить указанием на их тесную генетическую связь. Выяснено, что кварц-золоторудные месторождения характеризуются значительными вариациями изотопного состава рудного Pb, что определяется возможным сочетанием трех источников вещества: 1) корового типа «Ороген» ( $\mu^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ), 2) «палеозойского» корового ( $\mu^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ) и 3) мантийно-корового ( $\mu^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ). Изотопный состав свинца коровых компонентов обнаруживает связь с типом и возрастом корового субстрата, вмещающего конкретные рудно-магматические системы. Неопротерозойская кора Аргунского террейна близка по своим изотопным характеристикам к источнику типа «Ороген». Палеозойская кора Ононского террейна аккреционного клина представляет собой менее радиогенный коровый источник вещества.

## **5) Рудно-геохимическая экспедиция (руководитель А.М. Спиридонов).**

Для завершения ранее проводимых работ был выполнен анализ имеющихся литературных и авторских минералогических, геохимических, термобарогеохимических и изотопных данных по модельным объектам Забайкалья с целью уточнения их генетических особенностей. Модельным объектом экспедиционных работ выбран Карийский рудный узел. Первые полученные данные позволяют сделать ряд выводов. Полевыми наблюдениями этого года установлен переход так называемых архейских гнейсо-гранитов и кристаллических сланцев в слабо филлитизированные терригенные отложения поздней юры, ранее закартированные как грабенообразные впадины среди докембрийских пород. Анализ соотношения таких метаморфитов с гранитами Кара-Чачинского массива показал, что основу Карийского рудного узла составляют производные гранитно-метаморфического купола, подобно Нерчинским куполам, описанным ранее в Нерчинско-Заводском районе. Руды раннего этапа тесно связаны с гранитоидами Кара-Чачинского массива, имеющими корово-мантийные метки, а второго – ассоциируют с дайками имеющими мантийные метки. Ареал турмалин-содержащих комплексных полиметалльных (Au-

As-Bi-Sb) месторождений оказался тесно сопряженным с ареалом субщелочных гранитоидов амуджиканской серии и даек гибридных порфиров, нередко содержащих турмалиновые миндалины (Карийское месторождение). По первым полученным результатам, установлено сходство в распределении редкоземельных элементов в дайке грорудитов, прорывающих кварц-турмалиновые метасоматиты на участке Новинка и позднеюрских эффузивов северного фланга Карийского месторождения, при существенном различии в концентрациях таких элементов как V, Sr, Ba, Be, Nb, Ta, Sn, Mo, W, Ge, Th, U. Установлено, что в высокотемпературных магнетит-калишпат-актинолитовых рудах проявлена комплексная минерализация, характерная для золоторудных тел других участков месторождения, где она играет определяющую роль в турмалин-кварцевых рудах. Эта минерализация представлена: молибдошеелитом, ассоциацией минералов висмута, высокопробным самородным золотом и очень редким арсенопиритом. Повышенная молибденоносность шеелита в золоторудном объекте, по всей видимости, отражает золото-молибденовый металлогенический профиль Забайкальского сектора Монголо-Охотского орогенного пояса, а высокие концентрации стронция типоморфны для шеелита типичных орогенных золото-кварцевых месторождений. Магнетит часто содержит примесь ванадия (до 2%), что можно считать дополнительным свидетельством мантийного влияния на процесс рудообразования. Изучение оруденения показало, что руды Карийского месторождения сформировались в два этапа, разделенные внедрением даек грорудитов и гибридных порфиров. Ранний этап представлен магнетит-калишпат-актинолитовыми рудами участка Новинка и турмалин-сульфидно-кварцевыми рудами участка Дмитриевка, а поздний – золотоносными сульфидно-кварцевыми и кварцевыми с карбонатом прожилками участка дайки Амурской. Полученные в ходе проведения полевых работ материалы будут далее использованы для изучения минерального и геохимического состава руд, их типизации, выявления элементов-индикаторов оруденения, исследования форм нахождения золота, серебра и сопутствующих компонентов в рудах и ореолах, что позволит обобщить полученные данные. В ходе выполнения работ, были получены новые данные о минералого-геохимических особенностях золотого и уранового оруденения в пределах палеопротерозойских выходов Чуйского, Тонодского и Нечерского поднятий, а так же Кодаро-Удоканской зоны. Выявлены закономерности распределения благороднометалльной и радиоактивной минерализации и связь с углеродистым веществом в пределах Амандракского, Кевактинского и Ничатского рудных узлов, а так же кевактинской и кодарской серий, являющихся наиболее рудопродуктивными на исследуемой территории. Полученные петрохимические и геохимические данные подтверждают предположение о том, что углеродистые отложения кевактинской серии, имеющих значительное распространение в пределах древних поднятий юга Сибирской платформы, регионально выделяются сидерохалькофильной и литофильной (Th, U) специализацией с повышенными содержаниями мафических петрогенных элементов и ряда халькофильных металлов (W, Cu, Ni, Zn, Pb, Au, Ag). Такая геохимическая специализация может быть следствием того, что в бассейн осадконакопления на стадии седиментации в условиях рифтогенеза и последующей инверсии геодинамической ситуации к коллизии алданского и анабарского блоков, в зоне спрединговых трансформаций поступали термальные воды и влияли на формирование геохимической специализации осадков. Последующие процессы вероятнее всего приводили к дифференциации литофильного и сидерофильного вещества, в результате чего максимальное количество эндогенных месторождений связано с гранитизацией, а золоторудных и золото-урановых с черносланцевыми отложениями кевактинской серии. Детальное изучение отложений внутреннего Байкало-Патомского бассейна с акцентом на месторождение Красное, подтвердило, что продуктивным на благороднометалльное оруденение является дальнетайгинский горизонт, имеющий площадное распространение. Сопоставление органического вещества рудных зон месторождения Красное и Сухой Лог, показали единый источник углерода, а соответственно и рудного вещества, предположительно относящийся к дальнетайгинской серии. В Восточном Саяне проведено обследование ряда выходов пластовых тел кварцитов в пределах месторождения Бурал-Сарьдаг. Кроме достаточно хорошо изученного Северного участка были выделены Северовосточный, Северозападный, Западный, Южный и расположенный на удалении около 5 км от Северовосточного, отделенный от месторождения достаточно широким промежутком, участок Кварцитовая горка. Все выходы характеризуются сходным строением, при

котором в верхах разреза расположены более крупнозернистые осветленные разновидности кварцитов, которые постепенно сменяются мелкозернистыми и более темными кварцитами. На некоторых участках (Северовосточном, западном склоне Южного и Кварцитовой горке) были обнаружены выходы «суперкварцитов» в виде линз и прослоев среди светло-серых и белых мелкозернистых кварцитов. «Суперкварциты» - весьма редкая по химической чистоте (содержание элементов-примесей в валовых пробах менее 100 ppm, а в крупке ~10-15 ppm), мономинеральная разновидность кварцитов, характеризующаяся порфирированной текстурой и грубо-неравномерной зернистой структурой, где среди мелкозернистой (менее 0,5 мм) массы зерен кварца выделяются более крупные (до 2-4 мм и более) субпараллельные удлиненные зерна кварца. Падение тел «суперкварцитов» имеет небольшой угол (3-150) падения в направлении на север-северо-запад (аз. пад. 330-350 СЗ). Вся толща кварцитов подстилается маломощным (первые метры) прослоем песчаников, который постепенно с глубиной сменяется известняками. Кроме того, низах разреза хребта Бурал-Сарьдаг картируется выход углисто-кремнистых сланцев смятых в тонкие складки. Выходы известняков обнаружены как с западной, так и с восточной стороны хребта Бурал-Сарьдаг, но на разных гипсометрических уровнях, что указывает на падение все толщи кварцитов также в северо-западных румбах. Толща известняков и кварцитов лежит на гранитогнейсах Гарганской глыбы, и прорывается интрузивами сумсунурского и барунхолбинского комплексов. На контакте известняков с маломощными интрузивными телами основного состава к западу от вершины г. Бурал-Сарьдаг скарнирования пород не выявлено, а к востоку обломки скарноподобных пород обнаружены в делювии хребта. К западу от месторождения Бурал-Сарьдаг вблизи с контактом гранодиоритов на белых мелкозернистых кварцитах появляются пятна и разводы сливного кварца, что указывает на воздействие интрузива на толщу. Сравнительный анализ данных по различным участкам хребта Бурал-Сарьдаг указывает на то, что кварциты представляли собой единый достаточно мощный пласт простирающийся с юго-запада на северо-восток, который испытал дробление и перемещение отдельных разномасштабных блоков как вертикальном, так и в горизонтальном направлениях. По предварительным данным кварциты в пределах хребта Бурал-Сарьдаг характеризуются относительно ровным составом («суперкварциты» <200 ppm, мелкозернистые <400 ppm) с небольшими повышениями содержания петрогенных и редких элементов в приразломных и приконтактных зонах. Полученные материалы в настоящий момент используются для дальнейших исследований геохимического и минералого-петрографического состава пород. Особо чистые материалы проходят стадию пробоподготовки исключаящую техногенное заражение.

#### **б) Экологическая экспедиция (руководитель М.В. Пастухов).**

В 2015 г. проведены комплексные эколого-геохимические экспедиционные работы на водоемах Байкало-Ангарской водной системы – оз. Байкал (Южная котловина), Иркутском и Братском водохранилищах. По широкой сетке произведен отбор проб абиотических (воды, донных осадков, поровых вод, взвеси) и биотических (фито- и зоопланктон, бентос, водные растения, рыба и нерпа) компонентов водных экосистем. Химиико-аналитические и биологические данные, полученные на представительном материале (98 проб воды, 275 проб донных осадков из 24 кернов, 512 проб биоты) послужит основой для выявления особенностей и определения закономерностей поведения макро- и микроэлементов в исследуемых водоемах. А также, выделить источники природного и техногенного поступления химических элементов, зоны и протяженность их рассеивания. Изучен основной комплексный геохимический барьер Братского водохранилища. Произведено опробование донных отложений по сетке с шагом 250 м. Полученные 32 керна разобраны и описаны, пробы прошли пробоподготовку и находятся на химическом анализе. Также, в этом районе выполнен отбор проб поверхностных и поровых вод, планктона и рыб. Полученные по результатам аналитических работ данные, позволят установить объемы накопленных в донных осадках токсичных элементов, определить буферизирующую роль геохимического барьера для элементов экотоксикантов и сделать заключение о степени вторичного загрязнения водной среды. Проведена снего-геохимическая съемка на 24 опорных станциях Прибайкалья. Основное внимание было уделено опробованию снегового покрова техногенных территорий, в первую очередь, района воздействия химического комбината «Усольехимпром». Полученные новые аналитические результаты по снеговой воде и твердому

осадку снега, позволяют сделать вывод, что даже в период приостановки деятельности этого комбината эмиссия таких поллютантов как Hg, Cd, Pb на прилегающие территории продолжается в значительных масштабах. Пространственный атмосферный перенос этих токсичных элементов от источника загрязнения имеет локальный характер – в радиусе нескольких километров. В то же время, в период снеготаяния существует большая вероятность их миграции с тальми водами в р. Ангара. Произведен отбор проб техногенных почв и 10 видов дикорастущих растений на 20 станциях, расположенных по удалению от источников загрязнения в г. Свирск (металлургический завод) и г. Зима (химический комбинат «Саянхимпласт»). Результаты химического анализа отобранных проб позволят дать общую характеристику распределения As, Pb, Hg, Cd, Zn, Fe, Au, P, Si в исследуемых почвах и степени аккумуляции этих элементов разными видами дикорастущих растений. По результатам экспериментальных работ на отобранном почвенном материале будут получены новые комплексные данные, характеризующие биогеохимические процессы, связанные с влиянием ризосферных бактерий *Bacillus megaterium* var. *Phosphaticum* и *Bacillus mucilaginosus* на мобилизацию и иммобилизацию тяжелых металлов, включая Au, As и биофильные элементы в системе почва-растение. Получены новые данные о влиянии биопрепаратов на морфологические особенности растений при различной степени загрязнения почв мышьяком и тяжелыми металлами. Изучены особенности морфологических и физиологических характеристик у ризосферных бактерий при высоких концентрациях мышьяка и тяжелых металлов в почве и – толерантность ризобактерий к этой группе ксенобиотиков. Полученные результаты могут иметь большое значение не только в фундаментальном плане, но и для разработки новых биотехнологий, которые могут быть использованы при ремедиации почв и в растениеводстве.

#### **7) Тельменская экспедиция (руководитель К.В. Чудненко).**

По результатам экспедиционных работ 2015 г. отобрано 5 кернов донных отложений и 10 проб термальных вод соленых озер долины р. Баргузин, произведен отбор 38 снеговых проб в Иркутско-Шелеховском промышленном районе, 8 режимных проб дождя, в непосредственной близости к ИркАз, 24 пробы поверхностных вод рек Олха, Иркут, и Шелеховских карьеров, 14 проб почв долин в пойме рек Олха и Иркут. Проведены описания, почвенных разрезов в районе поселка Олха. Весь собранный в полевой период полевой материал прошел подготовительную обработку и проанализирован методами РФА и ISP MS. Пробы разделены по особенностям химического и минералогического состава. В результате проведения весенней снеговой съемки в Шелеховском промышленном районе был составлен план полевых работ на летний период, согласно которому выбраны точки отбора проб поверхностных вод и почв, с целью выявления зон концентрирования техногенных элементов. Эти исследования позволили определить спектр техногенных элементов в газопылевых выбросах и формы их существования во всех природных средах. Установлено, что твердый осадок снега в районе подверженном техногенной нагрузке представлен частицами как техногенного (65 %) ток и происхождения (35 %). Природные частицы это – кварц, альбит, доломит, глинистые минералы, техногенные частицы – корунд, муллит, магнетит, гиперстен флюорит фторид алюминия, гематит. Частицы техногенного происхождения существенно обогащены Zn, Mn, Cr, S, Ni, Cu, As, Ba, F, Pb Al. Таким образом, минеральный состав пылеаэрозолей позволил установить геохимическую специфику промышленных выбросов, и позволяют установить степень техногенной нагрузки. Собранный за полевой период 2015 года материал дает общее представление о вещественном составе техногенных аэрозолей и закономерностях их перераспределения между природными средами. С помощью физико-химических моделей определены формы существования токсичных элементов в природных водах и газопылевых выбросах. С помощью ГИС-технологий, получено статистически достоверное представление о распределении техногенной нагрузки. Наиболее загрязненными этими компонентами является промзона ИркАз, и жилые кварталы южной части г. Шелехов. Техногенное воздействие, приводит к возрастанию минерализации снеговых вод до 80-180 мг/л, и общей массы пылеаэрозоли до 40 г/м<sup>2</sup>.

#### **8) Палеогеографическая экспедиция (руководитель Е.В. Безрукова).**

В районе оз. Котокель было отобрано 40 проб с поверхностями торфяников, которые будут использованы для калибровки фоссильных биостратиграфических образцов. Получены керны из



семи разрезов торфяных отложений мощностью от 0,7 м до 3,6 м (р-ны Посольского сора и пос. Кабанск, Энхалук, Турка, Усть-Баргузин). Полученные керны озерно-болотных отложений из слабо изученных или вообще на сегодняшний день не изученных в палеоэкологическом отношении районов, позволят детализировать и уточнить хронологию перестроек ландшафтно-климатической системы и геоморфологической обстановки бассейна оз. Байкал, обновить существующие климато-стратиграфические шкалы региона, внесут существенный вклад в реализацию ряда заданий и проектов, выполняемых в ИГХ СО РАН. За время проведения экспедиции было отобрано более 100 проб для анализа СО<sub>2</sub> и макрокомпонентов органического вещества, в том числе вода, донные отложения, биота (планктон) и атмосферный воздух методом пассивного пробоотбора на опорных станциях вдоль р. Ангары и Ангарских водохранилищ для целей исследования влияния биогеохимических факторов на распределение СО<sub>2</sub> в искусственно-созданных водоемах. За полевой сезон 2015 года были получены пробы атмосферного воздуха, которые позволят продлить ряд долговременных наблюдений сезонного распределения СО<sub>2</sub> в атмосферном воздухе опорных станций Восточной Сибири. Отбор и анализ проб воды, донных отложений и биоты (планктона) на опорных станциях в Иркутском, Братском, Усть-Илимском и Богучанском водохранилищах на содержание СО<sub>2</sub> и макрокомпонентов органического вещества позволит изучить влияние биогеохимических факторов на распределение СО<sub>2</sub> в искусственно-созданных водоемах. Полученные пробы в настоящее время частично или полностью подготовлены к анализу (донные отложения высушены и просеяны; пробы биоты лиофилизированы), частично проведены или начаты аналитические работы.

**Руководитель проекта,**

**В.С. Шацкий**