

Интеграционные проекты СО РАН, выполняемые совместно со сторонними организациями

№13. Магматизм границ скольжения литосферных плит: изотопно-геохимические характеристики, источники, особенности эволюции (координаторы к.г.-м.н. А.Б. Перепелов, к.г.-м.н. Н.Н. Крук) – руководитель блока к.г.-м.н. А.Б. Перепелов

Установлено, что геодинамическая обстановка раннеплиоценовых внутриплитных проявлений магматизма Западной Камчатки определяется прекращением олигоцен-раннемиоценовой субдукции океанической плиты Кула под континентальную окраину Камчатки и развитием процессов рифтогенеза вплоть до этапа формирования новой плиоцен-четвертичной субдукции Тихоокеанской океанической плиты. Стагнация субдукции определила возможность активизации плюмовых процессов в тыловой области континентального блока Камчатки и образование «slab-window». Формирование магм переходного IAB-WPB геохимического типа вызвано здесь процессами взаимодействия астеносферного вещества с веществом метасоматизированной надсубдукционной мантии. На примере позднеплиоцен-четвертичного Кекукнайского вулканического ареала показано, что магматизм островодужного геохимического типа сменяется во времени «внутриплитным» с образованием целой группы переходных по вещественным характеристикам пород. Модель смены геодинамических режимов и условий магмообразования в позднем плиоцене в тыловой зоне островодужной системы Камчатки также предполагает переход от стадии надсубдукционного развития к этапу задугового рифтогенеза. Причинами таких геодинамических трансформаций могло быть возникновение условий подъема вещества астеносферной мантии в связи с нарушением сплошности субдуцируемой литосферы.

№20. Эволюция метаморфизма и геодинамика развития орогенных поясов в обрамлении древних кратонов (на примере Урала, Енисейского кряжа и Джугджуро-Становой области) (координатор д.г.-м.н. И.И. Лиханов) – руководитель блока д.г.-м.н. К.В. Чудненко

На основе сопоставления экспериментальных данных по минеральным термобарометрам и минеральным равновесиям «гранат-биотит», «оливин-ортопироксен», «биотит-ортопироксен», «гранат-кордиерит», «гранат-ортопироксен», «гранат-клинопироксен», «гранат-хлорит», «клинопироксен-ортопироксен», распространенным в метаморфических породах, с расчетами по программному комплексу Селектор-С.

Сделан вывод о достаточной корректности принятых баз термодинамических данных и моделей минеральных твердых растворов, что является основой надежности петрологических выводов, получаемых на основе термодинамического моделирования.

№29. Гидротермальная и экзогенная благороднометалльная (PGE, Au, Ag) минерализация в Центрально-Азиатском, Уральском и Тихоокеанском складчатых поясах: сравнительный анализ, возрастные рубежи, физико-химические и геодинамические условия формирования, методы определения и научные основы извлечения (координатор г.-м.н. С.М. Жмодик) – руководитель блока д.г.-м.н. А.М. Спиридонов

Изучение геологических, петрографических и геохимических особенностей золоторудного месторождения Ветвистое, расположенного в зоне Сюльбанского разлома (Муйская структурно-формационная зона Байкальской горной области) позволяет сделать следующие выводы.

Формирование месторождения Ветвистое связано с внедрением Конкудеро-Мамаканского гранитоидного комплекса. Рудообразование проходило в условиях интенсивного сжатия на коллизионном этапе становления, в зоне тектонического контакта вулканогенно-осадочной толщи келянской свиты с черносланцевыми образованиями водораздельной свиты, имеющими сидерофильную специализацию. Сочетание двух специализированных толщ в зоне интенсивных тектонических дислокаций явилось причиной формирования протяжённой зоны золотого оруденения.

Сюльбанский разлом превратился в мощную зону тектонического меланжа, по которой проявились процессы метасоматической проработки пород и рудообразования. Раздвиг зоны меланжа является наиболее благоприятной средой для локализации золоторудной минерализации и служит рудовмещающим для месторождения Ветвистое.

На этапе метасоматического преобразования толщи гранитоидный магматизм, сопряженный с зоной крупных разломов надвигового типа, играл решающую роль в качестве источника тепла и генерации рудоносных флюидов, что могло привести к перераспределению золота из вмещающих пород. Интенсивная циркуляция постинтрузивных флюидов предопределила образование локальных дислокационно-гидротермальных золотоносных метасоматитов.

№37. Крупные магматические провинции Азии: мантийные плюмы, металлогения, модели магмо- и рудообразования (координаторы д.г.-м.н. А.С. Борисенко, чл.-к. РАН Г.В. Поляков) - руководитель блока д.г.-м.н. А.М. Спиридонов

1. Полученные результаты при изучении геохимических особенностей магматических пород, с которыми ассоциирует золотая минерализация Карийского рудного узла (Восточное Забайкалье), позволяют связать рудную минерализацию с эволюцией гибридных магм, образовавшихся при взаимодействии флюидонасыщенной коровой и обогащенной рудными элементами мантийной магматической систем. Наиболее вероятным источником Au были основные и средние магмы, сформировавшие ассоциации NEB-адакиты (высокониобиевые базиты).

2. Установлены существенные отличия изотопно-геохимических характеристик гавайитов вулканической формации в разных геодинамических обстановках. Гавайиты океанических островов обладают наиболее высокими концентрациями Ti, P, Na, Th, U, REE, Zr, Hf, Y, в островодужной системе и во внутриконтинентальной рифтовой зоне имеют более высокие концентрации K и Rb. Гавайиты Камчатки и Байкальской рифтовой зоны (Северная Монголия) в

сравнении с гавайитами Гавайских островов отличаются положительными аномалиями спектров Ba, K, Pb и Sr. Степень фракционирования REE в гавайитах увеличивается в ряду: островодужная система ($La/Yb=6-14$), океанические острова (8-17) и вунтриконтинентальный рифт (16-25).

Гавайиты островодужной системы Камчатки имеют близкие изотопные метки с одноименными породами Гавайских островов. Гавайиты Байкальской рифтовой системы отличаются от них наиболее радиогенными составами Sr, Nd и отчетливо менее радиогенными составами Pb. В формировании гавайитовых магм Северной Монголии главным источником вещества являлась обогащенная мантия EM I типа.

**№87. Геохимия и источники вещества термальных вод Сибири и Дальнего Востока
(координаторы д.г.-м.н. С.Л. Шварцев) –
руководитель блока д.г.-м.н. К.В. Чудненко.**

Проведенное с помощью программного комплекса «Селектор» моделирование физико-химических процессов взаимодействий в системе «вода-гранит» с целью выявления роли летучих в процессе формирования азотных терм на примере образца гранита среднего состава с кларковыми содержаниями анионогенных летучих (C, Cl, F, S), инертного (N_2) и благородного (He) газов и в различных вариантах: без летучих, с присутствием поочередно только одного из набора задаваемых летучих компонентов (C, Cl, F, S), при одновременном участии всех летучих позволило установить, что во всех исследованных растворах по мере увеличения степени взаимодействия происходит направленное увеличение значений основных интегральных характеристик водных растворов (pH и минерализация). Процесс этот устойчив, но при определенных величинах отношения порода/вода происходят достаточно резкие изменения хода кривых, вплоть до инверсии характера развития процесса. В отсутствии летучих развитие системы «вода-гранит» стабилизируется при низких значениях минерализации растворов, имеющих высокую щелочность и гидросиликатный натриевый состав. Кларковые

содержания рассмотренных элементов при взаимодействии воды с гранитом могут обеспечить их концентрации в растворах, соответствующие высоким значениям, встречающимся в природных азотных термах. Ограничение условий формирования азотных терм рамками состава водовмещающих пород, приводит к формированию растворов, близких по основным показателям составу реальных природных терм.

**№95. Изучение ко-адаптации в системе «продукт-консумент» на примере диатомовых водорослей и их потребителей в пресноводных экосистемах
(координатор д.б.н. Е.В. Лихошвай) –
руководитель блока д. х. н. В.Л. Таусон**

Проведенными методами рентгеноспектрального электронно-зондового микроанализа (РСМА) и ЭДС-анализа исследования образцов мандибул трёх широко распространенных видов байкальских эндемичных амфипод: *Acanthogammarus grewingkii*, *Brandtia latissima lata*, *Ommatogammarus albinus* с целью выявить различия в строении и элементном составе режущих частей мандибулы амфипод с разными пищевыми стратегиями установлено, что матрица всех образцов представлена в основном органической составляющей с высоким содержанием С, О, N. В образцах всех видов также присутствуют Са, Вг, Р, Al, Mg, Cl, и S. Бром в основном сконцентрирован в эпикутикуле зубцов (*A. grewingkii*, *B. latissima*, *O. albinus*) и кутикуле 1 сегмента мезосомы (*A. grewingkii*). Содержание Са выше в экзо- и эндокутикуле зубцов, чем в эпикутикуле. Большинство элементов (Mg, Cl, S, K, Na, F, Al) обнаружены в незначительных количествах, т.е. на уровне фона. У одного вида (*B. latissima*) в эпикутикуле резцов лишь в нескольких точках обнаружены следы йода. Только у глубоководного вида амфипод (*A. grewingkii*) в виде следов отмечены Ti, Cr, Fe, Zn, Sr и в единичных измерениях кремний в экзо- и эндокутикуле. У *B. latissima* и *O. albinus* процентное соотношение содержания основных элементов (С, N, О, Са), а также Вг и Р в эпикутикуле зубцов сопоставимо, хотя эти виды различаются и образом жизни, и строением мандибулы, и питанием. По

сравнению с ними в этом слое у *A. grewingkii* более высокая концентрация брома и более низкая кальция.

№117. Динамика сквозькоровых гидротермально-магматических систем островных дуг (координатор д.г.-м.н. Н.С. Жатнуев) – руководитель блока д.г.-м.н. К.В. Чудненко.

Выполнено компьютерное и экспериментальное моделирование гидротермальномагматических систем Камчатки.

Методом атомно-силовой микроскопии изучена морфология поверхности кристаллов пирита из термальных полей Камчатки. По предварительным данным, поверхность кристаллов (на ровных участках) имеет низкую шероховатость (~5-7 нм) и максимальную высоту объектов ~30-100 нм. Установлено распределение золота по отдельным кристаллам (Верхне-Кошелевское термальное поле), показавшее содержания от ~1 до ~70 г/т. Обнаруживается зависимость концентрации Au от размера кристалла (удельной поверхности среднего кристалла в выборке).

На примере системы магнетит-золото-гидротермальный раствор показана роль поверхностной неавтономной фазы (НФ) в поглощении золота кристаллами магнетита в процессе их образования при 450 °С и давлении 100 МПа. Установлено, что золото в магнетите, в отличие от пирита и As-пирита, может рассматриваться как когерентный элемент. Коэффициент фракционирования Au в НФ по отношению к «объему» кристалла составляет ~4000, что обеспечивает рост валового коэффициента распределения более, чем на порядок величины. НФ формируется в поверхностном слое кристалла толщиной около 330 нм, примесь Au в химически связанной форме (Au(III) по данным РФЭС) равномерно распределяется по глубине слоя. Это обеспечивает высоко детерминированные зависимости концентрации равномерно распределенной примеси Au от размера и удельной поверхности кристалла.

Разработана компьютерная физико-химическая модель для исследования процессов формирования различных типов гидротерм Паужетской

гидротермально-магматической системы (ГМС). Обобщенная схема физико-химических процессов, протекающих в недрах месторождений парогидротерм Южной Камчатки, рассмотрена в рамках системы из девяти резервуаров (реакторов), в которых происходит подъем флюида по проницаемым зонам, вскипание водного раствора с образованием парогидротерм в области перехода пар-вода, интенсивное смешение восходящих глубинных и нисходящих (смешанных и метеорных) вод.

В модели имеется возможность управления потоками, участвующими в формировании гидротермальных систем, путем изменения их количественного и качественного составов. Комбинация этих факторов позволяет проводить моделирование разнообразных типов гидротермальных систем.

**№122. Геохимические и биологические факторы миграции химических элементов в геосистемах (координатор д.г.-м.н. А.Б. Птицын) –
руководитель блока д.г.-м.н. В.И. Гребенщикова**

Впервые проведенными в 2010 г. исследованиями изотопных показателей ртути в осадках, планктоне, плотве и окуне из двух водных экосистем – природного оз. Байкал и техногенно-загрязненного Братского водохранилища обнаружили, что уровни изотопов ртути в водной флоре и фауне показывают значительную степень независимого ($\Delta^{199}\text{Hg}$ от 0,20 до 1,87 ‰) и зависимого ($\delta^{202}\text{Hg}$ от -0,97 до -0,16 ‰) от массы фракционирования (НМФ и ЗМФ), в донных осадках высокий уровень ЗМФ ($\delta^{202}\text{Hg}$ from -1.99 to -0.83‰) и нулевой НМФ. Обнаружены существенные различия в распределении, передаче и накоплении $\delta^{202}\text{Hg}$ и $\Delta^{199}\text{Hg}$ в пищевых цепях гидробионтов двух исследуемых водоемов. Метилртуть, содержащаяся в живых организмах, связана с уровнем концентрации изотопов $\delta^{15}\text{N}$ и $\delta^{13}\text{C}$, что указывает на ртутную биоаккумуляцию и биомагнификацию в обоих водоемах. Содержание $\delta^{202}\text{Hg}$ увеличивается на более высоких уровнях пищевой цепочки, а так же при большем содержании метилртути в рыбе оз. Байкал. Изучение НМФ и ЗМФ в образцах рыб из Братского водохранилища позволило проследить антропогенный фактор в

накоплении ртути, т.к. самые старые рыбы с высоким ртутным показателем имеют тот же ее уровень, что и донные осадки, в которые во время техногенной активности была депонирована ртуть. Установлено, что структура устойчивых изотопов в пищевой цепи обоих водоемов различается в зависимости от диеты, трофического уровня и концентрации ртути в особи. Анализ изотопных показателей ртути и связанных с этим НМФ и ЗМФ в трофической цепи гидробионтов может использоваться при определении и оценке источников ртути в загрязненных водоемах. Значения $\delta^{202}\text{Hg}$ и $\Delta^{199}\text{Hg}$ могут быть применены для определения значимости источника ртути (техногенного, природного) в загрязнении организмов рыб.

№142. Позднекайнозойская эволюция литосферы и орогенения Центральной Азии и их влияние на изменение окружающей среды и климата: по данным изучения внутриплитового вулканизма и глубоководных осадочных кернов озер Байкал и Хубсугул (координатор академик М.И.Кузьмин, К.Л. Ванг, Institute of Earth Sciences, Academia Sinica (Taiwan)) – руководители блока академик М.И. Кузьмин, к.г.-м.н А.Б. Перепелов

Предварительные исследования изотопного состава Cd и Zn выполненные для донных отложений Байкала показали, что, как и в океанах, они отличаются фракционированием изотопов этих элементов в зависимости от биопродуктивности. По диатомовым в разрезах глубоководных скважин установлены различные содержания фитопланктона в озере, связанные с климатическими изменениями. Анализ соотношения изотопов Cd и Zn позволит изучить фракционирование этих элементов в позднекайнозойских озерных осадках.

По соотношению Re и Os в ксенолитах из кайнозойских базальтов Байкальской рифтовой системы установлено большое влияние процессов метасоматоза при формировании мантийных базальтовых расплавов.

Выполненные геохимические исследования кайнозойских базальтов позволили выявить различные вещественные группы пород. Эти данные, а также получение новой коллекции базальтов Байкальского рифта позволит решить вопрос модельного возраста деплетированной литосферы,

подстилающей Байкальскую рифтовую зону. Исследование Sr-Nd изотопной системы базальтов и ксенолитов из них даст возможность решить вопросы источников мантийных магм, питающих различные ареалы кайнозойского вулканизма в Прибайкалье.