

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ЗАПАДНО-ЗАБАЙКАЛЬСКОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ.

Проектом предусматривалось проведение экспедиционных работ на территории Забайкалья с целью изучения позднепалеозойского-позднемезозойского щелочно-гранитоидного и бимодального магматизма, определение этапности магматизма, закономерностей его структурного проявления, состава разновозрастных магматических пород, их возрастных вариаций, а также природы связи основных и щелочносалических пород и материнских магм.

Предполагалось проведение комплексных исследований, объединяющих усилия исполнителей шести проектов РФФИ (01-05-65091 - рук. Воронцов А.А., 01-05-97250 (p2001Байкал) – рук. Воронцов А.А., 03-05-64585 –рук. Никифоров А.В, 03-05-65209 – рук. Горегляд А.В, 02-05-65134 – рук. Кузьмин М.И, 03-05-64579 – рук. Дриль С.И). Мы намеревались получить петрологическую и геологическую информацию по строению и составу:

1) щелочно-базальтовых и базальт-комендитовых вулканических толщ Малохамардабанского (район Хамбинского хребта), Хилокского и Тугнуйского грабенов (районов Цаган-Дабанского и Цаган-Хуртейского хребтов),

2) щелочно-гранит-сиенитовых (Брянский, Харитоновский, Ермаковский, Атхинский, Тайдутский) и габбро-гранит-сиенитовых (Биркинский, Тажеранский, Кочериковский, Верхнемаксимихинский, Телегинский) массивов,

3) дайковых поясов, сложенных субвулканическими бимодальными трахибазальт-трахит-трахидацитовыми сериями (район р.р. Тугнуй, Уда). Мы также планировали подготовить опорные коллекции образцов для проведения комплексных геохронологических (K-Ar и Rb-Sr), геохимических и изотопно-геохимических исследований (Rb-Sr, U-Pb, Sm-Nd).

ЗА ПЕРИОД ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА РЕШЕНЫ СЛЕДУЮЩИЕ ЗАДАЧИ:

1) Главные усилия были направлены на решение геологических задач, касающихся проявлений поздне триасового-раннеюрского и позднеюрского-кайнозойского магматизма Западно-Забайкальского сектора Северо-Монгольской-Забайкальской полихронной рифтовой системы. В ходе проведения разрезных и пеших маршрутов получена геологическая информация о строении вулканоплутонических ассоциаций на Тухумском, Черноярском, Шабурском, Царамском и Усть-Сухаринском участках Тугнуйского грабена, Унгуркуйском и Бичурском Хилокского грабена и Удунгинском Хамбинского грабена.

2) Получена петрологическая и изотопная (Sr-O) информация по составу пермских и позднемезозойских гранитоидных массивов восточно-забайкальской части Монголо-Охотского складчатого пояса.

3) Отобрано более 200 штучных проб и в камеральных условиях проведен полный цикл пробоподготовки для проведения комплексных геохронологических (K-Ar и Rb-Sr), геохимических и изотопно-геохимических исследований (Rb-Sr, U-Pb, Sm-Nd).

На основе геологических данных, полученных в ходе выполнения проекта, а также с учетом результатов предшествующих геологических, геохронологических, петрохимических и изотопно-геохимических исследований **систематизированы закономерности магматизма поздне триасовой-раннеюрской и позднеюрской-кайнозойской эпох развития полихронной Северо-Монгольской-Забайкальской рифтовой системы**, в пределах которой процессы рифтогенеза происходили неоднократно начиная со среднего палеозоя по кайнозой включительно. Рифтовая система протягивается через Северную Монголию и все Забайкалье на расстояние свыше 2000 км при ширине 200-300 км. Она контролируется поясом субширотных – северо-восточных разломов, объединяющим Болнайскую-Северохангайскую и Уда-Витимскую – Хилокскую зоны разломов, которые трассируют южные границы крупных докембрийских террейнов Сангиленского в Северной Монголии и Баргузинского в Западном Забайкалье.

Установлено, что поздне триасовая-раннеюрская эпоха продолжалась, по-видимому, в интервале 230 - 190 млн. лет назад и охватила восточный (Западно-Забайкальский) сегмент рифтовой системы. Показано, что этот сегмент входит в состав крупной мезозойской Западно-Забайкальской рифтовой зоны. В современной структуре она представляет полосу выходов магматических пород шириной до 200 км, протянувшуюся в северо-восточном направлении более чем на 1000 км от восточных районов Хангая через бассейны рек Джиды, Селенга, Уда, Хилок до бассейна верхнего течения р. Витим. Западнее на территории Северной Монголии проявления триасового магматизма неизвестны. В пределах Западно-Забайкальской рифтовой зоны в раннем мезозое были сформированы крупные вулканоплутонические структуры площадью до 2000 км², в строении которых различаются поля вулканических трахибазальтовых и щелочно-бимодальных ассоциаций, массивы щелочных гранитов и сиенитов и протяженные дайковые пояса, приуроченные к системам продольных сбросов, грабенов и горстов. Бимодальные толщи сложены трахибазальтами, комендитами-пантеллеритами, трахириолитами-трахидацитами и трахитами. Они традиционно относятся к так называемой цаган-хуртейской вулканогенной свите, петротип которой был выделен в хр. Цаган-Хуртей. В разрезах вулканических толщ цаган-хуртейской свиты, мощность которых достигает 2500 м, трахибазальты и щелочно-сапунитовые породы занимают примерно одинаковые объемы и контрастно переслаиваются, что свидетельствует об одновозрастности их излияний. В некоторых вулканических полях комендиты преобладают по объему, здесь они слагают грибообразные экструзивные тела, сложенные массивными, реже флюидальными лавами, а также разделяющими их игнимбритами и спекшимися туфами. Благодаря наличию маркирующих пачек вулканических пород того или иного состава, отдельные фрагменты цаган-хуртейской свиты хорошо прослеживаются по простиранию грабенов. Отложения свиты прорваны щелочными гранитами и кварцевыми сиенитами Атхинского, Тайдутьского и других, более мелких массивов, а также многочисленными продольными дайками базальтов и комендитов, которые обычно связываются совместно с вулканическими в вулканоплутонические ассоциации. В то же время традиционно принято считать, что интрузивным аналогом вулканических цаган-хуртейской свиты являются щелочные граниты и граносиениты Малокуналейского комплекса, возраст которых определен Rb-Sr методом в 233 млн. лет [Шергина и др., 1979]. Кроме того, в соответствии с новыми данными геохронологического датирования Rb-Sr методом близкие возрастные характеристики имеют также и другие интрузивные щелочные породы Западно-Забайкальской рифтовой зоны. Так, датировки щелочных гранитов Харитоновского массива, расположенного на западном фланге Тугнуйского грабена, варьируют в пределах от 221 млн. лет [Литвиновский и др., 1995] до 209 млн. лет [Ярмолюк и др., 2002], возраст щелочных пород в центральной части рифтовой зоны на северо-западном и северном обрамлении вулканического поля Цаган-Хуртейского грабена был оценен в 224 млн. лет (массив "Шток" Ермаковского бериллиевого месторождения) [Лыхин и др., 2001] и в 230 млн. лет (интрузивные породы Оротского месторождения) [Лыхин и др., в печати]. В северо-восточной части зоны в междуречье Витима и Каренги, по данным Ф.М. Ступака [Ступак, 1999] щелочные гранитоиды сформировались 209 млн. лет тому назад.

Закономерности эволюции позднеюрской-кайнозойской эпохи магматизма рассмотрены на примере центрального (Тугнуйско-Хилокского) сектора Западно-Забайкальской рифтовой зоны. Показано, что магматическая активность в Тугнуйском грабене проявилась в интервале времени 160-103 млн.лет, в Хилокском грабене – 142-25 млн.лет. Расширение зоны рифтогенеза и миграция центров магматизма происходила с севера на юг. Магматические ассоциации Тугнуйского и Хилокского грабенов сложены породами повышенной щелочности: щелочными и субщелочными базальтами, тефритами, фонолитами, трахитами, трахириолитами, комендитами и пантеллеритами, нефелиновыми сиенитами и щелочными габброидами. Формирование этих ассоциаций происходило на протяжении 10 этапов: позднеюрского (150-160 млн.лет); позднеюрского-раннемелового (140-150 млн.лет); начала раннего мела (130-145 млн.лет); раннемелового (115-125 млн.лет); конца раннего мела (103-116 млн.лет); конца раннего – начала позднего мела (99-103 млн.лет); позднемелового (70-90 млн.лет); эоценового (40-48 млн.лет); раннеолигоценового (30-40 млн.лет); позднеолигоценового (25-27) млн. лет.

Исследованы гранитоидные массивы восточно-забайкальской части Монголо-Охотского складчатого пояса (МОП), проведена изотопная Sr-O систематика для гранитоидов ундинского комплекса пермского возраста [Козлов и др., 2003], формировавшихся в обстановке активной континентальной окраины [Парфенов, Попеко, Томуртоого, 1999], а также гранитоидов, образованных в позднем мезозое во внутриплитных условиях после закрытия палеоокеанического бассейна (шахтаминский, кукульбейский, амуджиканский комплексы). Для оценки соотношения «мантийной» и «коровой» компонент в коровых кислых магмах рассчитаны разные варианты моделей смешения гипотетического мантийного и верхнекорового вещества. Показано, что в рамках модели смешения мантийного вещества с материалом «зрелой» верхней коры могут быть объяснены особенности составов пород лишь Кир-Кириинского массива кукульбейского комплекса внутриплитной природы и Курюмдиканского массива ундинского комплекса субдукционной природы, расположенные в пределах Аргунского террейна с докембрийским кристаллическим фундаментом. Большая же часть составов гранитоидов не может быть описана в рамках этой модели, т.к. образует более крутой тренд по сравнению с линиями смешения. Это противоречие снимается, если предположить, что коровый компонент будет иметь менее радиогенный состав Sr по сравнению с величиной $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(0)}=0,719$, принимаемой для верхней континентальной коры, что иллюстрируется моделями смешения, в которых коровый источник характеризуется величинами $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(0)}=0,712$ и $0,708$ соответственно. Действительно, вариации изотопного состава стронция и кислорода большинства исследованных гранитоидов могут быть объяснены процессами смешения мантийного вещества с коровым источником, для которого величины $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(0)}$ лежат в пределах $0,708-0,712$ при $\delta^{18}\text{O}=12$. Таким источником могут быть существенно терригенно-осадочные и вулканогенно-осадочные образования палеозойских аккреционных и островодужных комплексов, погруженных в результате коллизии на такие коровые уровни, где они могли служить протолитом для выплавления гранитоидных магм. Этот вывод может быть подтвержден и характером зависимости величин $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(0)}$ в палингенных гранитоидах МОП от их возраста. Большинство фигуративных точек составов фанерозойских гранитоидов лежит между кривыми эволюции изотопного состава Sr в примитивной мантии и валовом составе континентальной коры, указывая на происхождение гранитоидных магм из источника с низкими величинами $\text{Rb}/\text{Sr} = 0,03-0,12$ при среднем значении $= 0,08$. Таковым могут являться вулканогенно-осадочные толщи островодужной природы и частично терригенные осадки аккреционных призм.

Таким образом, для большинства исследованных гранитоидных массивов восточно-забайкальской части МОП позднепалеозойского и мезозойского возраста коровым источником расплавов не могла служить зрелая верхняя континентальная кора докембрийского возраста. Ее влияние фиксируется лишь фрагментарно в блоках с докембрийским фундаментом (Кир-Кириинский и Курюмдиканский массивы) и независимо от геодинамической природы гранитоидов. Более характерным можно считать коровый источник вещества с невысокими величинами $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} < 0,712$, $\text{Rb}/\text{Sr} = 0,08$ и $\delta^{18}\text{O}=12$. Он может быть сопоставлен с палеозойскими осадочными и вулканогенно-осадочными комплексами аккреционных клиньев и островодужных призм, вовлеченных в процессы магмогенерации в результате коллизионных процессов.

Исследования последнего десятилетия, в том числе геологические данные и новые K-Ar и Rb-Sr датировки показали, что вулканические области Северо-Монгольской-Забайкальской рифтовой системы в позднем палеозое, мезозое и кайнозое характеризовались длительным и многоэтапным развитием [Иванов и др., 1995, 1996; Ярмолук и др., 1995, 1998, 2000]. Магматическая история этих областей контролировалась эволюционными тенденциями, проявившимися в вариациях состава магматических ассоциаций, изменениях во времени масштабов вулканической деятельности, а также закономерных миграциях магмовыводящих зон в пределах вулканических областей. Однако до сих пор проблемы эволюции позднепалеозойской-раннемезозойской и позднемезозойской - кайнозойской эпох магматизма этой рифтовой системы рассмотрены лишь в самых общих чертах для некоторых крупных вулканических областей. При этом многие важные характеристики магматизма, определяемые региональными и локальными условиями его проявления, в том числе вариациями состава магматических ассоциаций и особенностями рифтогенного процесса, остались нераскрытыми.

Полученные нами новые геологические данные о строении вулканоплутонических ассоциаций, в строении которых доминируют бимодальные трахибазальт-трахитовые, трахибазальт-

трахириолит-комендитовые ассоциации с их щелочными интрузивными аналогами, позволили систематизировать имеющиеся данные о проявлениях щелочно-бимодального рифтогенного магматизма и наметить его этапность, что важно для понимания ряда геодинамических и региональных геологических проблем.

Впервые составлены схемы геологического строения вулканоплутонических ассоциаций на Тухумском участке Тугнуйского грабена и Удунгинском Хамбинского грабена, а также прослежен в западном направлении комендитовый дайковый пояс на Бичурском участке Хилокского грабена.

В мировой геологической практике решение вопросов этапности и последовательности формирования вулканоплутонических ассоциаций в единых структурно-геологических условиях, а также генетических проблем, связанных с условиями происхождения основных и щелочно-салических пород при формировании бимодальных магматических ассоциаций базируется на анализе геологической, радиологической, петрохимической и изотопно-геохимической информации. Геологическая информация позволяет определить условия залегания, проследить взаимоотношения, относительные объемы различных типов пород ассоциаций как в одном вулканоплутоническом комплексе, так и сопоставить фрагменты удаленных друг от друга разрезов, а также понять общие закономерности структурного размещения разновозрастных магматических пород. Радиологическая информация дает возможность оценить абсолютный возраст пород. Петрохимическая и изотопно-геохимическая информация основывается прежде всего, на анализе минерального состава, распределения петрогенных, редких элементов и результатов измерения изотопных составов стронция, неодима и свинца. Как известно, бимодальные базальт-комендит-пантеллеритовые со щелочными гранитами ассоциации нередко образуют крупные пояса, протягивающиеся на тысячи километров. Такие пояса существуют в Африке [Whalen et al., 1987; Black and Ligeous, 1993], в Европе [Bonin, 1998], в Северной Америке [Anderson, 1983], в Центральной Азии [Ярмолюк, 1983; Занвилевич и др., 1985]. Общепринятой считается точка зрения о том, что образование таких крупных поясов обусловлено процессами внутриконтинентального рифтогенеза и связано с подъемом мантийных плюмов, однако до сих пор некоторые важные геодинамические и петрогенетические аспекты этой проблемы остаются предметом дискуссии. Так, дискутируется вопрос о том, каким был режим формирования поясов. Происходило ли образование всего пояса в течение одного мощного, но кратковременного магматического этапа, как при формировании Сибирской трапповой провинции [Васильев, 1999], или оно осуществлялось в течение нескольких последовательных эпизодов, проявлявшихся одновременно на всей или большей части его территории и охватывавших промежутки времени во многие десятки миллионов лет? Возможно также, что процесс растягивался на довольно длительное время и проявлялся в закономерном изменении возраста пород по простиранию пояса, как это обычно бывает при прохождении континентальной плиты над горячей точкой.

Другой предмет дискуссии – это проблема природы субстратов, из которых выплавлялись основные и кислые магмы высокой щелочности. Были ли субстраты по своему происхождению коровыми [Allen, Chappell, 1992; Lubala et al., 1994], мантийными [Fox, 1977; Barbery et al., 1975; Brown and Becher, 1986; Bonin, 1998] или смешанными мантийно-коровыми [Dorais, 1990; Wickham et al., 1995; Sheppard, 1995; Литвиновский и др., 1999]. На каких глубинах происходила генерация таких магм?

Полученные при выполнении проекта результаты исследований разновозрастного магматизма Западного Забайкалья опираются именно на такой подход и уровень решения проблем.

В ходе выполнения проекта использовались геологические, петро-геохимические, изотопно-радиологические методы исследования магматических пород.

Геологическими методами решались вопросы, связанные с выяснением геологических взаимоотношений и объемов базальтоидов и салических пород бимодальных ассоциаций.

В период ноябрь-декабрь 2003 года и январь 2004 года коллекция образцов и штучных проб, отобранных в полевой период, подвержена полному циклу петро-геохимических и изотопно-радиологических методов исследования. Используются следующие методы:

В ИГХ им. А.П.Виноградова СО РАН и аналитическом центре коллективного пользования ИНЦ СО РАН (г. Иркутск):

- 1) рентгено-флуоресцентный метод (петрогенные элементы, Ba, Sr, Zr, Nb);
- 2) пламенная фотометрия (Li, Rb);
- 3) спектральный-оптический метод (Pb, Zn, Sn, Ba и Sr для комендитов-пантеллеритов),
- 4) ICP-MS –Co, Ni, Cr, V, Ba, Sr, Rb, Zr, Nb, Hf, Ta, Th, U, полный спектр РЗЭ.

Для определения составов породообразующих минералов вулканических пород используется рентгеновский микроанализатор “Superprobe-733” фирмы Jeol.

Для оценки состава источников, участвовавших в формировании расплавов проводятся изотопные (Rb-Sr, Sm-Nd и Pb-Pb) исследования.

**Руководитель проекта
Воронцов А.А.**