

*На правах рукописи*

**НОСКОВ Денис Анатольевич**

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ  
АНГАРО-ВИТИМСКОГО ГРАНИТОИДНОГО БАТОЛИТА  
(ВОСТОЧНОЕ ПРИБАЙКАЛЬЕ)**

Специальность 25.00.09 – «Геохимия,  
геохимические методы поисков полезных ископаемых»

**Автореферат**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

**Иркутск – 2011**

**Работа выполнена в Учреждении Российской академии наук  
Институте геохимии им. В.И. Виноградова Сибирского отделения РАН**

**Научный руководитель:** доктор геолого-минералогических наук, снс  
**В.И. Гребенщикова**  
(Институт геохимии СО РАН, г. Иркутск)

**Официальные оппоненты:** доктор геолого-минералогических наук, снс  
**А.А. Цыганков**  
(Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ)

доктор геолого-минералогических наук, профессор  
**Г.Я. Абрамович**  
(Иркутский государственный университет, г.  
Иркутск)

**Ведущая организация:** Учреждение Российской академии наук Институт  
геологии и геохронологии докембрия РАН, г.  
Санкт-Петербург

Защита диссертации состоится 13 декабря 2011 г. в 14 часов на заседании  
диссертационного совета Д 003.059.01 при Учреждении Российской академии  
наук Институте геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения РАН, по  
адресу: 664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1 а. Факс (3952) 427050.

E-mail: korol@igc.irk.ru

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Учреждения  
Российской академии наук Институте геохимии им. А.П. Виноградова  
Сибирского отделения РАН по адресу: 664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1 а.

Автореферат разослан « 25 » октября 2011 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
к.г.-м.н.

Королева Г.П.

## ВВЕДЕНИЕ

Происхождение крупнейших гранитоидных плутонов относится к числу наиболее дискуссионных вопросов геохимии и петрологии. Несмотря на огромный объем эмпирического материала по гранитоидам и значительный прогресс экспериментальных исследований в этой области, в геологической науке до сих пор не сложилось единого подхода к объяснению генезиса и геохимического разнообразия исследуемых пород. В качестве факторов, способствующих гранитообразованию, рассматриваются: специфика вещественного состава земной коры и строения литосферы, степень ее «зрелости» (Ф.А. Летников и др.); наличие на Земле осадочных пород и воды (В.И. Вернадский и др.); участие мантийных плюмов, внедрение глубинных магм в абиссальные и мезоабиссальные уровни земной коры, вызывающих ее частичное плавление (S.M. Wickham, М.А. Фаворская и др.); геодинамические процессы (Н.Л. Добрецов, М.И. Кузьмин, В.Е. Хаин, В. Barbarin, J.A. Pearce и др.); флюидный режим (Л.Л. Перчук и др.) и др.

**Целью исследований** являлось изучение главных геохимических особенностей процесса гранитообразования на примере Ангаро-Витимского гранитоидного батолита. Решались следующие **задачи**: 1) сбор имеющихся литературных данных, дополнительное изучение и опробование Ангаро-Витимского батолита, систематизация полученной информации и создание базы геолого-геохимических данных; 2) определение вещественного состава пород, геохимических особенностей и эволюционных трендов; 3) определение физико-химических параметров формирования гранитоидного батолита.

**Фактический материал и использованные методы анализа.** В основу представленной работы положены фактические данные по Ангаро-Витимскому гранитоидному батолиту, которые были собраны автором во время полевых работ. Геохимическая информация получена по результатам анализа проб пород и минералов. Анализы выполнены в Институте геохимии СО РАН. Автор принимал участие в качестве ответственного исполнителя в выполнении 3 проектов РФФИ.

По теме диссертации выполнены следующие виды работ:

- собрана картографическая (геолого-геофизическая) информация об Ангаро-Витимском батолите и районе исследований;
- опробованы все разновидности гранитоидных пород, а также вмещающих пород разного состава и возраста (600 проб);
- просмотрено более 400 шлифов, выделено и проанализировано более 30 проб породообразующих минералов (роговая обманка, биотит, полевой шпат);
- произведен анализ проб пород на 35-45 элементов, включая летучие, редкие и рудные элементы.

Химические анализы выполнены на базе ИГХ СО РАН следующими методами: пламенной фотометрии, рентгено-флюоресцентного анализа, ICP-MS, атомно-эмиссионного и химического силикатного анализов. В выполнении анализов участвовали аналитики: Л.Н. Матвеева, В.Н. Власова (химический силикатный анализ), А.Л. Финкельштейн (рентгено-флюоресцентный анализ), Л.А. Чувашова, Е.В. Смирнова, В.И. Ложкин, Н.Н. Пахомова (ICP-MS), С.И. Шигарова, Л.В. Алтухова (K, Na, Li, Rb, Cs), Л.П. Коваль, С.Б. Арбатская (Nb, Ta,

Zr, Hf), О.В. Зарубина, А.И. Кузнецова, В.А. Русакова (Ba, Sr, Sn, Pb, Zn и др.). Всего проанализировано около 600 проб. Изотопный (TIMS ID) анализ и определение возрастных датировок гранитоидов Rb-Sr методом проводились совместно с Н.С. Герасимовым и С.И. Дрилем.

Полученная информация позволила:

- систематизировать геолого-геофизические и изотопно-геохимические данные по гранитоидному батолиту;
- создать компьютерную информационную базу данных (ИБД);
- провести сравнительный анализ полученной информации с литературными данными по другим гранитным батолитам мира;

Собранный и систематизированный большой фактический материал по Ангаро-Витимскому батолиту положен в основу данной работы.

**Научная новизна** диссертационной работы заключается в следующем:

- систематизирован большой объем литературной и авторской информации, создан информационный банк географически привязанных данных по гранитоидам Ангаро-Витимского батолита;
- выявлены геохимические особенности и различия комплексов, выделенных на территории батолита, показаны их эволюционные геохимические тренды;
- подтверждена петрографическая и петрохимическая однородность известково-щелочных гранитов на всей территории батолита, установлены различия их редкоэлементных составов для различных частей батолита;
- проведены собственные новые Rb-Sr геохронологические исследования гранитов, установлен более поздний наложенный генезис порфиробласт калишпата;
- определены характерные условия образования Ангаро-Витимского батолита. Рассмотрены существующие модели и проблемы его образования. Предложены новые пути для разрешения существующих противоречий.

**Практическая значимость работы** определяется внедрением полученных научных данных по изучению геохимии гранитоидных батолитов в практику геолого-съемочных и поисково-разведочных работ (хоздоговорные работы).

**Основные защищаемые положения следующие:**

1. В областях Тельмамской и Гаргинской гравитационных аномалий (магмаподводящие каналы) возраст гранитоидов, относимых к автохтонной и аллохтонной фациям Ангаро-Витимского батолита составляет 429 и 425 млн. лет соответственно.

Имеющиеся U-Pb и Rb-Sr данные позволяют подтвердить проявленность на территории батолита пород раннепалеозойского этапа (~425-440 млн. лет).

Возраст гранитов зазинского комплекса, относимого другими исследователями к Ангаро-Витимскому батолиту, подтверждается как позднепалеозойский.

2. Петрохимические характеристики гранитов Ангаро-Витимского батолита в разных его частях близки, а различия редкоэлементных составов обусловлены, главным образом, составом протолитов. Эволюционные геохимические тренды индикаторных элементов гранитоидов батолита свидетельствуют о известково-щелочном характере первоначальной магмы и о ниже-среднекоровом ее

источнике. Гранитоиды зазинского комплекса генетически отличаются от известково-щелочных пород Ангаро-Витимского батолита.

3. Гранитный расплав Ангаро-Витимского батолита сформировался за счет анатексиса в утолщенной коре пониженной щелочности с последующим перемещением расплава из области магмагенерации на более высокие уровни с одновременным образованием фациальной неоднородности. Медленное и равномерное остывание большого объема гранитной магмы определило отсутствие признаков кристаллизационной дифференциации.

**Апробация работы.** Основные результаты работы представлялись и докладывались на 16 совещаниях и конференциях (международных, всесоюзных, всероссийских и региональных). По теме диссертации опубликовано 22 научных работы и из них 4 в рецензируемой печати.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения, общим объемом 204 страницы, включая 64 рисунка, 7 таблиц и список литературы из 284 наименования.

**Благодарности.** Работа выполнена в Учреждении Российской академии наук Институте геохимии им. В.И.Виноградова Сибирского отделения РАН в лаборатории проблем геохимического картирования и мониторинга. Автор выражает свою признательность д.г.-м.н. В.И. Гребенщиковой, под руководством которой проводилась работа по изучению геохимии гранитоидов Восточной Сибири и, в частности, Ангаро-Витимского батолита. В своих исследованиях автор постоянно пользовался поддержкой д.г.-м.н. П.В. Коваля.

Экспедиционные работы и обработка данных выполнялись в тесном сотрудничестве с коллегами по ИГХ СО РАН – Н.С. Герасимовым, М.Э. Казимировским, Л.М. Серебренниковым, О.И. Деминой, с коллегами из ИЗК СО РАН – Е.Х. Турутановым, М.И. Грудининым и из ГИН СО РАН – В.К. Хрустальевым, за что автор выражает им благодарность.

## ГЛАВА 1. ГРАНИТОИДНЫЕ БАТОЛИТЫ: СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Термин «батолит» был введен Э. Зюссом в 1888 г. для обозначения крупных интрузивных тел, имеющих крутые контакты и большую вертикальную мощность. Позднее содержание термина «батолит» неоднократно уточнялось и расширялось. В настоящее время интерес к происхождению гранитов так же велик, как и раньше (о чем свидетельствуют последние совещания и публикации), но проблема батолитообразования по-прежнему остается дискуссионной.

По мнению одних исследователей специфика гранитоидов определяется термодинамическими параметрами их образования ( $T$ ,  $P$ ,  $P_{H_2O}$ ,  $f_{O_2}$ ) – принцип Миясиро; другие считают, что состав гранитов в первую очередь зависит от состава плавящегося субстрата – принцип Чаппела; большинство исследователей утверждают, что важно и то, и другое (Беляев, Рудник, 1978; Chappell et al. 1987; Соболев, 1992; Литвиновский, 1992; Перчук, 1997; Попов, 1997; Махлаев, 1998, 1999; Коваль, 1998; Коваль, Прокофьев, 1998; Летников, 2003 и др.).

Интерпретация геофизических данных по строению земной коры дали возможность выделить слой пониженных сейсмических скоростей или волновод, что позволило оценить возможную глубину зарождения гранитного расплава и

механизм подъема магмы (Pavlenkova, 1979; Константинов и др., 1999; Розен, 2001; Павленкова, 2003).

Развитие концепции тектоники плит привело к выделению различных типов гранитоидов, соответствующих определенным геодинамическим обстановкам (Pearce et al., 1984; Pearce, 1996; Кузьмин, 1985; Maniar, Piccoli, 1989; Гордиенко и др., 2003; Великославинский, 2003 и др.).

Новая концепция плюмовой тектоники объясняет возникновение крупных гранитоидных провинций или поясов за счет крупномасштабного анатектического плавления земной коры под влиянием мантийных плюмов (Добрецов и др., 2001; Коваленко и др., 1996, 2000, 2002; Ярмолук и др., 1997, 2002, 2003, 2005 и др.).

Ф.А. Летников (2000, 2007) полагает, что все крупные гранитные массивы, в том числе и гранитоидные батолиты, представляют собой гранито-гнейсовые купола. В таких куполах отмечаются как постепенные переходы между гранитоидами и вмещающими породами, так и резкие, интрузивные контакты. Пространство, занимаемое гранитоидными плутонами, «завоевывается» предшествующей гранитизацией (увеличение объема) и последующим метаморфизмом (уменьшение объема).

Обобщение и интерпретация полученной информации по Ангаро-Витимскому батолиту, сравнение его с другими объектами позволили уточнить существующие представления о процессах гранитообразования.

## **ГЛАВА 2. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МОДЕЛЬНОГО ГРАНИТОИДНОГО БАТОЛИТА, МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ, ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ**

Исходя из основной задачи работы, в качестве основных критериев выбора модельного гранитоидного батолита были приняты следующие: максимальное разнообразие в отношении вещественного состава слагающих его пород; особенностей строения земной коры и типа литосферного блока; фаций глубинности и степени связи с исходным субстратом. К ним следует добавить ряд показателей (изотопные данные и др.), получение которых требует подготовки, но использование их желательно в силу присущей им информативности.

Использование геофизических методов позволяет определить мощность, предположительно – состав земной коры и литосферных блоков, толщину и подземную конфигурацию гранитоидного батолита, нахождение возможных глубинных каналов поступления гранитоидной магмы и т.д. (Зорин и др., 1988, 1989; Zorin et al., 1995; Лишнеvский, 1999; Турутанов и др., 2006, 2007 и др.).

Для детального рассмотрения геохимических особенностей гранитоидных батолитов был выбран один модельный объект – Ангаро-Витимский батолит, расположенный с восточной стороны Байкала и достаточно представительно изученный в геолого-геофизическом и изотопно-геохимическом отношении. В нем отражено большое фациальное разнообразие гранитоидов. Его исследование предполагало решение следующих вопросов:

1. Критический анализ полноты и представительности геолого-геофизических и изотопно-геохимических опубликованных данных об Ангаро-

Витимском батолите, ввод координатно-привязанной информации в ИБД «Модельный батолит», реализованную средствами СУБД Paradox.

2. Формирование «массивов данных» или информационных блоков по нерешенным вопросам строения, химического состава и генезиса батолита.

3. Проведение дополнительного изучения и геохимического опробования на площади батолита.

4. Выполнение необходимого объема аналитических и петрографических работ для получения собственной геохимической информации.

5. Сравнительный геолого-геохимический анализ гранитоидов батолита и наиболее представительных и детально изученных батолитов мира (Сумсунурский батолит, батолит Кордиллера-Бланка и другие).

6. Петрогенетическая интерпретация полученных данных по формированию и становлению Ангаро-Витимского гранитоидного батолита.

### **ГЛАВА 3. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ БАЙКАЛЬСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ И АНГАРО-ВИТИМСКОГО БАТОЛИТА**

#### **3.1. Геологическое строение Байкальской складчатой области (БСО).**

Ангаро-Витимский батолит находится в пределах БСО, которая расположена в юго-восточной части складчатого обрамления Сибирской платформы. Большой вклад в изучение БСО внесли многие исследователи. Первое детальное описание геологического строения БСО было дано Л.И. Салопом (Салоп 1964; Салоп 1967). Основанное на богатом фактическом материале, оно не потеряло своей научной ценности до сих пор. В результате сопоставления разнообразных гранитоидов, распространенных на территории БСО, и особенностей их залегания Л.И. Салопом был впервые выделен единый Ангаро-Витимский ареал-плутон.

После Л.И. Салопа на протяжении многих лет изучением БСО занималась В.Г. Беличенко (1969-2009). По ее данным в Байкало-Витимской зоне венд-кембрийская толща представлена грубообломочной молассой (конгломераты, песчаники, алевролиты), которая переходит в шельфовые отложения – известняки и доломиты. В Икат-Еравнинской зоне, которая сложена гранитами Ангаро-Витимского батолита, встречаются провесы кровли со стратифицированными образованиями. Здесь отмечаются гнейсы, кристаллические сланцы, мраморы, амфиболиты, кварциты. В северной части этой зоны венд-кембрийская толща сложена филлитовидными сланцами, карбонатами, средними и кислыми по составу вулканитами и туфопесчаниками.

С позиции тектоники плит этот регион рассматривался И.В. Гордиенко и др. (1987) и Ю.А. Зориным и др. (1997). Взгляды И.В. Гордиенко разделяли Б.А. Литвиновский и др. (1992). Они отмечали, что во второй половине кембрия микроконтинент перемещался в сторону Сибирской платформы. Палеоокеан стал закрываться, затем последовало столкновение, которое обусловило скупивание сиалических масс, складкообразование, развитие надвиговых дислокаций и формирование типичной окраинно-континентальной обстановки.

В середине 90-х годов БСО стала рассматриваться с позиции террейнового строения (Гусев, Хаин, 1995; Парфенов и др., 1996; Булгатов, Гордиенко, 1998, 1999 и др.). Другие исследователи отрицают террейновое строение и считают, что

позднерифейская история отвечает влиянию плюмтектоники на краевую часть Сибирской платформы, в результате чего возникали условия растяжения и сжатия (Булдыгеров, 1999, 2005).

В.В. Ярмолюк и др. (1997) в окружении Ангаро-Витимского батолита выделяет несколько структурно-формационных зон (рис. 1). Массовое гранитообразование было обусловлено надвиганием активной континентальной окраины на ряд горячих точек (Ярмолюк, Коваленко, 2003), что вызвало анатексис и образование гранитоидной магмы.

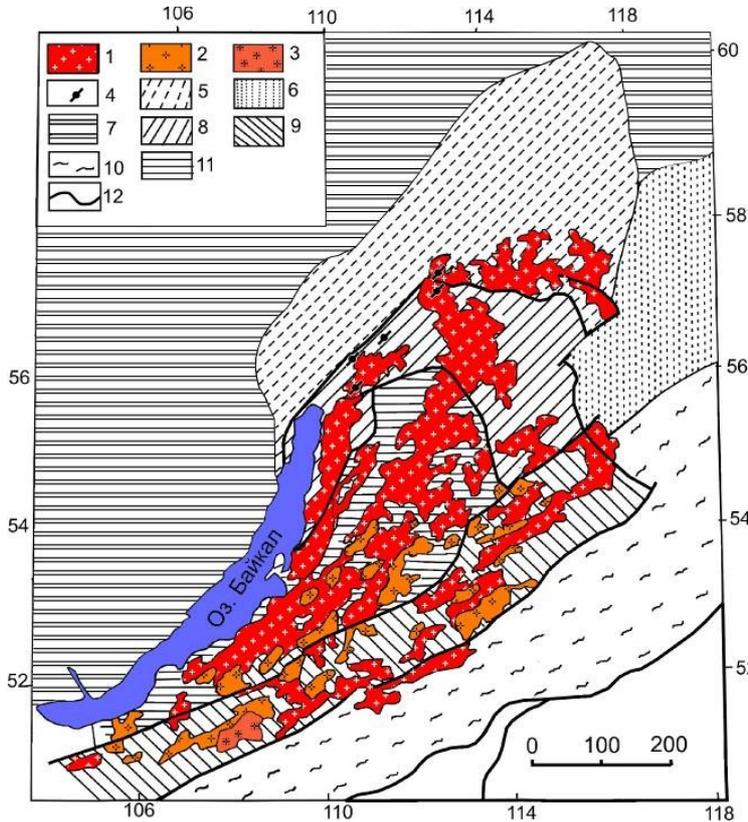


Рис. 1. Структурная схема расположения Ангаро-Витимского батолита (Ярмолюк и др., 1997) с изменениями. 1-5 – магматические комплексы и ассоциации: 1 – баргузинский, 2 – зазинский, 3 – щелочно-гранитная (Брянский массив), 4 – сыннырский; 5 – 11 – структурно-формационные зоны: 5 – Мамско-Бодайбинская, 6 – Чаро-Удоканская, 7 – Сибирская платформа, 8 – Байкало-Муйская, 9 – Джидино-Витимская, 10 – Селенгино-Становая, 11 – Котеро-Уакитская или Байкало-Витимская; 12 – границы структурно-формационных зон.

**3.2. Морфология и глубинное строение Ангаро-Витимского батолита по геофизическим данным.** Геофизические исследования и выделение гравитационных аномалий на площади Ангаро-Витимского батолита (Писменный, Алакшин, 1983; Литвиновский и др., 1992; Турутанов, 2004; 2007) показали, что большая его часть может рассматриваться как единое пластообразное тело с несколькими утолщениями (магмаподводящими каналами), уходящими на различную глубину (рис. 2). Средняя мощность батолита составляет 5-7 км, а в местах магмаподводящих каналов – до 10-30 км. Гранитоиды Ангаро-Витимского батолита являются типичными мезоабиссальными образованиями, глубина становления которых оценивается в 10-15 км, а давление 3-5 кбар. Толщина коры могла быть более 60 км.

**3.3. Геологическое строение и состав пород батолита.** Ангаро-Витимский батолит занимает площадь около 150 тыс. кв. км (рис. 1). Породы батолита на большей части площади (около 70-80%) сложены разнообразными по текстуре и структуре гранитами: среднезернистыми биотитовыми гранитами, часто полосчатыми, трахитоидными и гнейсовидными, порфировидными гранитами с крупно- и среднезернистой основной массой, а также крупно- и

равномернозернистыми гранитами, лейкогранитами массивного, интрузивного облика. Кварцевые монцодиориты, кварцевые диориты, гранодиориты, граносиениты, имеющие как интрузивные контакты, так и постепенные переходы, занимают до 20-30% площади батолита.

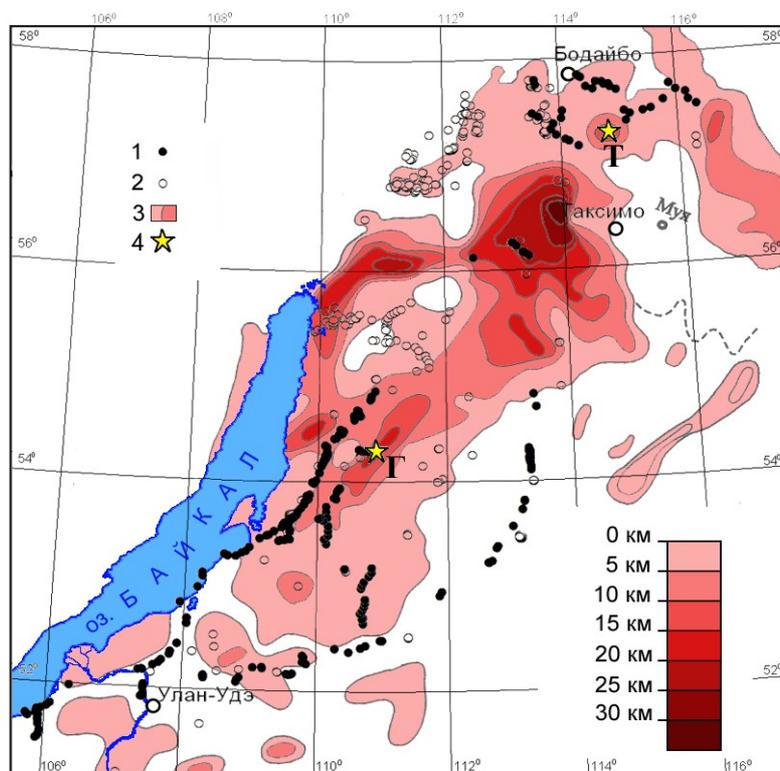


Рис. 2. Схема опробования территории Ангаро-Витимского батолита.

1 – собственные данные, 2 – литературные данные, 3 – градация мощности батолита по геофизическим данным (Турутанов, 2007); 4 – датированные (Rb-Sr метод) авторами массивы: Г – Гаргинский, Т – Тельмамский.

По характеру взаимоотношений с вмещающими породами выделяются две фациальные разновидности гранитов – автохтонные и аллохтонные. При этом мы согласны с Л.С. Бородиным (2006) в том, что «...понятие «автохтонности» в прямом значении этого термина относится не к гранитам, а к новообразованным гибридным и метасоматическим породам приконтактных зон». Инъекционные гнейсы, тневые мигматиты и гибридные породы зон перехода от гранитов к вмещающим метаморфитам образовались, по нашему мнению, одновременно с внедрением интрузивных гранитов.

Синплутонические базиты и постбатолитовые дайки основного состава встречаются довольно часто и представлены субщелочными габброидами (лампрофиры, трахидолериты).

Вмещающие батолит толщи сложены преимущественно разнообразными рифейскими гнейсами, кристаллическими сланцами и терригенно-карбонатными породами, метаморфизованными в эпоху каледонской коллизии (Литвиновский и др., 1992; Макрыгина, Петрова, 2003; Антипин и др., 2006).

В юго-восточной части батолита встречаются небольшие массивы и штоки двуполевошпатовых гранитов и аляскитов зазинского комплекса. Они относятся к субвулканической ассоциации, о чем свидетельствует ряд признаков. Калинатровый полевой шпат представлен ортоклаз-пертитом, а не решетчатым микроклином, как в гранитах Ангаро-Витимского батолита. Количество альбитового пертита составляет 45-50 %, он устойчив в составе калинатрового шпата при высокой температуре. Наличие пирамидального кварца,

магнезиального биотита и четко выраженная зональность плагиоклазов так же указывают на относительно высокую температуру и быструю кристаллизацию.

**3.4. Возрастная характеристика гранитов.** До сих пор продолжается дискуссия по поводу возраста пород Ангаро-Витимского батолита, который уже пересматривался трижды (R<sub>3</sub>, O-S, C-P) (Салоп, 1964; Литвиновский и др., 1992; Ярмолюк и др., 1997; Рыцк и др., 1998; Цыганков и др., 2004; Антипин и др., 2006; Цыганков и др., 2007 и др.).

Подавляющее большинство датировок пород Ангаро-Витимского батолита указывают на позднепалеозойский возраст (340-280 млн. лет), и лишь небольшая часть из них относится к раннему палеозою (440-425 млн. лет). Существующие интерпретации датировок в основном показывают, что подавляющий объем гранитов батолита образовался в позднем палеозое. Перенос возраста батолита из раннего палеозоя в поздний привел к наложению его датировок и датировок прорывающих интрузий зазинского комплекса. При этом породы зазинского комплекса оказываются древнее (~320-300 млн. лет, Литвиновский и др., 1999), чем гранитоиды батолита (300-270 млн. лет, Ярмолюк и др., 1997). Такое наложение временных интервалов некоторыми авторами объясняется длительным сосуществованием очагов разного состава и неодновременностью внедрения различных магм (Цыганков и др., 2004; 2007). Однако это не объясняет секущий характер зазинских интрузий по отношению к гранитам батолита.

Присутствие раннепалеозойских датировок объясняется наличием реликтов пород предыдущего этапа со сходными характеристиками пород (Неймарк и др., 1993в; Ненахов и др., 2007). При этом не обнаруживается каких либо отличий между гранитами с ранне- и позднепалеозойскими датировками, которые позволили бы выделить соответствующие им комплексы.

В процессе получения собственных Rb-Sr датировок было установлено, что датирование батолита затруднено вследствие более позднего изменения пород: отсутствия обратной корреляции Rb и Sr и сильного рассеяния точек Rb-Sr изотопных составов, дающих очевидную эрохрону. Точки составов некоторых массивов батолита (Хасуртинского, Хангитуйского, Зеленогривского) на диаграммах Rb-Sr и Л.С. Бородин (2006) образуют рассеянные группы, не соответствующие комагматическим породам.

При опробовании батолита нами были выявлены наименее измененные породы, отвечающие критериям Rb-Sr датирования в двух пространственно разобщенных массивах батолита: Тельмамском и Гаргинском (рис. 2). По геофизическим данным пробы отобраны в центральных частях массивов над магмаподводящими каналами. Построенные изохронны показали возраст для Гаргинского массива – 425±22 млн. лет (рис. 3), для Тельмамского – 429±15 млн. лет. Возраст и начальный изотопный состав стронция обоих массивов совпадают в пределах погрешности измерений. Можно достаточно обоснованно считать граниты этих массивов комагматами.

Раннепалеозойский возраст гранитов батолита в центральной части Гаргинской гравитационной аномалии подтвержден U-Pb конкордантной датировкой по монациту – 425±2 млн. лет (Рыцк и др., 2008).

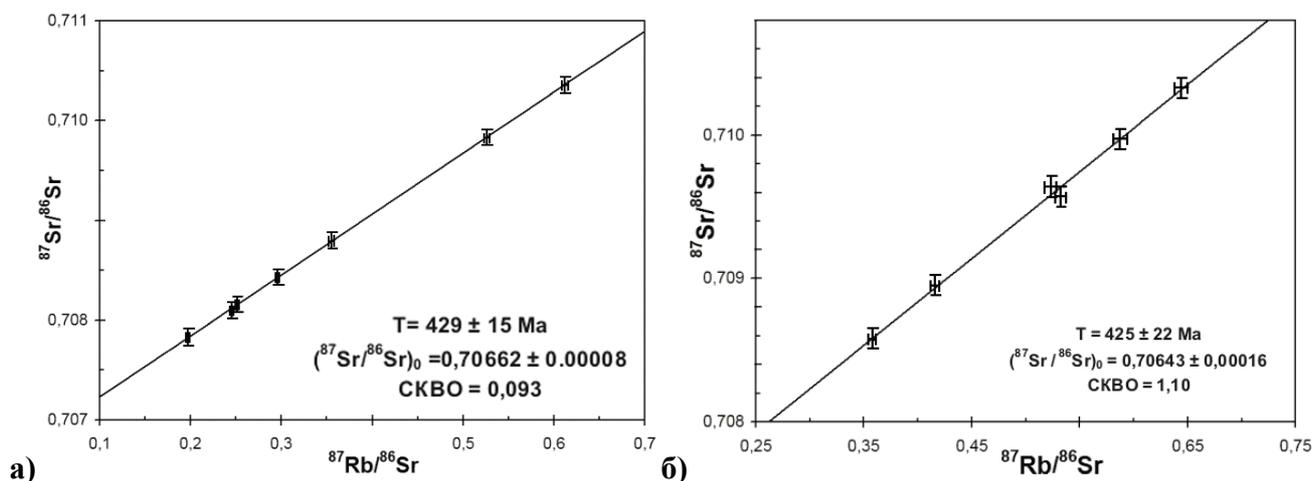


Рис. 3. Изохроны для гранитов Тельмамского (а) и Гаргинского (б) массивов, полученные Rb-Sr методом.

Нанесение аналитических данных по выделенным вкрапленникам КПШ на диаграмму изохроны показывает их более молодой возраст (~332-300 млн. лет) относительно валового состава основной массы содержащей их пробы. Это подтверждает неравновесный, относительно основной массы, характер вкрапленников и позволяет связать наложенные изменения с проявлением оторванной по времени метасоматической калишпатизации.

Процессы щелочного метасоматоза, повлиявшие на Rb-Sr изотопную систему в породах батолита, также вполне могли вызвать изменение U-Pb системы в цирконах, которая обладает высокой подвижностью, что было доказано теоретическими и экспериментальными исследованиями (Левский и др., 1997, 1999; Рассказов и др., 2005). При метасоматическом изменении цирконов растворяющиеся наиболее дефектные, метамиктные участки кристаллов замещаются новой фазой, часто имеющей конкордантный возраст. Это – возраст перекристаллизации и образования новой генерации. Отсюда, не всякая конкордантная датировка соответствует возрасту образования минерала. В ряде публикаций (Цыганков и др., 2007) такие датировки, несмотря на явные признаки метасоматического изменения исследуемых цирконов, отождествляются с возрастом кристаллизации. Анализ существующих дискордантных U-Pb датировок гранитоидов батолита показал, что в большинстве из них возраст оценивается по нижнему пересечению конкордии, а дискордия рассматривается как линия смещения свинца двух генераций. Верхнее пересечение при этом рассматривается как возраст протолита. Между тем, при диффузионных потерях свинца нижнее пересечение дискордии либо вообще не имеет смысла, либо отвечает времени проявления наложенного процесса (Левский, 2003; Рассказов и др., 2005). Показательным примером может служить сравнение двух датировок цирконов из гранитоидов батолита (Неймарк и др., 1993б; 1993в). Первая из них получена по неизменному циркону из гнейсо-гранитов Богодиктинского массива ( $426 \pm 24$  млн. лет). Дискордия имеет только одно верхнее пересечение с конкордией, что означает отсутствие влияния наложенных процессов на U-Pb систему циркона. Возраст при этом соответствует времени кристаллизации

циркона из гранитоидного расплава. Вторая датировка получена по метамиктному, метасоматически измененному циркону из гранитов верховья р. Баргузин (район озера Балан-Тамур). Возраст, рассчитанный по отношению  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ , равный  $314 \pm 8$  млн. лет, не может в этом случае рассматриваться как возраст кристаллизации.

В.М. Ненахов и др. (2007) датировали гибридные породы, имеющие расплывчатые границы с гранитоидами батолита. Вычисленный ими возраст  $439 \pm 1,6$  млн. лет (U-Pb метод, SHRIMP) совпадает в пределах погрешности с нашей оценкой возраста гранитов Ангаро-Витимского обатолта.

Определение возраста зазинского комплекса было проведено нами по образцам, отобраным из пород Шалутинского массива. Полученные результаты показывают различие во времени внедрения гранитоидов двух фаз. Возраст гранитоидов ранней фазы равен  $313 \pm 6$  млн. лет, а возраст лейкогранитов поздней фазы, рассчитанный по третьей модели Макинтайра (McIntyre et.al., 1966), равен  $302 \pm 25$  млн. лет. Эта датировка согласуется с U-Pb датировкой циркона из лейкогранитов Ангырского массива ( $303 \pm 7$  млн. лет), также относимых к зазинскому комплексу (Ярмолюк и др., 1997). Сравнение результатов наших изотопных анализов с изотопными анализами Б.А. Литвиновского и др. (1999) показало, что фигуративные точки, независимо от авторства, все находятся на изохроне  $313 \pm 6$  млн. лет.

Таким образом, присутствие раннепалеозойского этапа в гранитоидах батолита с узким диапазоном возрастов (440-425 млн. лет) устанавливается как U-Pb, так и Rb-Sr датировками. Это соответствует силурийскому времени гранитообразования, на которое ранее указывал Б.А. Литвиновский (Литвиновский и др., 1999).

Полученные сравнительные возрастные данные позволяют сформулировать **первое защищаемое положение:**

**В областях Тельмамской и Гаргинской гравитационных аномалий (магмаподводящие каналы) возраст гранитоидов, относимых к автохтонной и аллохтонной фациям Ангаро-Витимского батолита составляет 429 и 425 млн. лет соответственно. Имеющиеся U-Pb и Rb-Sr данные позволяют подтвердить проявленность на территории батолита пород раннепалеозойского этапа (~425-440 млн. лет). Возраст гранитов зазинского комплекса, относимого другими исследователями к Ангаро-Витимскому батолиту, подтверждается как позднепалеозойский**

#### **ГЛАВА 4. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОД АНГАРО-ВИТИМСКОГО БАТОЛИТА И ИХ СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА С ДРУГИМИ БАТОЛИТАМИ МИРА**

Полученная на этапе обработки геохимических данных новая информация по Ангаро-Витимскому батолиту (табл. 1) заключается в следующем.

Габбро и дайки долеритов имеют близкие химические составы и близкое Ba/Sr отношение, оно всегда меньше 1. По содержанию щелочей и кремнезема эти породы приближены по составу к монцогаббро и монцодиоритам (рис. 4). Кварцевые монцодиориты, кварцевые диориты, гранодиориты не образуют

переходных разностей с основными породами и отличаются от них более низкими содержаниями Fe, Mg, Ca, Mn, элементов группы железа (Co, Ni, Cr) и повышенными содержаниями Ba, Sr, Pb, Zr. Отношение Ba/Sr в них больше 1.

Все фации гранитов имеют отношение K/Na в среднем больше 1. С ростом содержаний SiO<sub>2</sub> в гранитах уменьшаются содержания Ba, Sr, B, элементов группы железа и увеличиваются концентрации Be, Rb, Cs. Граниты автохтонных и аллохтонных фаций по химическому составу практически не различаются между собой. Однако по редкоэлементному составу различия более существенны, что выражается в более высоких концентрациях в автохтонной фации таких элементов, как Ba, Sr, Ni и более низких содержаниях Rb, Th, U.

Таблица 1

Редкоэлементный состав пород Ангаро-Витимского батолита и гранитов зазинского комплекса

Элементы	Габбро	Диориты, монцитониты	Граниты аллохтонной фации	Граниты автохтонно й фации	Граниты зазинского комплекса
Ba, г/т	669	1215	1499 (2,0)	2044 (2,7)	461 (0,4)
Sr	817	1006	597 (4,0)	892 (5,9)	136 (0,9)
Sn	2,6	2,1	1,7 (0,6)	1,4 (0,5)	2,4 (0,7)
Pb	11	23	28 (1,5)	21 (1,1)	18 (0,9)
Zn	98	70	49 (1,3)	31 (0,8)	22 (0,6)
Co	28	7	3 (3,0)	3 (3,0)	1,7 (1,7)
Ni	41	10	13 (3,7)	47 (13)	18 (5,3)
Cr	317	13	11 (2,0)	11 (2,0)	20 (3,5)
V	162	55	25 (0,7)	22 (0,6)	13 (0,4)
Mo	0,9	0,9	1,0 (0,7)	0,4 (0,3)	1,5 (1,0)
Cu	55	19	17 (1,7)	6 (0,6)	6,5 (0,7)
B	11	15	10 (0,8)	13 (1,0)	7,5 (0,6)
Be	2,2	1,9	1,7 (0,5)	0,9 (0,3)	4,1 (1,1)
F	2617	1045	686 (0,8)	377 (0,5)	336 (0,4)
Li	30	33	25 (0,7)	22 (0,6)	15 (0,4)
Rb	69	88	135 (0,8)	94 (0,5)	187 (1,1)
Cs	1,3	1,6	1,4 (0,3)	1,0 (0,2)	1,7 (0,3)
Ta	0,5	0,3	0,6 (0,2)	0,3 (0,1)	1,7 (0,5)
Nb	15	8	11 (0,5)	7 (0,3)	21 (1,0)
Zr	167	224	113 (0,6)	102 (0,6)	133 (0,7)
Hf	3,8	4,7	3,0 (0,8)	2,6 (0,7)	5,2 (1,3)
Th	4,3	7,0	14,1 (0,8)	3,4 (0,2)	32 (1,8)
U	1,8	1,4	1,3 (0,3)	0,6 (0,2)	4,8 (1,2)
Число проб	8	25	134	15	11

В скобках приведены содержания, нормированные по кларкам гранитов по Л.Н. Овчинникову (1990).

Граниты зазинского комплекса значительно отличаются по макрокомпонентам и по редкоэлементному составу от гранитов батолита (рис. 4-7). Для них характерны очень низкие, по сравнению с ранее рассмотренными гранитами, содержания Ba, Sr, Pb, Zn, B и повышенные концентрации Ni, Cr, Mo, Be, Rb, U и особенно Th.

Отчетливые различия между гранитоидами батолита и зазинского комплексов проявлены на диаграмме  $(K_2O+Na_2O)/Al_2O_3$  (рис. 5). Кварцевые диориты-граниты образуют известково-щелочной тренд, а в гранитоидах зазинского комплекса заметно увеличивается сумма щелочей и фигуративные точки их составов образуют субщелочной тренд. Поля составов останцов габброидов, как в том, так и в другом комплексе перекрываются.

Для гранитов главной фазы характерны низкие для гранитов содержания Th и U (Th – 14,1 г/т, U – 1,3 г/т), а для автохтонной фации – ещё ниже: Th – 3,4 г/т, U – 0,7 г/т. Однако в северной и южной частях батолита наблюдается заметное различие между средними содержаниями этих элементов: для северной части Th – 15,38 г/т и U – 1,27 г/т, для южной части Th – 7,02 г/т U – 0,86 г/т (рис. 6). В зазинских гранитах по сравнению с соседствующими гранитами южной части батолита содержание Th увеличивается в 5 раз, а U – в 6 раз (Th – 34 г/т, U – 4,8 г/т). Отношение Th/U составляет 7–11. В гранитах главной фазы батолита Th/U находится в пределах 3,5–21,7, а среднее его значение ~ 9,7, что в 2–2,5 раза выше, чем в континентальной коре (по Taylor, McLennan, 1985). Это является региональной особенностью гранитоидов Ангаро-Витимского батолита.

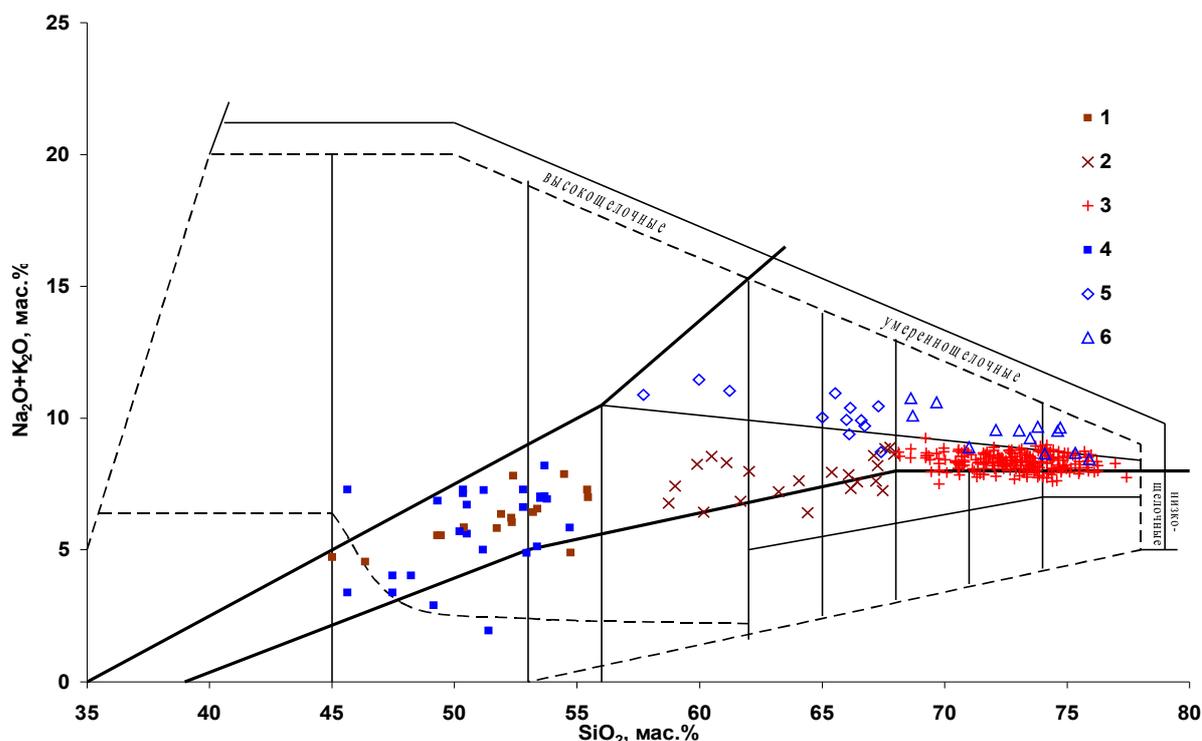


Рис. 4. Классификационная диаграмма  $(Na_2O+K_2O) - SiO_2$  (Петрография и петрология..., 2001) для пород Ангаро-Витимского батолита и зазинского комплексов.

Ангаро-Витимский батолит: 1 – габброиды, 2 – монцодиориты, кварцевые диориты, гранодиориты, 3 – граниты; зазинский комплекс: 4 – габброиды, 5 – сиениты, 6 – граниты.

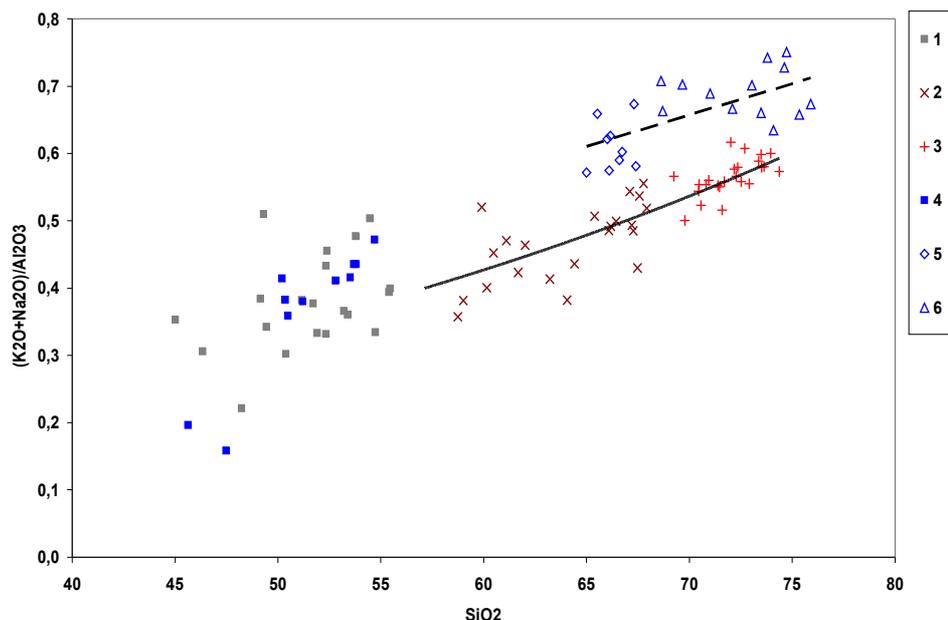


Рис. 5. Диаграмма  $(K_2O+Na_2O)/Al_2O_3-SiO_2$  для пород Ангаро-Витимского батолита и зазинского комплекса. Ангаро-Витимский батолит: 1 – габброиды, 2 – монцодиориты, кварцевые диориты, гранодиориты, 3 – граниты; зазинский комплекс: 4 – габброиды, 5 – сиениты, 6 – граниты.

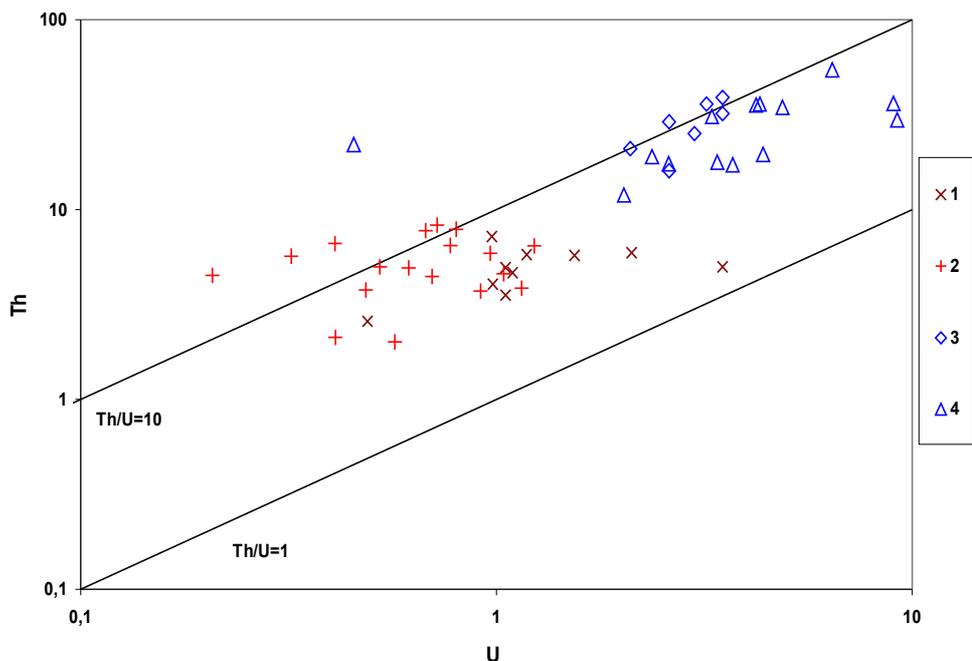


Рис. 6. Диаграмма Th-U (г/г) для пород Ангаро-Витимского батолита и зазинского комплексов. Батолит: 1 – монцодиориты, кварцевые диориты, гранодиориты, 2 – граниты; зазинский комплекс: 3 – сиениты, 4 – граниты.

Из всей совокупности изученных пород (проанализировано около 80 проб) было выделено несколько групп, характеризующихся определенными закономерностями в распределении РЗЭ (рис. 7а-г). Первая группа пород представлена субщелочными габброидами и постбатолитовыми дайками долеритов. Они имеют сходный характер распределения РЗЭ. Полученные данные могут свидетельствовать о близком составе глубинных источников магм базитов и даек долеритов.

В кварцевых монцодиоритах, и гранодиоритах содержания тяжелых РЗЭ незначительно уменьшаются, а легких – увеличиваются (рис. 7 а).

В биотитовых гранитах главной фазы, в том числе и из областей гравитационных аномалий отмечаются максимальные содержания легких РЗЭ.

Отношение  $La/Yb$  составляет 60, что отражается в увеличении наклона кривой распределения РЗЭ (рис. 7 б).

Следующая группа представлена преимущественно среднезернистыми гранитами, часто полосчатыми и метасоматически измененными (автохтонная фация). Содержания суммы РЗЭ понижаются до 40 г/т (среднее 82 г/т). При этом появляется отчетливо выраженный Eu максимум (рис. 7 в). Примечательно сходство распределения РЗЭ во встречающихся на территории гранат-плагиоклаз-биотитовых сланцах с гранитами автохтонной фации.

Отсутствие в спектрах РЗЭ в гранитах батолита отчетливо выраженного Eu минимума и наличие спектров с четко проявленным максимумом, возможно, свидетельствует об общей подавленности процессов магматического фракционирования плагиоклаза и амфибола.

Граниты зазинского комплекса по характеру распределения и суммарному содержанию РЗЭ, так же, как и по другим выше отмеченным особенностям, существенно отличаются от гранитов батолита – они имеют отчетливо выраженный европиевый минимум (рис. 7 г) и низкое отношение  $La/Yb=11$ .

Следует отметить, что для гранитоидов батолита в целом характерны повышенные содержания Sr (до 2000 г/т), Ba (до 3000 г/т) и V при относительно низких содержаниях элементов группы Fe, Sn, Be, а также – Li и Cs. Сравнительный анализ распределения элементов в гранитах различных структурно-формационных зон показал, что по большинству макрокомпонентов они имеют близкие содержания, независимо от своего местоположения внутри батолита. Более существенные отличия характерны для распределения содержаний Ba, Sr, Zr, K, Cs, что, вероятно, определяется спецификой составов протолитов рассматриваемых зон и отражается затем на составе гранитоидного расплава. Максимальные содержания Ba, Sr, V, B, Cr, Ni характерны для гранитов Байкало-Витимской зоны (северная часть батолита). В гранитах Удино-Витимской зоны (восточная часть батолита) отмечается увеличение щелочности пород и растут содержания K, Cs, Zr.

Сравнение полученных ранее (Grebenshchikova, Koval, 2004) геохимических трендов гранитообразования, характерных для моносериальных батолитов Восточной Сибири с аналогичными трендами Ангаро-Витимского батолита показало, что точки составов гранитов батолита приурочены преимущественно к трендам гранодиоритовой (известково-щелочной) модели гранитообразования (рис. 8), для которой характерно плавление как нижней, так и средней континентальной коры, что, вероятно, типично при перемещении очага плавления в верхнюю кору и длительном прогреве корового субстрата в целом. Составы гранитов по большинству элементов приближены к среднему составу коры (по Taylor, McLennan, 1985).

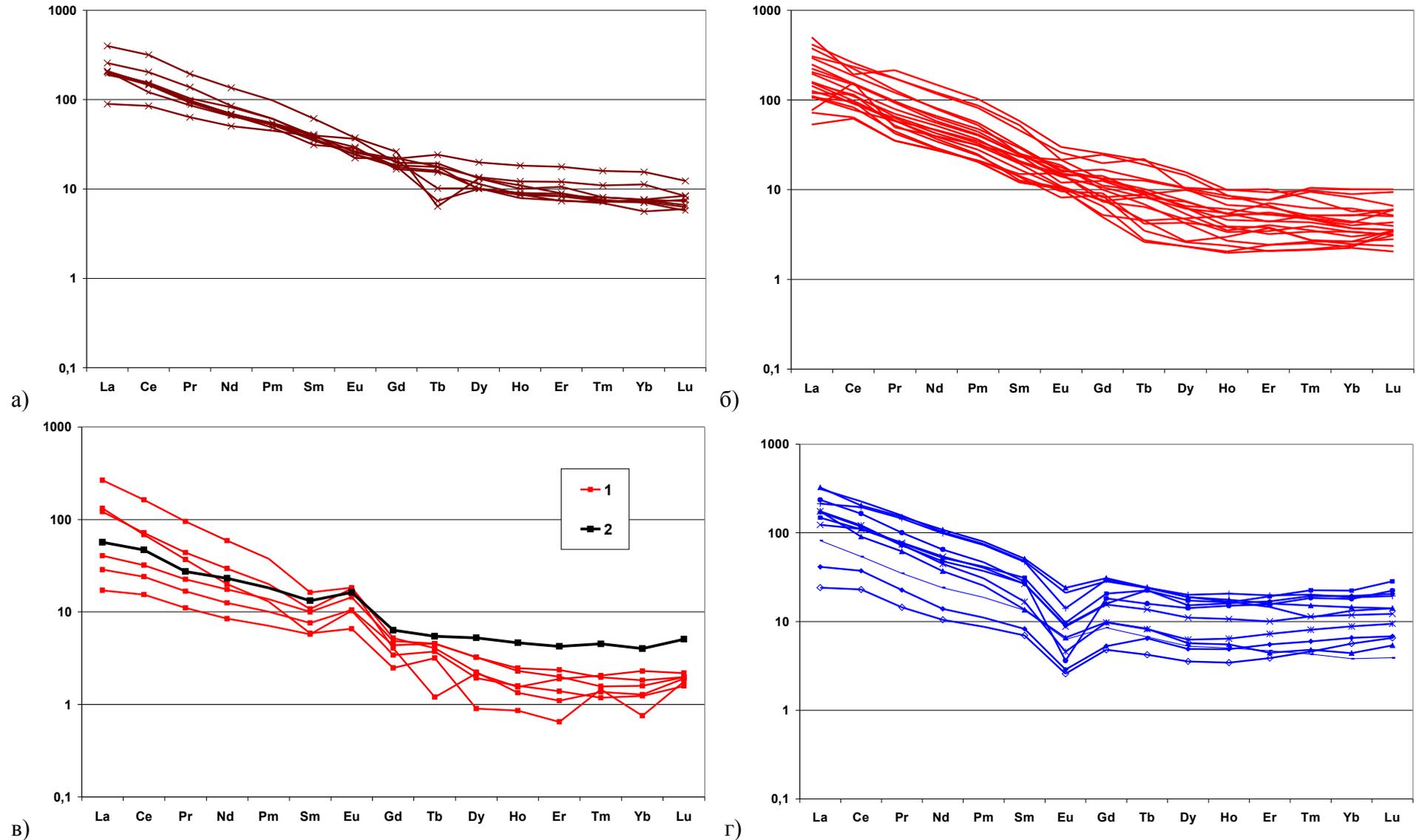


Рис. 7. Тренды распределения редкоземельных элементов, нормированные по хондриту (Sun, McDough, 1989), для пород Ангаро-Витимского батолита и зазинского комплекса.

а) диориты и монцодиориты; б) интрузивные граниты; в) граниты автохтонной фации (1), сланец основного состава (2); г) граниты зазинского комплекса.

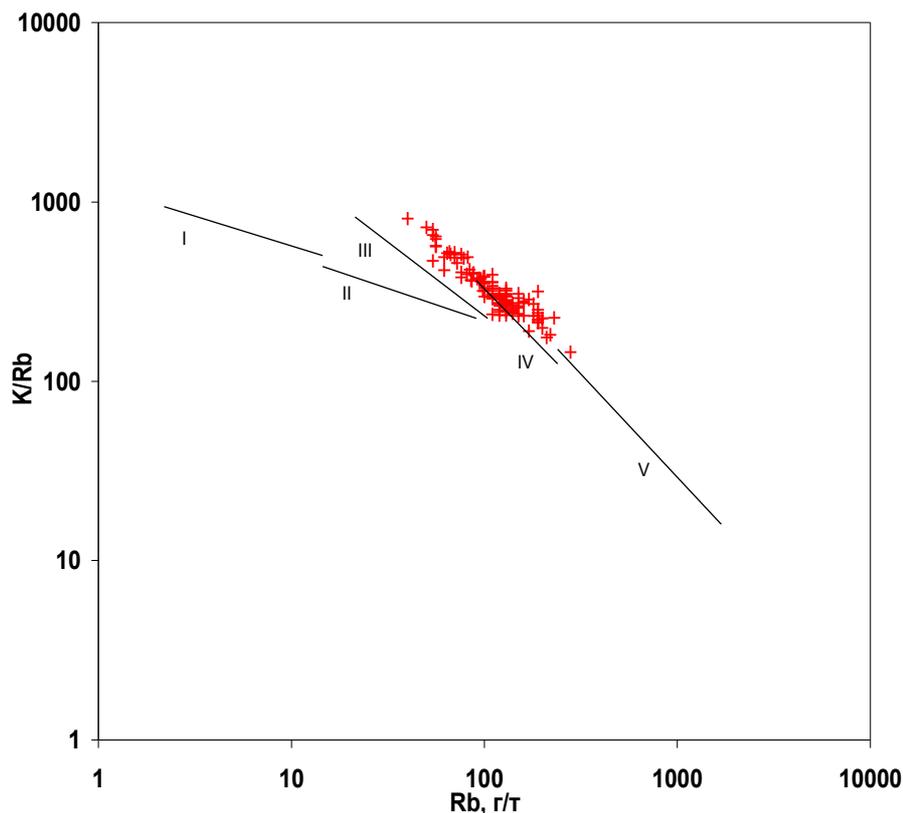


Рис. 8. Сравнительная диаграмма зависимости Rb и K/Rb для гранитов Ангаро-Витимского батолита с трендами главных фаз различных моделей формирования фанерозойских батолитов Восточной Сибири и Монголии (Grebenshchikova, Koval, 2004).

Тренды: I – плагиогранитная модель, II – тоналитовая модель, III – монцонит-гранодиоритовая модель, IV – гранодиоритовая модель, V – гранитная модель.

Исходя из полученных данных, можно сформулировать **второе защищаемое положение:**

**Петрохимические характеристики гранитов Ангаро-Витимского батолита в разных его частях близки, а различия редкоэлементных составов обусловлены, главным образом, составом протолитов. Эволюционные геохимические тренды индикаторных элементов гранитоидов батолита свидетельствуют о известково-щелочном характере первоначальной магмы и о ниже-среднекоровом ее источнике. Гранитоиды зазинского комплекса генетически отличаются от известково-щелочных пород Ангаро-Витимского батолита.**

## **ГЛАВА 5. ПРОБЛЕМА ГРАНИТООБРАЗОВАНИЯ И ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ АНГАРО-ВИТИМСКОГО БАТОЛИТА**

В настоящее время существует несколько концептуальных механизмов образования гранитной магмы, которые, дополняя друг друга, наиболее полно характеризуют процесс гранитообразования в целом: кристаллизационная или флюидно-магматическая дифференциация первоначально базальтоидной или габброидной магмы (Bowen, 1928; Хомичев, 1987, 1998; Пуртов и др. 2002 и др.); гранитизация как магматическое замещение (Коржинский, 1952; Летников, 1975; Слободской, 1979; Жариков, 1996; Коваль, 1998; Гребенщикова, Носков, 2002 и др.) и плавление протолита; парциальное плавление коры (анатексис) под влиянием глубинных флюидов, мантийных плюмов (Менерт, 1963, 1971; Антипин, 1977; Добрецов, 1981; Литвиновский, 1993; Попов, 1995, 1995а, 1997;

Перчук, 1997; Ярмолюк и др., 1997, 2003; G.-N. Chen, R. Grapes, 2007 и др.); магматическое смешение (синтексис) (Добрецов, 1981; Пономарева и др. 1994; Биндеман, Дэвис, 1999 и др.); объемная ассимиляция (Porto et al., 2000 и др.).

Формирование Ангаро-Витимского батолита пытались объяснить многие исследователи. Первая модель Б.А. Литвиновского (1976) предполагала образование гранитоидов батолита в процессе гранитизации вмещающих пород на месте (*in situ*) с мантийным привносом недостающих в протолите элементов (калий, летучие). Вторая его модель (1992) предполагала гибридный механизм гранитообразования: аллохимический анатексис с привносом калия и летучих. Эта модель совмещала начальную гранитизацию с последующим анатексисом, но она не объясняла механизм локализации или удаления оснований из расплава.

Модель Л.С. Бородина (2006) предполагала переплавление регионального протолита, близкого по составу к тоналиту с локализацией рести́та на глубине и внедрение на современный уровень с одновременным образованием аллохтонной и автохтонной фаций. Также Л.С. Бородиным было показано сходство гранитов батолита с гранитами коллизионных обстановок.

Модели В.В. Ярмолюка и др. (1997, 1998) и И.В. Гордиенко и др. (2000, 2003, 2006) учитывают позднепалеозойские датировки и предполагают в качестве источников энергии при гранитообразовании соответственно наличие суперплюма без связи с конкретной геодинамической обстановкой или процесс деляминации в утолщенной коре.

Исходя из оценок состава пород и баланса вещества, можно сделать вывод, что в структуре Байкальской складчатой области было недостаточно калия для образования гранитов с содержанием щелочей и объемом, как у Ангаро-Витимского батолита. Следовательно, привнос калия из внешнего источника, вероятнее всего, имел место.

Характер взаимоотношений между лейкосомой и меланосомой в мигматитах автохтонной фации (Рейф, 1976, с. 69) свидетельствует о простом смешении их составов без признаков анатексиса или гранитизации с выносом оснований, что не соответствует модели образования гранитов *in situ*. Низкое начальное отношение изотопов стронция ( $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 \sim 0,706$ ), наличие магмаподводящих каналов, уходящие на глубину до 30 км и глубина локализации пород повышенной плотности ( $\sim 35$  км) свидетельствуют о глубинном возникновении магмы. Наличие утолщенной коры (60-70 км) при образовании Ангаро-Витимского батолита представляется необходимым условием. Также из этого следует, что процесс образования гранитов автохтонной фации носит локальный характер на уровне внедрения (разбавление субстрата вмещающих пород гранитным расплавом).

В целом полученные данные говорят о том, что процесс гранитообразования проходил в утолщённой коре, по всей видимости, по механизму образования магматического слоя (Chen, Grapes, 2007). Затем происходило перемещение магматического расплава на более высокие уровни. Этот процесс сопровождался компенсационным опусканием крупных блоков по механизму, предложенному В.Н. Анфиловым (2002). Образование мигматитов, гибридизация и

гранитизация вмещающих пород происходила локально на контакте с вмещающими породами (рис. 9).

Отсутствие признаков дифференциации можно объяснить большим объемом и пластообразной морфологией батолита, что привело к медленной и равномерной кристаллизации магмы с локализацией небольшого количества остаточного расплава на глубине и последующим его внедрением в виде даек аплитовидных гранитов.

Независимое от породообразующих элементов распределение калия в гранитах сложно объяснить в рамках магматического процесса. Полученные изотопные данные о более молодом возрасте кристаллов калишпата в гранитах батолита свидетельствуют о проявленности процессов калиевого метасоматоза. Этот процесс мог играть существенную роль в перераспределении калия в породах Ангаро-Витимского батолита.

В связи с влиянием наложенных процессов на изотопные системы пород и минералов необходимо проводить оценку сохранности изотопных систем в породах батолита. Для чего нужно использовать современные методы, в том числе изучение геохимии цирконов. Эти исследования совместно с детальными геохимическими и петрографическими методами позволят решить задачу точного разграничения вещественного состава ранне- и позднепалеозойского этапов.

Полученные данные позволяют сформулировать **третье защищаемое положение:**

**Гранитный расплав Ангаро-Витимского батолита сформировался за счет анатексиса в утолщенной коре пониженной щелочности с последующим перемещением расплава из области магмагенерации на более высокие уровни с одновременным образованием фациальной неоднородности. Медленное и равномерное остывание большого объема гранитной магмы определило отсутствие признаков кристаллизационной дифференциации.**

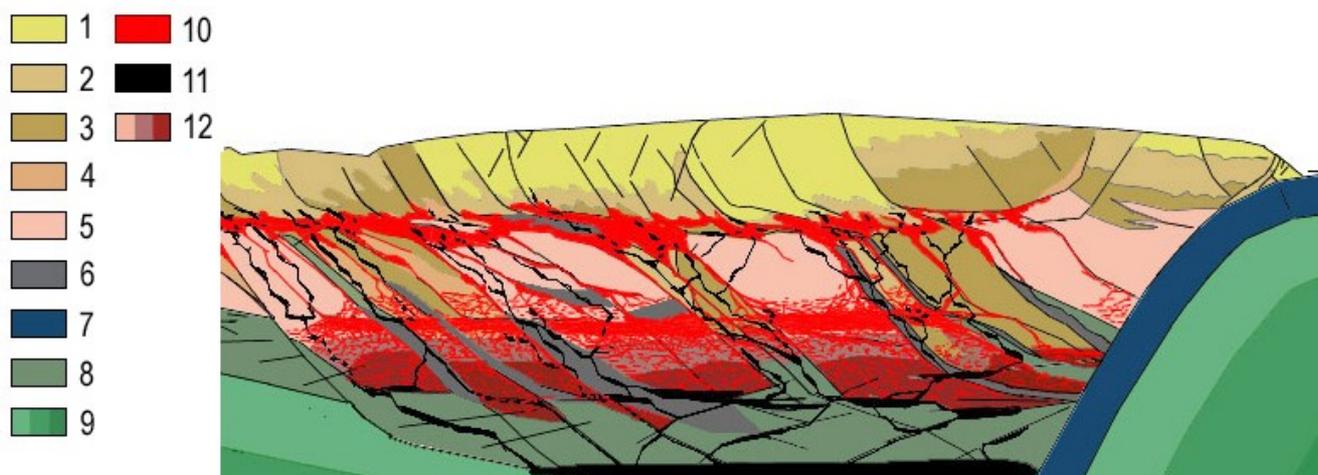


Рис. 9. Модельная схема образования Ангаро-Витимского батолита.

1 – раннепалеозойские отложения, 2 – позднерифейские отложения, 3 – рифейские отложения, 4 – протерозойские отложения, 5 – архейские отложения, 6 – реликтовые блоки океанической коры, 7 – океаническая кора, 8 – нижняя континентальная кора, 9 – литосферная мантия, 10 – гранитоидный расплав, 11 – базитовый расплав, 12 – реститы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основой представленной работы явилась ИБД «Модельный батолит», в которую была собрана авторская и опубликованная литературная информация по Ангаро-Витимскому батолиту.

Геохимическая специфика пород батолита, в частности характер распределения РЗЭ, наличие Eu максимума, особенности распределения Ba, Sr, U, Th обусловлены, главным образом, механизмом образования гранитной магмы, а также составом протолитов. Однородность характеристик гранитов автохтонной и аллохтонной фаций батолита свидетельствуют о едином происхождении гранитного расплава.

Геохимические тренды индикаторных элементов (K, Rb, Sr и др.) и изотопные характеристики гранитоидов Ангаро-Витимского батолита свидетельствуют о известково-щелочном характере первоначальной магмы, а также о ниже-среднекоровом ее источнике.

Предполагается образование гранитной магмы при низкой степени плавления субстрата в области современной нижней коры и относительно быстрый её подъем из области плавления к месту локализации на более высокие горизонты коры.

Вследствие того, что в гранитах присутствуют признаки вторичных изменений, в процессе дальнейшего датирования необходимо проверять сохранность изотопных систем и отсутствие признаков наложенных изменений. Эти исследования совместно с дальнейшим детальным изучением геохимии пород позволят уверенно разграничить вещественный состав гранитоидов ранне- и позднепалеозойских этапов.

Результаты исследований позволили выявить различия характеристик гранитоидов Ангаро-Витимского батолита и зазинского комплексов.

Полученные данные и рассмотрение опубликованной информации позволили определить характерные условия процессов образования Ангаро-Витимского батолита.

### Список публикаций по теме диссертации

#### Статьи в журналах, входящих в перечень ВАК РФ:

1. Ломоносов И.С., Гребенщикова В.И., Брюханова Н.Н., **Носков Д.А.**, Яновский Л.М., Диденков Ю.Н. Распределение селена и фтора в компонентах окружающей среды Прибайкалья // Проблемы региональной экологии. – 2008. – № 5. – С. 28-32.
2. Гребенщикова В.И., **Носков Д.А.**, Герасимов Н.С. Геохимия и условия формирования Ангаро-Витимского гранитоидного батолита, Прибайкалье // Вестник ИрГТУ, 2009. – № 3. – С. 24-30.
3. Герасимов Н.С., Гребенщикова В.И., **Носков Д.А.** Изотопно-геохимические различия баргузинских и зазинских гранитоидов (Восточное Прибайкалье) // Вестник ИрГТУ, 2009 – № 4. – С. 17-22.
4. Ломоносов И.С., Гребенщикова В.И., СклярOVA О.А., Брюханова Н.Н., **Носков Д.А.**, Яновский Л.М., Диденков Ю.Н. Токсичные (ртуть, бериллий) и биогенные (селен, фтор)

элементы в аквальных экосистемах Байкальской природной территории // Водные ресурсы, 2011. – Т. 38, № 2. С. 193-204.

**Сборники статей, тезисы:**

5. Гребенщикова В.И., **Носков Д.А.** Особенности вещественного состава пород Сумсунурского батолита (Восточный Саян) // Вестник ГеоИГУ. Иркутск, 2003. – С. 55-59.
6. **Носков Д.А.**, Гребенщикова В.И. Геохимические тренды гранитоидов Ангаро-Витимского батолита // Вестник Иркутского университета. Специальный выпуск: Материалы ежегодной научно-теоретической конференции молодых ученых. – Иркутск: Иркут. гос. ун-т, 2006. - с. 43-45.
7. **Носков Д.А.**, Гребенщикова В.И. Геолого-геохимические особенности гранитоидов Ангаро-Витимского батолита // Современные проблемы геохимии: Материалы конференции молодых ученых. – Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2006. – С. 29-33.
8. Гребенщикова В.И., Коваль П.В., **Носков Д.А.**, Турутанов Е.Х. Ангаро-Витимский батолит: геолого-геофизические и геохимические особенности строения и составов пород. // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы совещания. Вып. 4. – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2006. – Т. 1. – С. 78-81.
9. Турутанов Е.Х., Гребенщикова В.И., **Носков Д.А.** Форма и размеры Ангаро-Витимского батолита // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса(от океана к континенту): Материалы совещания. Вып. 4. – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2006. – Т. 2. – С. 183-187.
10. Герасимов Н.С., Гребенщикова В.И., Булдыгеров В.В., Дриль С.И., Турутанов Е.Х., **Носков Д.А.** Новая информация о возрасте Ангаро-Витимского батолита // Проблемы геохимии эндогенных процессов и окружающей среды: Материалы Всероссийской научной конференции (с участием иностранных ученых). – Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2007. Т. 2. – С. 50-54.
11. Герасимов Н.С., Гребенщикова В.И., **Носков Д.А.**, Калмычкова Т.Н., Серебренников Л.М. О раннепалеозойском возрасте Ангаро-Витимского батолита // Материалы Всеросс. науч. совещ-я «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту)». – Вып. 5. – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2007. – Т. 1. – С. 49-51.
12. **Носков Д.А.** Особенности распределения редкоземельных элементов в гранитоидах Ангаро-Витимского батолита // Современные проблемы геохимии: Материалы конференции молодых ученых. – Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2007. – С. 37-40.
13. Турутанов Е.Х., Гребенщикова В.И., **Носков Д.А.** Ангаро-Витимский батолит: форма и особенности строения по гравиметрическим данным // Граниты и эволюция Земли: геодинамическая позиция, петрогенезис и рудоносность гранитоидных батолитов: Материалы 1 международной конференции. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2008. – С. 386-389 (на русском и английском языках).
14. **Носков Д.А.**, Гребенщикова В.И., Герасимов Н.С. Геохимические и изотопные характеристики гранитов баргузинского и зазинского комплексов (Ангаро-Витимский батолит) // Тезисы докладов «Четвертая Сибирская международная

- конференция молодых ученых по наукам о Земле». Новосибирск: ИГМ СО РАН, 2008. – С. 205-206.
15. **Носков Д.А.**, Гребенщикова В.И. Петрографические и геохимические особенности гранитов баргузинского и зазинского комплексов (Прибайкалье) // Вестник Иркутского университета. Специальный выпуск: ежегодная научно-теоретическая конференция аспирантов и студентов: материалы. – Иркутск: Изд-во Иркут. Гос. ун-та, 2008. – С. 80-81.
  16. Гребенщикова В.И., **Носков Д.А.**, Герасимов Н.С. Индикаторная роль урана, тория и РЗЭ при разделении гранитоидов баргузинского и зазинского комплексов // Материалы III Международной конференции «Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека». Томск: STT, 2009. – С. 141-145.
  17. **Носков Д.А.**, Гребенщикова В.И. Возрастные и геохимические характеристики пород Ангаро-Витимского батолита // Вестник Иркутского государственного университета: Ежегод. научно-теорет. конф. аспирантов и студентов: материалы. – Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2009. – С. 93-94.
  18. **Носков Д.А.** Проблемы изучения Ангаро-Витимского батолита // Современные проблемы геохимии: Материалы конференции молодых. – Иркутск: Изд-во УРАН Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2009. – С. 61-67.