

На правах рукописи

ОДГЭРЭЛ Дашдоржгочоо



**АБДАР–ХОШУТУЛИНСКАЯ ИНТРУЗИВНО–ДАЙКОВАЯ СЕРИЯ:
ГЕОЛОГИЯ, ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ТИПЫ ГРАНИТОИДОВ И ИХ
ПЕТРОГЕНЕЗИС (ЦЕНТРАЛЬНАЯ МОНГОЛИЯ)**

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

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени кандидата
геолого-минералогических наук

ИРКУТСК - 2009

Работа выполнена в Институте геологии и минеральных ресурсов
Академии Наук Монголии, г. Улаанбаатар

Научный руководитель:

доктор геолого-минералогических наук,
Антипин Виктор Сергеевич

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук,
Цыганков Андрей Александрович

кандидат геолого-минералогических наук,
Дриль Сергей Игоревич

Ведущая организация: Институт геологии и минералогии
им. В.С. Соболева СО РАН,
г. Новосибирск

Защита состоится « 5 » мая 2009 г. в « 10⁰⁰ » часов на заседании
диссертационного совета Д 003.059.01 при Институте геохимии
им. А.П. Виноградова СО РАН (конференц-зал).
Адрес: 664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, д. 1а

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке
Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН.

Автореферат разослан «__26__» марта 2009 г.

Учёный секретарь диссертационного
совета, д. г.-м.н.



Медведев А.Я.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований.

Несомненной является связь вариаций состава и геохимических особенностей гранитоидных пород с условиями их формирования. Ранее это подчеркивалось Ю.А. Кузнецовым (1964) при выделении им целого ряда гранитоидных формаций от субвулканических гранитов до глубинных гранитоидных батолитов различного состава. При решении проблем петрогенезиса гранитоидных пород особый интерес должны представлять интрузивно-дайки серии, включающие как массивы гранитоидов, формирующиеся в условиях автохтонных и аллохтонных фаций, так и сопровождающие их и близкие им по возрасту пояса субвулканических дайковых пород, которые часто выходят за пределы гранитоидных плутонов и локализируются в виде протяженных линейных зон. Широкие вариации состава дайковых тел от основных до редкометалльных кислых пород и их связь с составом близких по возрасту гранитоидных массивов дает возможность расшифровать процессы мантийно-корового взаимодействия и условия формирования исследуемых интрузивно-дайковых серий.

Ярким примером развития классической интрузивно-дайковой серии гранитоидных пород является провинция Корнуолл (Англия), где ряд крупных плутонов субщелочных гранитов Корнубийского батолита пересекается поясом близких к ним по возрасту даек кислых пород: эльванов, кварцевых порфиров, микрогранитов (Рундквист, 1980; Darbyshire, Shepherd, 1994; Антипин и др., 2002). На примере данной провинции исследователями показана важная магмо- и рудоконтролирующая роль дайковых поясов, участвующих в становлении интрузивно-дайковых серий и сопровождающего их оруденения (Sn, W, Cu).

В последние годы в Южной Сибири (хребет Хамар-Дабан) исследована интрузивно-дайковая серия редкометалльных пород, в составе которых развиты интрузии литий-фтористых гранитов, а также дайки монцодиоритов, кварцевых монцонитов, граносиенитов, эльванов и онгонитов (Антипин и др., 1999). Указанные породы образуют единый интрузивно-субвулканический Уругудей-Утуликский пояс, протягивающийся на расстояние более 100 км, близких по возрасту верхнепалеозойских гранитных интрузий и даек различного состава. В генетической связи с этими редкометалльными породами Прибайкалья находится Sn и W минерализация.

Модельным примером рассматриваемых серий пород на территории Монголии является Абдар-Хошутулинская интрузивно-дайковая серия, магматические породы которой изучены крайне недостаточно, а изотопно-геохимические данные по ним практически отсутствуют. Кроме важности рассмотрения проблем петрогенезиса на примере Абдар-Хошутулинской серии, представленной разнообразными магматическими породами от известково-щелочных гранитоидов до щелочных сиенитов и ультракислых литий-фтористых гранитов, данная серия может рассматриваться в качестве эталонного объекта развития магматизма с разнообразной геохимической специализацией в периферической зоне раннемезозойского ареала Монголо-Забайкальской области наряду с такими модельными гранитоидными массивами как Жанчивланский, Богдо-Улинский, Бага-Газрынский, Горихинский, Дзун-Баинский и др. Анализ

геологических особенностей и геохимической эволюции исследуемых магматических пород позволит глубже понять природу и процессы формирования интрузивно-дайки с различной вещественной спецификой. Всестороннее рассмотрение этой петролого-геохимической проблемы является весьма актуальной задачей фундаментальных исследований, а также может иметь практическое значение в связи с развитием среди пород серии редкометалльных и рудоносных образований.

Цель и задачи исследований.

Целью работы является установление геологической и возрастной позиции Абдар-Хошутулинской интрузивно-дайки серии, развитой в пределах раннемезозойского ареала магматизма Монголии, изучение петрографии, геохимических особенностей слагающих ее пород и выяснение петрогенетических условий формирования серии.

Для достижения этой цели выполнялись следующие основные задачи:

1. Установление геологического и возрастного положения гранитоидных пород Абдар-Хошутулинской интрузивно-дайки серии.
2. Анализ внутреннего строения и зональности Хошутулинского и Абдарского массивов и минералого-петрографическая характеристика слагающих их пород, а также образований сопровождающего интрузии дайкового пояса.
3. Рассмотрение петрохимических особенностей всех главных разновидностей пород при формировании Абдар-Хошутулинской интрузивно-дайки серии. Выявление закономерностей поведения редких и редкоземельных элементов в процессах формирования различных геохимических типов исследуемых пород.
4. Анализ петрогенетических условий формирования интрузивных и субвулканических пород Абдар-Хошутулинской интрузивно-дайки серии.
5. Оценка практического значения выполненных исследований.

Научная новизна работы

1. Впервые надежно установлен возраст многофазного Хошутулинского массива и показано геологическое положение магматических пород различных геохимических типов интрузивно-дайки серии в раннемезозойском ареале магматизма Центральной Монголии.
2. Рассмотрено эволюционное развитие гранитоидного магматизма от ранних палингенных известково-щелочных гранитоидов до щелочных пород и редкометалльных Li-F гранитов на позднем этапе становления интрузивно-дайки серии.
3. На основе петрогеохимических данных выделены вещественные типы гранитоидных пород и показана роль мантийно-корового взаимодействия при их формировании.

Фактический материал и методы исследований

В основу диссертации положены результаты геологических и петролого-геохимических исследований и материалы, полученные автором во время совместных полевых работ 2003-2008 г.г. Института геологии и минеральных ресурсов АНМ и Института геохимии СО РАН. Детально опробованы все главные разновидности пород Хошутулинского массива и сопровождающего его

дайкового пояса, а с целью выяснения их взаимоотношений и характера проявленной зональности исследуемого плутона была составлена геолого-петрографическая карта его северной части в масштабе 1:10000. Было проведено также дополнительное опробование всех главных типов пород Абдарского гранитного массива.

Всего было отобрано около 300 проб и образцов всех разновидностей магматических горных пород преимущественно гранитоидного состава. По ним были изготовлены шлифы, которые изучались под микроскопом, и в работе дано их описание совместно с фотографиями шлифов. Для выполнения петрохимических и геохимических исследований все главные разновидности исследуемых пород были проанализированы на большой круг петрогенных и редких элементов в аналитических лабораториях Института геохимии СО РАН методами: пламенной фотометрии, рентгено-флюоресцентного анализа, ICP MS, атомно-эмиссионного и химического силикатного анализов. В выполнении этих анализов участвовали многие аналитики: Л.Н. Матвеева, Н.М. Бехтерева, Г.А. Погудина (химический силикатный анализ), Л.А. Чувашова, Е.В. Смирнова, В.И. Ложкин (ICP MS), С.И. Шигарова, Л.В. Алтухова (K, Na, Li, Rb, Cs), Л.П. Коваль, С.Н. Арбатская (Nb, Ta, Zr, Hf), О.В. Зарубина, А.И. Кузнецова, В.А. Русакова, (Ba, Sr, Sn, Pb, Zn и др.). Определение возраста изохронным Rb-Sr методом гранитоидов Хошутулинского массива было проведено С. Амар-Амгалан (Department of Earth Science, Shimane University, Matsue, Japan).

С целью сравнительного анализа петрогеохимических особенностей магматических пород интрузивно-дайковых серий различных провинций (Корнуолл, Прибайкалье) были использованы многочисленные опубликованные ранее данные, которые позволяют более полно рассмотреть в работе вещественную эволюцию магматизма исследуемой Абдар-Хошутулинской интрузивно-дайковой серии.

Основные защищаемые положения

1. Абдар-Хошутулинская интрузивно-дайковая серия объединяет зональные Хошутулинский, Абдарский массивы и дайковый пояс, сформированные в единой структурной зоне северо-восточного простираия. Исследуемая серия гранитоидов расположена в периферической зоне раннемезозойского ареала магматизма, центральную часть которого занимает Дауро-Хентейский батолит.
2. Формирование Абдар-Хошутулинской серии соответствует единому магматическому циклу и происходило в два последовательных этапа. На раннем этапе образовался многофазный Хошутулинский плутон (224 млн. лет) палингенных гранитоидов известково-щелочного и субщелочного состава с одновременным проявлением щелочно-сиенитового магматизма. На позднем этапе магматизм сместился в линейную структурную зону северо-восточного простираия с образованием дайкового пояса гранитных пород. Становление интрузивно-дайковой серии завершилось развитием редкометалльно-гранитного магматизма в виде Абдарской интрузии (209-212 млн. лет) на юго-западном окончании пояса.
3. Выделены следующие геохимические типы гранитоидов: 1) палингенные гранитоиды известково-щелочного ряда (Хошутулинский массив и

дайковый пояс); 2) гранитоиды щелочного ряда (щелочные сиениты и кварцевые сиениты с рибекитом); 3) плюмазитовые редкометалльные лейкограниты (Li-F граниты) (Абдарский массив). В дайковом поясе этому геохимическому типу принадлежат впервые обнаруженные онгониты г.Цохула, которые в максимальной степени обогащены фтором (0,43-0,85%) и характерными для Li-F гранитов редкими элементами: Li, Rb, Sn, Nb, Ta. Установлено два тренда геохимической эволюции в пределах исследуемой серии, которые соответствуют последовательным этапам ее формирования.

4. На раннем этапе геохимической эволюции серии образовались гранитоиды палингенового корового происхождения в ассоциации с глубинным магматизмом субщелочного и щелочного состава. На заключительном этапе формировались субвулканические дайки (включая онгониты) и Абдарский массив редкометалльных Li-F гранитов, обогащенные многими литофильными элементами, когда значительную роль играли процессы магматической и флюидно-магматической дифференциации.

Практическая значимость работы

В пределах развития Абдар-Хошутулинской интрузивно-дайковой серии установлены различные геохимические типы гранитоидных пород, включая и их редкометалльные разновидности. Обнаружено новое проявление онгонитов на территории Монголии. Исследование редкометалльных интрузий и дайковых поясов с онгонитами дает возможность более целенаправленно вести поиски ассоциирующего с ними редкометалльного оруденения на территории Монголии и Центральной Азии. Полученные геолого-геохимические данные могут найти применение в производственной практике с целью выявления новой редкометалльной минерализации.

Хошутулинский гранитоидный массив расположен на территории природного заповедника. Поэтому проявляется повышенный интерес к изучению его геологического строения и вещественного состава горных пород г.Хошутула и соседних горных массивов. В этом отношении геолого-геохимические исследования на территории заповедника приобретают дополнительную практическую значимость и актуальность.

Апробация работы и публикации

Основные положения и результаты работы были представлены на научных совещаниях «Современные проблемы формационного анализа, петрология и рудоносность магматических образований» (Новосибирск, 2003), по программе фундаментальных исследований «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту) (Иркутск, 2004, 2005, 2007, 2008 г.г.), на Всероссийском петрографическом совещании «Петрография в XXI веке» (Апатиты, 2005). По теме диссертации опубликовано 12 работ в журналах, сборниках и материалах совещаний.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, 5 глав и заключения, содержит 16 таблиц, 40 рисунков и список литературы, включающий 172 наименования.

Благодарности

Автор выражает глубокую благодарность своему научному руководителю д.г.-м.н В.С. Антипину, проф. О. Гэрэл за советы и консультации в процессе

работы над диссертацией, академику РАН М.И. Кузьмину, академику АНМ О. Томуртоого, к.г.- м.н. А.Б. Перепелову за активную помощь и поддержку на всех этапах работы. Автор считает своим долгом выразить искреннюю благодарность сотрудникам Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН В.А. Макрыгиной, А.Я. Медведеву, С.И. Дрилю, Л.А. Чувашовой, Л.П. Коваль, Л.Л. Румянцевой, В.К. Жилкиной, М.А. Митичкину и многим другим сотрудникам, оказавшим помощь в выполнении работы. Автор выражает глубокую благодарность преподавателям Университета наука и технологий (Улаанбаатар) к.г.-м.н. Монхцэнгел, к.г.-м.н. Амарамгалан, к.г.-м.н. Батулзий. Автор искренне признателен директору Института геологии и минеральных ресурсов АНМ к.г.-м.н. Д. Томурхуу, к.г.-м.н. Д. Оролмаа, к.г.-м.н. Г. Ээнжин, к.г.-м.н. Ц. Наранцэцэг и всем другим сотрудникам за поддержку, советы и консультации. Выполнение этих исследований было бы невозможно без активной помощи Б. Болдбаатара во время экспедиционных работ, и автор приносит ему теплые чувства своей признательности.

Глава I. Геология и петрография пород Абдар-Хошутулинской интрузивно-дайкивой серии.

Абдар-Хошутулинская интрузивно-дайкивая серия гранитоидных и ассоциирующих с ними пород (рис. 1) расположена в Монголо-Забайкальской раннемезозойской магматической области, представленной обширным (1500x800 км) зонально построенным ареалом интрузивных и вулканических пород в западной части Монголо-Охотского пояса. Центральную часть или «ядро» указанного ареала образует крупнейший в Центральной Азии Дауро-Хентейский батолит, по периферии которого распространены вулканоплутонические породы субщелочного и щелочного состава, а также интрузии известково-щелочных, в том числе и редкометалльных литий-фтористых гранитов (Коваленко и др., 1984; Ярмолук и др., 2002; Ярмолук, Коваленко, 2003). Абдар-Хошутулинская серия пород расположена в периферической зоне раннемезозойского ареала магматизма.

Геологическое положение, возраст и петрография гранитоидов Хошутулинского массива и дайковой пояса.

а) Геолого-структурное положение Хошутулинского массива и связанной с ним дайковой серии. По своим морфологическим особенностям и структурному положению Хошутулинский массив и сопровождающая его дайковая серия отличаются от типичных гипабиссальных интрузий раннемезозойского магматического ареала Монголии сочетанием интрузивных и субвулканических фаций в пределах протяженной разломной зоны, протягивающейся на несколько десятков километров. Породы исследуемой серии расположены в 120 км к юго-западу от Улан-Батора на правом берегу р.Толы (рис. 1). Они образуют здесь наиболее крупный и изометричный в плане Хошутулинский массив с площадью выхода пород около 180 км². Он залегает среди осадочно-метаморфических образований нижней и средней толщ мандальской серии относимой исследователями к девонскому возрасту (Геологическая карта Монголии масштаба 1:1000000, 2001).

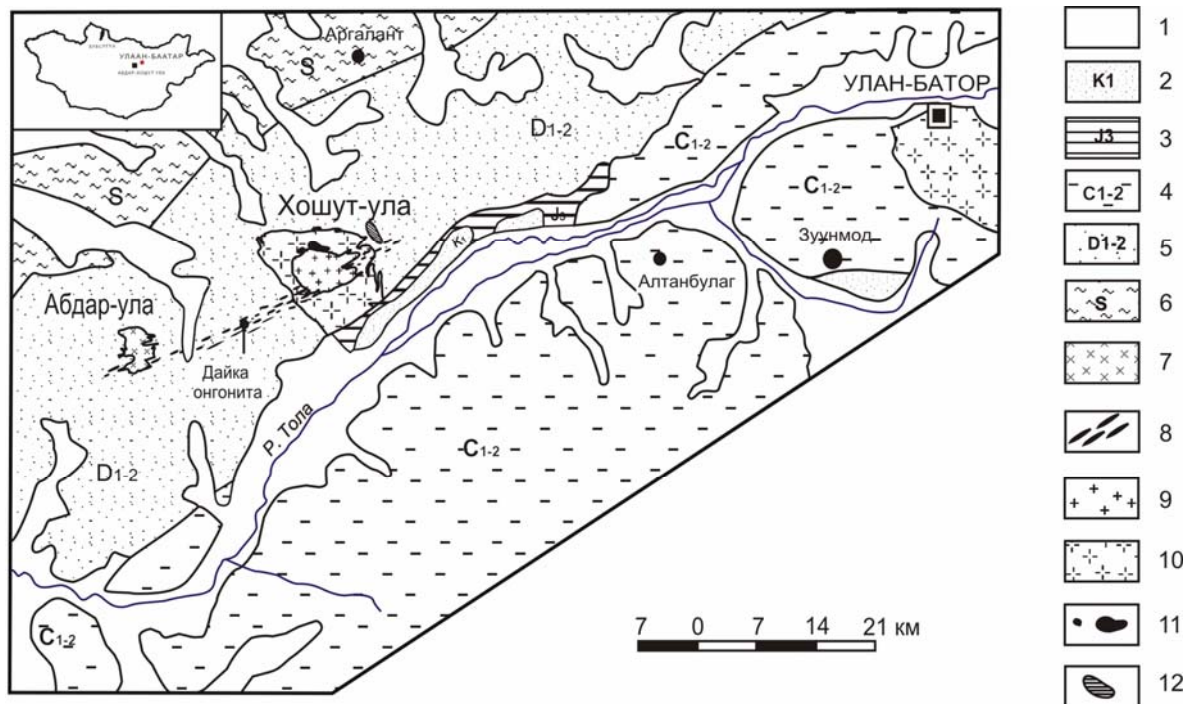


Рис. 1. Схематическая карта Абдар-Хошутулинской интрузивно-дайковой серии Центральной Монголии.

1 - четвертичные отложения; 2 – континентальные туфогенно-терригенные породы (K); 3 – брекчии, конгломераты и песчаники (J); 4 – песчаники, алевролиты и гравелиты (C₁₋₂); мандальская серия: 5 – песчаники, сланцы с прослоями кварцитов и лав метадолеритов; 6 – флиш, содержащий прослойки вулканитов основного и среднего состава (S); Абдар - Хошутулинская интрузивно-дайковая серия: 7 – лейкограниты, среднезернистые, порфировидные и пегматоидные амазонит-альбитовые граниты; 8 – дайки средне- и мелкозернистых гранитов, гранит-порфиров, граносиенит-порфиров и риолит-порфиров; 9 - крупно- и среднезернистые биотитовые граниты (II фаза); 10 – порфировидные крупнозернистые амфибол-биотитовые граниты (I фаза); 11 – интрузии крупнозернистых щелочных сиенитов; 12 - позднепалеозойские интрузии среднезернистых и крупнозернистых диоритов.

При этом нижняя песчаниковая толща мандальской серии, мощностью до 2000м, образована мелкозернистыми песчаниками, сильно рассланцованными и метаморфизованными, чередующимися с кварц-альбит-биотитовыми и двуслюдяными сланцами, иногда с горизонтами кварцитов. Средняя кварцито-вулканогенно-сланцевая толща имеет мощность до 1800 м и представлена зелеными кварц-альбит-хлорит-мусковитовыми, двуслюдяными и другими сланцами, а также альбит-эпидот-хлоритовыми метаморфизованными сланцами по основным эффузивам с частыми прослоями серых и зеленых кварцитов. Верхняя толща мандальской серии мощностью до 2000 м, представленная песчаниками с прослоями алевролитов и филлитов, распространена к северу от района исследований. С юга Хошутулинский массив перекрыт толщей континентальных отложений мезозоя и кайнозоя.

В районе исследований по данным И.Б. Филипповой и В.С. Антипина породы мандальской серии образуют плоскую брахиантиклиналь северо-

восточного простирания, к сводовой части которой приурочен Хошутулинский гранитоидный массив. Различным является характер экзоконтактовых изменений вмещающих пород. В западном и северном экзоконтактах массива песчаники и сланцы преобразованы в массивные роговики, мощность зоны которых от контакта достигает несколько сотен метров. В районе восточного контакта массива песчано-сланцевые породы интенсивно деформированы и метаморфизованы. При этом общая ширина зоны контакто-измененных пород к востоку от массива составляет 5-6 км. На наибольшем удалении от него вмещающие породы превращены в мелкозернистые массивные роговики, которые затем по направлению к массиву сменяются кристаллическими сланцами и полосчатыми гнейсами. Вблизи непосредственного контакта последние превращаются в мигматиты с полосчатой и микроскладчатой структурой, либо в крупнозернистые гнейсовидные граниты. В целом преобразования пород вмещающей терригенной толщи в районе восточного контакта Хошутулинского массива соответствуют условиям амфиболитовой фации метаморфизма. Система даек к юго-западу и северо-востоку от Хошутулинского массива приурочена к линейной зоне общего северо-восточного простирания. Судя по положению даек, эта зона имеет крутое (70-80°) падение в юго-восточном направлении.

б) Возраст пород массива и сопровождающих его даек.

Ранее в процессе геолого-съёмочных работ на площади развития пород исследуемой интрузивно-дайки серии выполнялись отдельные определения возраста K-Ar методом. Для гранитоидов Хошутулинского массива эти данные, включая и определения возраста по биотитам, находились в интервале 214-242 млн. лет, что соответствует их раннемезозойскому возрасту. Более точные и надежные геохронологические данные по гранитоидом различных фаз Хошутулинского массива были получены по нашим материалам лишь в 2003 году на основе Rb-Sr метода (возраст определен С. Амар-Амгалан в Department of Earth Science, Shimane University, Matsue, Japan).

Все главные разновидности гранитных пород, принадлежащие различным фазам Хошутулинского массива, достаточно хорошо ложатся на единую изохрону с возрастом 224 млн. лет (рис. 2). Это вполне согласуется с датировками других крупных плутонов раннемезозойского ареала магматизма Центральной Монголии: Бага-Хентейский – 210 млн. лет, Rb-Sr; Дзархынгольский – 211 млн. лет, U-Pb; Жанчивланский – 195,3 млн. лет, U-Pb; Бага-Газрынский – 197 млн. лет, Rb-Sr; Юдыгынский – 210 млн. лет, Rb-Sr (Коваленко и др., 1999). Гранитоиды Хошутулы имеют не только близкий возраст с перечисленными массивами данного ареала, но и сходные с их породами значения первичного отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, в диапазоне 0,7050 – 0,7060. По-видимому, это сходство изотопных характеристик имеет петрогенетическое значение, так как формирование данного обширного ареала происходило в рамках единого магматического цикла. Дайковый пояс гранитоидных субвулканических пород в районе Хошутулинского плутона пересекает породы его ранней фазы и образует единую с гранитами его поздних фаз серию интрузивно-дайковых тел. На этом основании можно говорить о несколько более позднем, либо близко одновременном возрасте формирования дайкового пояса и Хошутулинского массива в пределах Центральной Монголии.

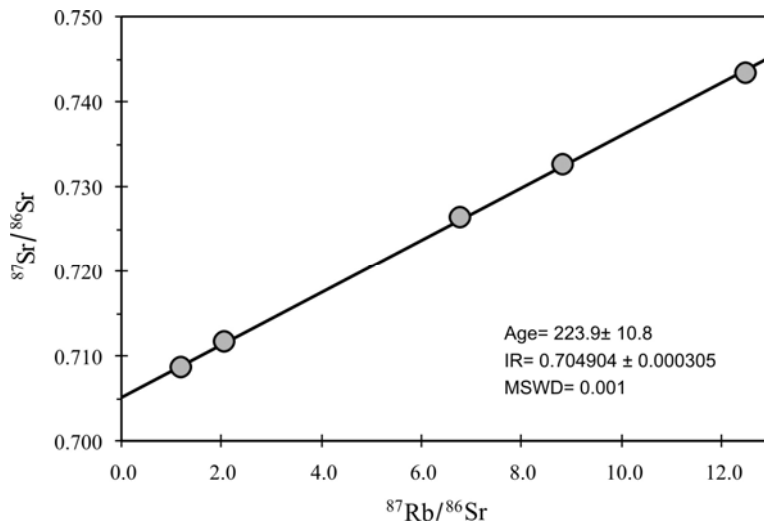


Рис. 2. Rb – Sr изохрона для гранитов различных фаз Хошутулинского массива.

в) Последовательность формирования и петрографическая характеристика главных разновидностей пород.

Наиболее крупным проявлением гранитоидного магматизма в исследуемом регионе является Хошутулинский массив, который имеет изометричную форму с близкими к прямолинейным западным и северным контактами и весьма сложной конфигурацией восточной контактовой зоны. Массив имеет зональное внутреннее строение (Антипин, 1977), периферическая часть которого сложена крупнозернистыми порфировидными амфибол-биотитовыми гранитами и гранодиоритами 1-й фазы. В центральной части плутона установлено штокообразное тело, сложенное крупно- и среднезернистыми биотитовыми гранитами 2-й фазы, которые представляют собой апикальные части гранитного массива. В юго-западном и северо-восточном направлениях от центрального гранитного тела протягивается серия многочисленных субпараллельных даек, пересекающих граниты 1-й фазы, контакты массива с вмещающими породами и продолжающиеся среди последних.

На раннем этапе становления Хошутулинского гранитоидного плутона в его северной части вблизи контакта пород 1-й и 2-й фаз внедрились два сравнительно небольших тела крупнозернистых иногда порфировидных амфиболовых щелочных сиенитов (рис. 3).

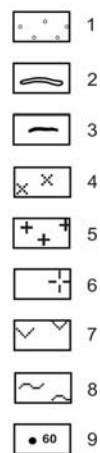
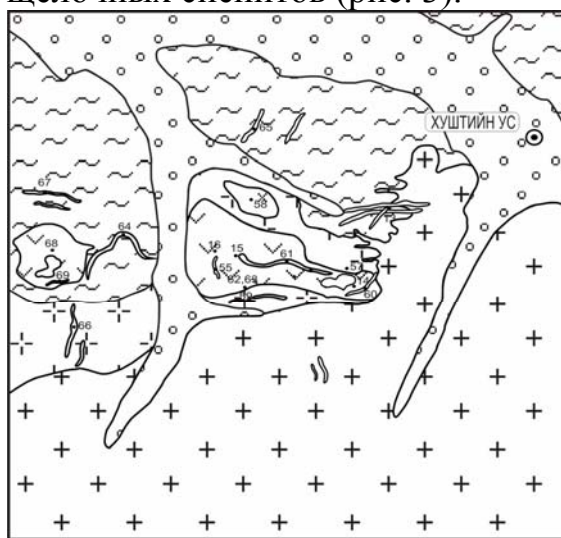


Рис. 3. Геологическая карта северной части Хошутулинского массива (составили Д. Одгэрэл, В.С. Антипин, 2004).

1- четвертичные отложения, 2 – дайки жильных гранитов и аплитов, 3 – кварцевые жилы, 4 – пластовое тело мелкозернистых гранитов с биотитом, 5 – среднезернистые биотитовые граниты 2-й фазы, 6 – крупнозернистые порфировидные амфибол-биотитовые граниты 1-й фазы, 7 – рибекитовые щелочные сиениты, 8 – сланцы, песчаники и кварциты средней толщи мандальской серии, 9 – точки отбора проб.

кварциты средней толщи мандальской серии, 9 – точки отбора проб.

Крупнозернистые порфиroidные граниты первой фазы

Хошутулинского массива сложены плагиоклазом An_{16-26} (30-40%), К-На полевым шпатом (25-30%), кварцем (25-30%), биотитом (7-9%) и роговой обманкой (1-3%). В качестве обычных акцессорных минералов в них встречаются сфен, ортит, магнетит, циркон и апатит.

Щелочные сиениты в северной части Хошутулинского массива представлены крупнозернистыми породами со слабо выраженной порфиroidностью. Крупные кристаллы в них образованы К-На полевым шпатом с высоким содержанием альбитового компонента ($Or_{70}Ab_{30}$). Кроме щелочного полевого шпата парагенезис минералов в них состоит из среднего плагиоклаза An_{28-35} , щелочного амфибола, биотита и иногда кальцита. Рибекит присутствует в виде идиоморфных таблитчатых и ксеноморфных зерен размером 1.5 – 2.0 мм. Ассоциация второстепенных и акцессорных минералов представлена биотитом, кварцем, апатитом, цирконом, ортитом, сфеном и магнетитом. На контакте порфиroidных гранитов 1-й фазы с щелочными сиенитами образуются переходные разновидности пород, позволяющие определить их взаимоотношения. Главной особенностью является то, что минералы сиенитов вступают в реакционные взаимоотношения с минералами гранитов 1-й фазы. Так, изометричные зерна роговой обманки гранитов обрастают каймами синеватого щелочного амфибола. Последний развивается также по трещинкам внутри зерен роговой обманки. Лучистые агрегаты рибекита тяготеют к выделениям биотита и облекают или обрастают пластинки последнего. К таким агрегатам биотита и рибекита приурочены скопления зерен магнетита, возможно, образующиеся в результате реакционных взаимоотношений этих минералов, содержащих железо. Особенно это хорошо видно, когда щелочной амфибол развивается по трещинам спайности в биотите. К таким новообразованным агрегатам зерен биотита и амфибола иногда приурочены выделения зерен сфена. Приведенные выше петрографические наблюдения являются свидетельством несколько более позднего времени образования щелочных сиенитов относительно гранитоидов 1-й фазы Хошутулинского массива.

Среднезернистые граниты 2-й фазы, слагающие горный массив с центральной вершиной г. Хошут-Ула, состоят из кварца (30-35%), К-На полевого шпата (35-40%), олигоклаза An_{12-25} (20-25%), биотита (2-3%) и редких чешуек мусковита. Среди второстепенных минералов в них отмечаются циркон, апатит, ильменит, магнетит, иногда гранат, реже сфен и флюорит.

Порфиroidные субвулканические породы дайкового пояса представлены гранит-порфирами, граносиенит-порфирами, и фельзитами. Количественные соотношения вкрапленников и основной массы в них резко меняются. В фельзитах это единичные небольшие вкрапленники кварца, а структура матрикса в них часто сферолитовая, либо аллотриоморфнозернистая. В гранит-порфирах количество вкрапленников достигает 25-30%, и они представлены обычно идиоморфными выделениями кварца, К-На полевого шпата и редким плагиоклазом. Иногда в гранит-порфирах наблюдаются фенокристы биотита. В граносиенит-порфирах среди вкрапленников полевых шпатов резко преобладает К-На полевой шпат, а кварц встречается весьма редко.

Вблизи г. Цох-ула к юго-западу от Хошутулинского массива в дайковом поясе обнаружена дайка мощностью от 1 до 2 метров и протяженностью до 250 метров с падением на СЗ 25-30°. Породы Цохулинской дайки имеют все характерные петрографические признаки редкометалльных онгонитов, которые впервые были открыты в районе месторождения Онгон-Хайрхан в Монголии (Коваленко и др., 1971). Дайка онгонитов представлена порфиоровыми породами с редкими вкрапленниками серого кварца, К-На полевого шпата, кислого плагиоклаза и редких чешуек черной слюды. Количество вкрапленников составляет 10-15%. Основная масса онгонитов скрытокристаллическая или тонкозернистая и иногда несет признаки течения расплава в виде флюидалности вблизи контакта дайки с вмещающей толщей. В щелочном полево шпате хорошо видны тонкие прожилковатые пертитовые вроски. Кроме отдельных фенокристаллов, К-На полевой шпат часто образует каймы вокруг вкрапленников кислого плагиоклаза, что является характерной петрографической особенностью типичных онгонитов. Иногда эти каймы калишпата переходят в тонкое прораствание с кварцем, образуя гранофировую структуру. Среди вкрапленников отмечены также редкие пластинки биотита, а в основной массе встречены тонкие чешуйки светлой слюды. В основной массе содержатся изометричные зерна флюорита, а иногда удлиненные или неправильной формы зерна топаза, что также свойственно онгонитам и подтверждает возможность кристаллизации этих фторсодержащих минералов из магматического расплава. Таким образом, в пределах Хошутулинского массива и сопровождающего его дайкового пояса наблюдаются гранитоидные породы с различными минеральными ассоциациями, степенью кристалличности и различающиеся петрографическими особенностями, что характеризует разнообразные условия их формирования.

Геологическое положение, возраст и петрография редкометалльных гранитов Абдарского массива.

а) Геологическое положение и возраст. Абдарский массив расположен приблизительно в 150 км от г. Улан-Батор на юго-западном продолжении Хошутулинского плутона и сопровождающей его дайковой серии пород. Как и Хошутулинский массив, он залегает среди метаморфизованных пород песчано-сланцевого комплекса мандальской серии. Вмещающими для Абдарского массива являются породы верхней и частично средней толщ указанной серии. Первые данные о возрасте гранитов Абдарского массива были получены К-Аг методом по биотитам, и вычисленный по ним средний возраст интрузии в 207 млн.лет близок к значениям 209-212 млн. лет, определенным Rb-Sr методом, (Коваленко и др., 1999). Кроме того для Абдарского массива исследователями приводятся величина $\epsilon Nd (T)$, равная (+1.2), а также возраст протолита $T(ДМ-2)=906$ млн. лет.

Судя по зональному внутреннему строению массива, взаимоотношениям его с вмещающими толщами, простиранию пологой отдельности гранитов, совпадению с ней простирания ксенолитов слоистых вмещающих пород и, наконец, равномерной ширине полосы роговиков вокруг массива, вполне может быть сделано заключение о куполовидной форме интрузии, апикальная часть которой расположена вблизи вершины г. Абдар-Ула (Коваленко и др., 1971; Антипин, 1977). Форма Абдарского массива в плане является близкой к прямоугольной. При ширине интрузива в 2,0-2,5 км протяженность его с севера на

юг составляет около 6 км, а площадь выхода пород массива не превышает 10 км². В центральной части наибольшие площади массива сложены среднезернистыми лейкогранитами с биотитом. Эта часть ранних лейкогранитов окаймлена прерывистый на востоке зоной среднезернистых амазонит-альбитовых гранитов, которые встречаются также в апикальных частях. Непосредственно вблизи контакта массива с вмещающими метаморфическими породами наблюдается узкая зона аплитовидных гранитов с многочисленными пегматоидными шлирами кварц-микроклинового состава. Переходы между перечисленными разновидностями абдарских гранитов обычно постепенные. В восточной эндоконтактной части массива наблюдалась зональная дайка аплитовидных и амазонитовых пегматоидных гранитов мощностью около 5 м.

б) Петрографическое описание гранитов

В лейкогранитах Абдарского массива наиболее идиоморфными являются округлые или гексогонального сечения зерна кварца и таблитчатые, иногда с неправильными краями, выделения альбит-олигоклаза (An_{4-18}). Калиевый полевой шпат имеет состав в среднем $Or_{77}Ab_{23}$ и образует довольно идиоморфные зерна с неровными краями и содержащимися в их центральных частях пертитами. Иногда в минерале видна микроклиновая решетка. Биотит в породе представлен отдельными пластинками или мелкочешуйчатыми агрегатами, и количество слюды в лейкогранитах обычно составляет около 2.5-3%. Характерными второстепенными минералами в них являются магнетит, ильменит, флюорит, циркон и монацит.

Среднезернистые амазонит-альбитовые граниты в отличие от ранних лейкогранитов имеют более кислый состав плагиоклаза (An_{2-7}). Калиевый полевой шпат в них представлен микроклином с меньшим количеством пертитов и соответственно с меньшим содержанием альбитового минала (Or_{81-85}, Ab_{19-15}). Кварц образует зерна с идиоморфными очертаниями, часто с волнистым или мозаичным угасанием. Слюды представлены пластинками с неровными краями или ксеноморфными агрегатами и относятся к литий-железистому типу. Граниты с порфирированной структурой и мелкозернистой гранофировой основной массой в эндоконтактной зоне массива характеризуются переходом их в породы с неравномернотернистым строением, а также появлением пегматоидных обособлений. Непосредственно вблизи контакта гранитов с вмещающими породами характерно появление крупных шлиров также амазонит-альбитовых пегматитов по минеральному составу близких к гранитам Абдарского массива. Для амазонит-альбитовых гранитов характерны следующие акцессорные минералы: флюорит, циркон, ильменит, магнетит, колумбит-танталит.

Глава II. Сравнительная петрохимическая характеристика гранитоидов Хошутулинского и Абдарского массивов и связанной с ними дайковой серии.

На классификационной диаграмме $(Na_2O+K_2O) - SiO_2$ (Классификация и номенклатура ..., 1981) (рис. 4) хорошо видно, что породы исследуемой серии обладают достаточно широкими вариациями химизма и большая их часть попадает в область субщелочных составов, что отражает повышенную щелочность этих образований ($Na_2O+K_2O=8-12\%$). Однако часть составов пород

находится в поле нормальной щелочности ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}=6-8\%$), либо тяготеет к границе его с полем субщелочных составов. По кремнекислотности также наблюдаются весьма широкие вариации от наименее кремнекислых щелочных сиенитов и меланократовых гранитоидов 1-й фазы Хошутулинского массива и до амазонит-альбитовых гранитов Абдарской интрузии, даек гранит-порфиров пояса, в наибольшей степени обогащенных кремнеземом. Среди существенно кремнекислых образований породы дайкового пояса образуют на диаграмме вполне компактное поле субщелочного и нормальной щелочности составов, тогда как граниты Абдарского массива показывают более широкие колебания химизма от нормальных по щелочности пород до гранитов субщелочного и даже щелочного составов.

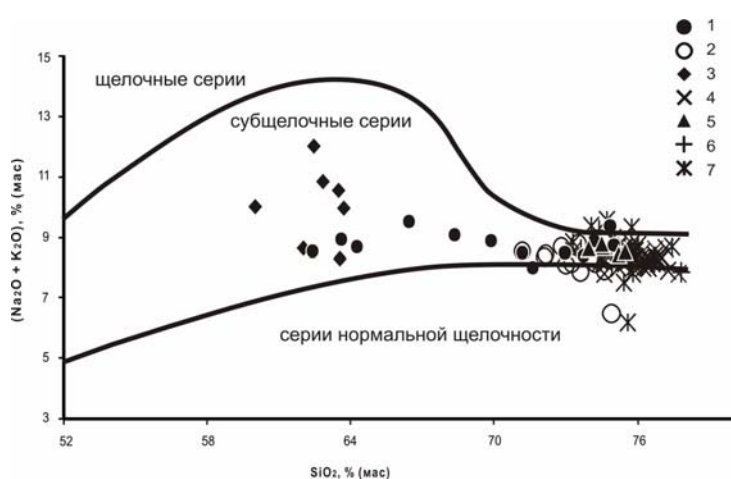


Рис. 4. Классификационная диаграмма $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})-\text{SiO}_2$ для пород Абдар-Хошутулинской интрузивно-дайковой серии.

Породы Хошутулинского массива и дайковой серии: 1-граниты I фазы, 2- граниты II фазы, 3 - щелочные сиениты, 4 - дайки, 5 - онгонит г. Цох-ула. Породы Абдарского массива: 6-лейкограниты, 7- амазонит-альбитовые граниты.

Для выявления эволюционных трендов исследуемой серии магматических пород использованы вариационные диаграммы Харкера. Главной особенностью этих трендов является то, что граниты 1-й и 2-й фаз Хошутулинского массива и породы дайкового пояса часто образуют единый эволюционный ряд. При этом от гранитов 1-й к породам 2-й фазы и дайкам наблюдается постепенное уменьшение содержаний Al_2O_3 , CaO , TiO_2 , ΣFeO , MgO и P_2O_5 . Что касается щелочных сиенитов, то на ряде диаграмм они образуют отдельную совокупность точек, которая не укладывается в названный выше эволюционный тренд. Это хорошо видно по соотношению CaO , Na_2O , K_2O , MgO и SiO_2 . Породы Абдарского массива по соотношению главных оксидов и кремнезема резко отличаются от гранитов ранней фазы Хошутулы. Однако они образуют достаточно компактную совокупность точек, которые по составу обычно перекрываются с гранитами поздней фазы Хошутулинских гранитов и дайками пояса. Это закономерность хорошо видна практически на всех диаграммах, характеризующих соотношения главных оксидов и кремнезема.

На диаграмме нормативных составов $\text{Ab-Ort-Q-H}_2\text{O}$ гранитоиды 1-й фазы Хошутулы образуют отдельную совокупность точек составов, которые протягиваются в сторону полевошпатовой стороны треугольника, где также расположены составы щелочных сиенитов. Точки, соответствующие более поздним гранитным породам (граниты 2-й фазы, дайкового пояса и Абдара) в значительной мере перекрываются, образуя общее изометричное поле, вытянутое

в сторону альбитового угла диаграмма. Эта тенденция изменения нормативных составов обычно свойственна редкометалльным литий-фтористым гранитам.

Глава III. Минералогия гранитоидов и ассоциирующих пород Абдар-Хошутулинской интрузивно-дайковой серии.

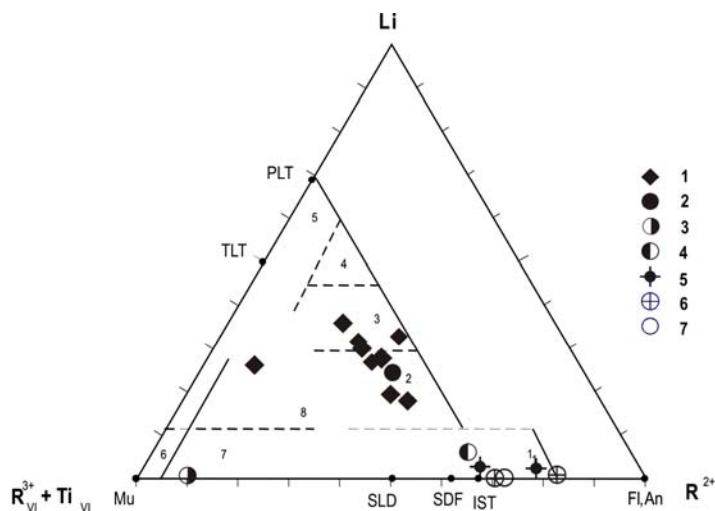
В третьей главе систематизированы все имеющиеся данные по составу и свойствам минералов гранитоидных пород Абдар-Хошутулинской серии, которые частично были представлены в отдельных публикациях предыдущих исследований (Антипин, 1975, 1977, 1992; Коваленко, 1977; Владыкин, 1983 и др.). Кроме того эти данные дополнены результатами анализов минералов новых проб, полученных в последние годы.

Анализ эволюции состава, структурного состояния, а также геохимических особенностей полевых шпатов в гранитоидах Абдар-Хошутулинской серии свидетельствует о постепенном и вполне закономерном изменении этих параметров от ранних гранитоидных фаз Хошутулинского плутона к поздним редкометалльным гранитам Абдарской интрузии, что может говорить о едином эволюционном развитии магматизма в пределах рассматриваемой зоны. Ассоциирующие полевые шпаты в щелочных сиенитах наиболее близки к этим минералам в ранних гранитах Хошутулы.

В отличие от железистых биотитов или сидерофиллитов в известково-щелочных гранитоидах Хошутулинского плутона граниты Абдарского массива представлены серией литиевых слюд (рис. 5). Слюды в гранитах Абдара испытывают широкие вариации по железистости, глиноземистости, а также по содержаниями лития и особенно фтора. Высокофтористые слюды в амазонит-альбитовых гранитах Абдара содержат свыше 6% фтора. В ранних лейкогранитах и некоторых амазонит-альбитовых гранитах встречается темная слюда, которая отвечает по составу протолитиониту. В среднезернистых амазонит-альбитовых гранитах встречены сосуществующие протолитиониты и цинвальдиты с более высоким содержанием лития. Среди поздних пегматоидных амазонит-альбитовых гранитов в апикальной части Абдарской интрузии совместно с протолитионитами кристаллизовались более светлые литиевые слюды фенгит-мусковитового состава. Отмечается значительно более высокий уровень концентраций Be и Sn в литиевых слюдах абдарских литий-фтористых гранитов по сравнению с биотитами Хошутулы. Особенно высокие содержания Sn в гранитах и слюдах Абдара, в которых фиксируется акцессорный касситерит.

Специального внимания заслуживают аномально высокие концентрации в слюдах абдарских гранитов Nb и Ta, которые обычно свойственны редкометалльным Li-F гранитам других рудоносных массивов Монголии (Жанчивланский, Юдыгынский, Бага-Газрынский и др).

Амфиболы встречаются лишь в самых ранних типах пород Хошутулинского массива: в порфиридных гранитоидах 1-й фазы и в щелочных сиенитах. В порфиридных гранитах амфибол представлен призматическими кристаллами ферроэденита. В щелочных сиенитах амфиболы представлены рибекитом и титанистой разновидностью с высоким содержанием железа, близкой по составу к феррокерсутиту.



На диаграмме M.D. Foster (1960) показаны поля составов слюд по П.В. Коваль и др. (1972).

Породы Абдарского массива (Коваленко и др., 1971):

1 – амазонит-альбитовый гранит, 2 – лейкогранит.

Породы Хошутулинского массива (Антипин, 1977):

3 – аплит, 4 – жильный гранит, 5 – гранит 2-й фазы, 6 – гранит 1-й фазы, 7 – мигматит.

Рис. 5. Состав слюд гранитоидов Абдар–Хошутулинской серии Центральной Монголии.

Несмотря на большое разнообразие минеральных ассоциаций, эволюция состава минералов в гранитоидном ряду пород подчеркивает генетическое единство всей серии от палингенных известково-щелочных гранитов Хошутулинского массива через гранит-порфиры дайкового пояса к редкометалльным флюоритсодержащим гранитам Абдарского массива. Отдельно от гранитного ряда пород по своим минеральным особенностям находятся сиениты с щелочными амфиболами, имеющие, вероятно, другой магматический источник. Геохимические особенности порообразующих и второстепенных минералов исследуемой серии пород показывают их принадлежность к различным геохимическим типам и закономерную эволюцию от палингенных известково-щелочных гранитоидов (Хошутулинский массив) к редкометалльным литий-фтористым гранитам (Абдарский массив) в пределах исследуемой серии.

Глава IV. Геохимическая эволюция гранитоидных пород интрузивно-дайковой серии Центральной Монголии.

Выделенные по геолого-петрографическим и минералогическим данным главные разновидности гранитоидов Абдар-Хошутулинской интрузивно-дайковой серии на основании анализа геохимических данных соответствуют следующим геохимическим типам гранитоидов (Таусон, 1977): 1) палингенные гранитоиды известково-щелочного ряда, 2) гранитоиды щелочного ряда, 3) плюмазитовые редкометалльные лейкограниты (Li-F граниты). Выделенные типы гранитоидных пород различаются по многим геохимическим характеристикам. Судя по петрохимическим данным (глава II), гранитоиды всей серии показывают широкие вариации их состава, что, несомненно, должно отражаться на редкоэлементных характеристиках этих пород. В связи с тем, что среди пород серии проявлены редкометалльные граниты и их субвулканические аналоги онгониты, геохимические данные могут быть полезны для перспективной оценки потенциальной рудоносности данного региона.

Установлено два тренда геохимической эволюции в пределах исследуемой серии гранитоидных пород, которые соответствуют двум этапам ее

формирования. На раннем этапе формировался многофазный Хошутулинский pluton с последовательной геохимической эволюцией от гранитоидов 1-й фазы к поздним гранитам 2-й фазы и жильным образованиям. По многим геохимическим характеристикам к раннему эволюционному тренду относятся и сиениты щелочного ряда. На заключительном этапе со своим трендом геохимической эволюции формировался дайковый пояс и Абдарская интрузия редкометалльных гранитов, которые обогащены многими литофильными и рудными элементами (F, Li, Rb, Sn, W, Ta, Nb и др.) и характеризуются повышенной потенциальной рудоносностью.

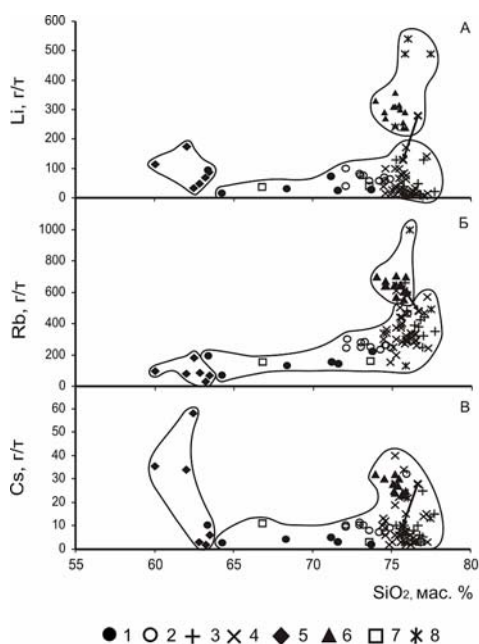


Рис. 6. Соотношение между Li, Rb, Cs и SiO₂ в гранитоидах Абдар-Хошутулинской интрузивно-дайковой серии.

Породы Хошутулинского массива:

1 - порф.граниты 1-й фазы; 2 - граниты 2-й фазы; 3 – жильные граниты; 4 – дайки;

5 – щелочные сиениты; 6 - онгониты г.Цох ула.

Породы Абдарского массива:

7 - лейкограниты, 8 - амазонит-альбитовые граниты.

Закономерности распределения Li, Rb и Cs в различных по кремнекислотности гранитоидах Абдар-Хошутулинской серии хорошо видны на диаграмме (рис. 6). Для этих элементов устанавливается довольно низкий уровень их содержаний в гранитах ранней фазы Хошутулы с постепенным и незначительным их ростом в гранитах 2-й фазы и жильных гранитах, залегающих в породах обеих фаз. Далее проявляется резкое возрастание концентраций всех редких щелочей в породах дайкового пояса. При этом граниты 2-й фазы и отдельных даек пояса часто перекрываются как по уровню кремнекислотности, так и содержаниям щелочных элементов. Однако максимальное обогащение этими элементами фиксируется для даек гранит-порфиров, расположенных ближе к Абдарскому массиву. Наиболее высокие концентрации Li и Rb установлены в самих абдарских гранитах и онгонитах Цох-Улы, в то время как наибольшие содержания Cs обнаружены в сиенитах и отдельных дайках пояса, включая и Цохулинскую. В целом можно утверждать о закономерном росте концентраций Li, Rb и F от ранних гранитов Хошутулы в сторону поздних фаз plutона, пород дайкового пояса и Абдарского массива, что подчеркивает геохимическую связь редких щелочных элементов с летучими компонентами и, прежде всего, с фтором. Кроме указанных элементов в диссертации рассмотрены закономерности распределения в гранитоидах серии В, Ве, Ва, Sr, U, Th, Nb, Ta, Zr, Hf, Sn, W, Pb, Zn, Co, Ni, Cr, V и РЗЭ.

По распределению редкоземельных элементов (рис. 7) сближенные пространственно и по времени формирования гранитоиды 1-й фазы Хошутулы и щелочные сиениты образуют сходные по форме и уровню содержаний РЗЭ графики. С учетом их геологических взаимоотношений в этом проявляются определенные признаки генетической близости ранних гранитов и сиенитов Хошутулинского массива, несмотря на то, что их следует относить к гранитоидам различных геохимических типов. Граниты 2-й фазы показывают снижение уровня содержаний всех РЗЭ и появление более глубокого Eu минимума, что свидетельствует о кристаллизации этих гранитов из более дифференцированного расплава. Важно отметить, что ранние лейкограниты Абдара (рис. 7В) по суммарному содержанию редких земель и характеру их нормированного распределения довольно близки к гранитам 1-й фазы Хошутулы. Вероятно, формирование ранних гранитов Хошутулы и Абдара происходило в сходных геологических условиях. Совсем другие закономерности в распределении РЗЭ наблюдаются в породах дайкового пояса (рис. 7Б), для которых характерны близкие уровни нормированных содержаний легких и тяжелых лантаноидов и еще более глубокий Eu минимум.

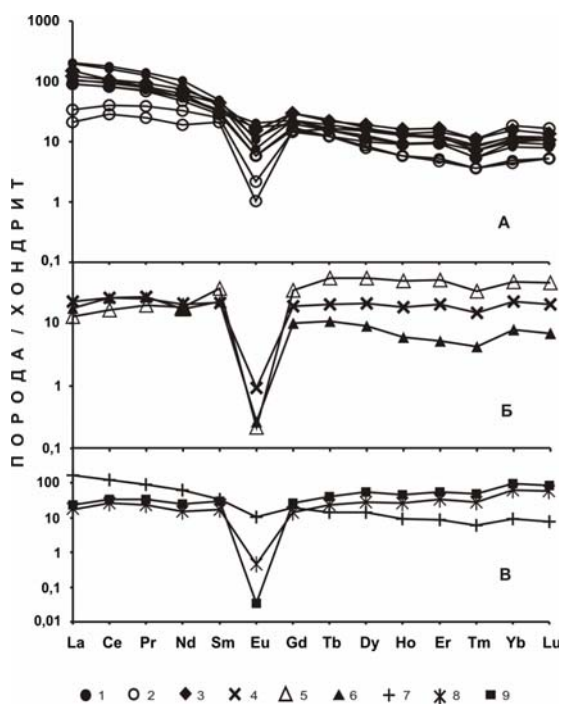


Рис. 7. Распределение РЗЭ в породах Абдар-Хошутулинской интрузивно-дайковой серии

Хошутулинский массив (А, Б):

1 - порфировидные граниты 1-й фазы;

2 - граниты 2-й фазы; 3 - щелочные сиениты;

4 - породы дайкового пояса; 5 - онгониты г.Цох ула;

6 - амазонитовая дайка онгонита, Онгон-Хайрхан.

Абдарский массив (В): 7 – лейкограниты;

8 - амазонит-альбитовые граниты;

9 - пегматоидные амазонит-альбитовые граниты.

Онгониты дайки Цох-Ула в наибольшей мере обогащены тяжелыми лантаноидами, а содержания легких РЗЭ и величина Eu минимума в них близка к онгонитам дайки Амазонитовой Онгон-Хайрхана Центральной Монголии. Практически одинаковое с онгонитами Цох-улы установлено распределение редких земель и в амазонит-альбитовых гранитах Абдара, которые также являются флюоритсодержащими породами. Все это подтверждает их принадлежность к единому геохимическому типу Li-F гранитов и генетическую близость. Очевидное сходство в распределении РЗЭ ранних гранитов Хошутулы и Абдара, а также редкометалльных даек пояса и поздних амазонит-альбитовых гранитов показывает общий характер геохимической эволюции в пределах всей Абдар-Хошутулинской серии гранитоидных пород. Контрастные по

вещественному составу геохимические типы гранитоидов исследуемой серии характеризуются различными спектрами распределения РЗЭ, связанные с определенными условиями их петрогенезиса. Для пород отдельных этапов формирования серии спектры распределения лантаноидов также имеют существенные различия, подчеркивающие специфику их геохимической эволюции. Обнаруженные при изучении Абдар-Хошутулинской интрузивно-дайкиковой серии редкометальные субвулканические породы г. Цох-ула по всем геохимическим параметрам являются полным аналогом онгонитов. Однако, как флюоритсодержащие породы, они обогащены Li, Be, Sn, Ta, Th и тяжелыми лантаноидами.

ГЛАВА V. Петрогенезис и геохимическая эволюция Абдар-Хошутулинской интрузивно-дайкиковой серии Центральной Монголии

Связь интрузивно-субвулканических серий пород с батолитами в ареалах развития фанерозойского гранитоидного магматизма. Развитие крупных гранитоидных плутонов и малых интрузий, а также сопровождающих их дайковых поясов в периферических зонах обширных фанерозойских магматических ареалов является характерной особенностью проявления внутриплитного магматизма в Центральной Азии. Другой важной особенностью строения указанных ареалов является нахождение в их центральных частях крупнейших батолитов (Ангаро-Витимский, Дауро-Хентейский и Хангайский), которые сформировались в Центрально-Азиатском складчатом поясе в интервале между 310-320 и 190 млн. лет (Антипин и др., 2002; Ярмолюк, Коваленко, 2003). Батолитовые ядра этих разновозрастных зонально построенных магматических ареалов в Центральной Азии обычно окружены поясами грабенов, прогибов и протяженных зон разломов с разнообразными ассоциациями рифтогенного магматизма, а также интрузивно-дайкиковыми поясами, которые представлены гранитоидами различных геохимических типов и изучены крайне недостаточно.

Анализ геолого-петрографических особенностей гранитоидов Абдар-Хошутулинской интрузивно-дайкиковой серии. Главной геологической и структурной особенностью исследуемой магматической серии является то, что все ее интрузивные и субвулканические образования залегают в единой линейной зоне повышенной проницаемости северо-восточного простирания, которая протягивается к юго-западу от Дауро-Хентейского батолита. Все породы Абдар-Хошутулинской интрузивно-дайкиковой серии являются раннемезозойскими образованиями, и их возраст варьирует от гранитоидов Хошутулинского массива (224 млн. лет) к поздним редкометальным гранитам Абдарской интрузии (209-212 млн. лет). На основании этих данных можно предположить, что время формирования всей серии пород интрузивно-дайкикового пояса составляет приблизительно 12-15 млн. лет. Другой не менее важной особенностью Хошутулинского плутона является то, что вблизи его северного контакта с вмещающей толщей вслед за гранитами ранней фазы внедрились два небольших интрузивных тела щелочных сиенитов (рис. 3). По-видимому, по разломной зоне глубинного заложения, о чем свидетельствует прямолинейная форма северного контакта, круто уходящего под массив, поступала магма щелочно-гранитоидного состава из более глубокого магматического очага. В дальнейшем весь магматизм

в пределах исследуемой структурной зоны был сосредоточен преимущественно в протяженной структуре северо-восточного простирания и представлен гранитными породами, начиная от биотитовых гранитов 2-й фазы, через дайковый пояс порфириковых пород к редкометалльным Li-F гранитам Абдарского массива. На основании выявленных взаимоотношений всех типов пород можно говорить о двух этапах их формирования. На раннем этапе, вероятно, происходило палингенное гранитообразование за счет субстрата древней вмещающей толщи и почти одновременно по глубинному разлому поступал высокощелочной расплав. Здесь могли иметь место процессы мантийно-корового взаимодействия, так как гранитоиды 1-й фазы и щелочные сиениты в своем образовании сближены во времени и пространстве. Завершение магматизма 1-го этапа связано с формированием гранитов центрального штока (граниты 2-й фазы) в средней части Хошутулинского плутона, которые в виде апофиз и пластовых тел прорывают как граниты 1-й фазы, так и щелочные сиениты. На 2-ом этапе происходило внедрение гранитных интрузий и даек по протяженной зоне повышенной проницаемости и одновременно развитие процессов дифференциации гранитного расплава с образованием на завершающей стадии как редкометалльных гранитов, так и онгонитов в пределах дайкового пояса. В пределах Абдарского массива между ранними лейкогранитами и амазонит-альбитовыми гранитами имеются фациальные переходы, что может указывать на возможность формирования пород интрузии в процессе внутрикамерной магматической дифференциации. Этот процесс завершился внедрением остаточного гранитного расплава в виде поздней дайки аплитовидных редкометалльных гранитов с пегматоидными амазонит-альбитовыми шлирами. Завершение магматической эволюции Абдар-Хошутулинской серии происходило и в средней части исследуемого пояса, где обнаружено новое проявление онгонитов, являющихся субвулканическими аналогами Li-F гранитов.

Петролого-геохимические особенности формирования раннемезозойской Абдар-Хошутулинской интрузивно-дайковой серии Центральной Монголии.

Выявленные закономерности в распределении большой группы редких элементов в гранитоидах выделенных этапов рассматриваемой серии проявляются более отчетливо на приведенных спайдердиаграммах (рис. 8). Гранитоиды обеих фаз Хошутулинского массива и щелочные сиениты показывают сближенные графики распределения редких элементов. Однако сиениты, как породы агпаитового ряда, заметно обогащены Ba, Zr, Hf (рис. 8А). В то же время для пород дайкового пояса, и особенно для онгонитов Цох-улы, характерно обогащение Rb, Cs, Nb, Ta и Y, а также наличие глубоких минимумов в распределении Ba, Sr, La и Ce. Точно такие же геохимические особенности свойственны амазонит-альбитовым гранитам Абдара (рис. 8Б), которые в совокупности с дайковым поясом отнесены нами ко второму этапу формирования интрузивно-дайковой серии. На приведенных спайдердиаграммах видно, что ранние лейкограниты Абдара имеют закономерности распределения редких элементов идентичные таковым в ранних гранитах Хошутулы. Это может свидетельствовать о их петрогенетическом единстве и одинаковом источнике гранитного магматизма на ранних этапах становления обоих массивов.

На позднем этапе формирования Абдар-Хошутулинской интрузивно-дайкиковой серии полными вещественными и геохимическими аналогами являются флюоритсодержащие Li-F граниты Абдарской интрузии и редкометальные субвулканические онгониты г. Цох-ула, которые также обогащены Li, Be, Sn, Ta, Th и тяжелыми лантаноидами. Геохимическое сходство этих редкометальных интрузивных и субвулканических пород указывает, с одной стороны, на их генетическую близость, а с другой – на повышенную потенциальную рудоносность этих магматических образований.

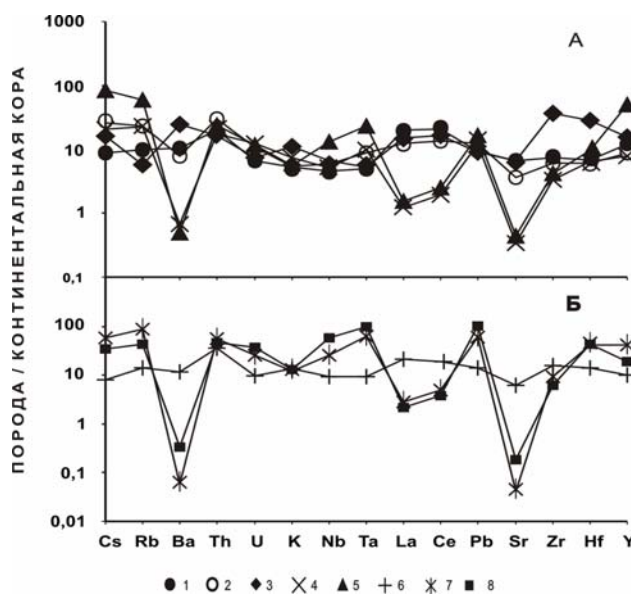


Рис. 8. Спайдердиаграммы распределения элементов в породах Абдар-Хошутулинской интрузивно-дайкиковой серии. Нормировано по континентальной коре (Тэйлор, Мак-Леннон, 1988).

Хошутулинский массив (А): 1 - порфировидные граниты 1-й фазы, 2 - граниты 2-й фазы, 3 - сиениты, 4 - породы дайкового пояса, 5 - онгониты г. Цох-ула. Абдарский массив (Б): 6 - лейкограниты, 7 - амазонит-альбитовые граниты, 8 - пегматоидные амазонит-альбитовые граниты.

В Центральной Азии масштабное развитие получил коллизионный и внутриплитный гранитоидный магматизм, который сформировал обширные фанерозойские ареалы с огромными батолитами в их центральных частях и с магматическими породами гипабиссальной и субвулканической фаций различной щелочности и кремнекислотности по периферии ареалов. В этих периферических зонах на территории Южной Сибири и Монголии проявлены редкометальные и рудоносные геохимические типы гранитоидов. Большую часть Северо-Восточной и Центральной Монголии занимает раннемезозойский ареал гранитоидного магматизма, в ядре которого расположен крупнейший Дауро-Хентейский батолит. В составе батолита преобладают гранодиориты, меланократовые биотитовые и лейкократовые граниты (Мезозойская и кайнозойская тектоника и магматизм Монголии. 1975; Коваль, 1998). На начальной стадии становления батолита в небольшом объеме проявился габбро-диоритовый магматизм.

На дискриминационных диаграммах Дж. Пирса (1979) (рис. 9), большинство точек составов гранитоидов Абдар-Хошутулинской серии особенно поздних фаз Хошутулы, дайкового пояса и Абдарской интрузии расположены в поле внутриплитных образований, либо тяготеют к границе их с синколлизионными гранитоидами, что соответствует их реальному геодинамическому положению. В то же время хошутулинские меланократовые гранитоиды и щелочные сиениты раннего этапа серии расположены в поле субдукционных гранитоидов вблизи границы их с внутриплитными магматическими породами. Если эти диаграммы в какой-то мере отражают реально существовавшие геодинамические обстановки, то, возможно,

субдукционные процессы при закрытии Монголо-Охотского морского прогиба отражались на геохимических особенностях гранитоидов Дауро-Хентейского батолита и к юго-западу от него, где расположен Хошутулинский плутон. Эти особенности гранитоидного магматизма в юго-западной части раннемезозойского ареала отмечалась ранее в работе В.В. Ярмолюка и В.И. Коваленко (2003). По их изотопным данным источниками гранитоидных расплавов в регионе мог быть древний коровый материал.

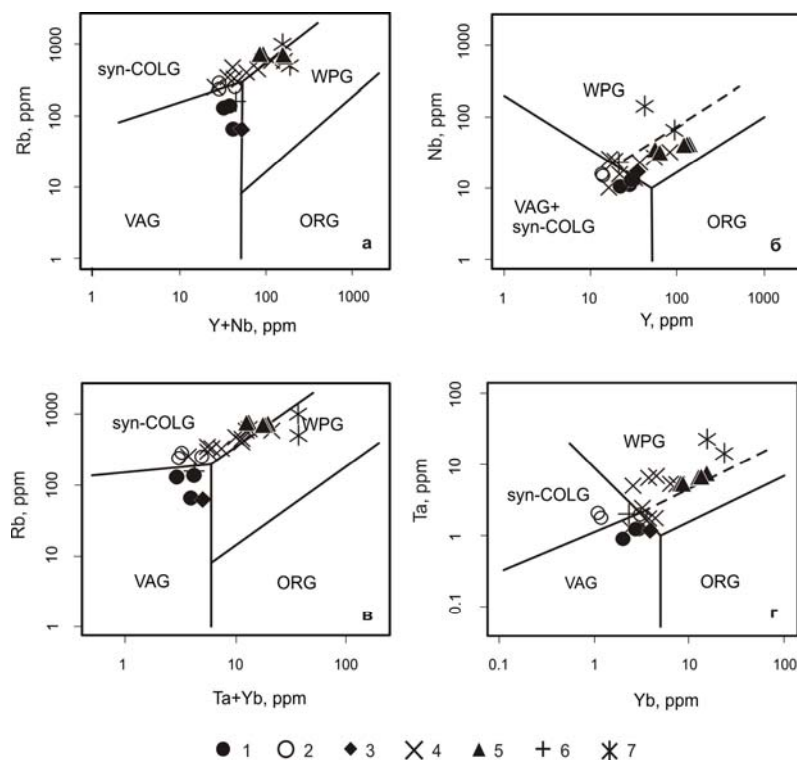


Рис. 9. Дискриминационные диаграммы (Дж. Пирса, 1979) $Rb-(Y+Nb)$ (а), $Nb-Y$ (б), $Rb-(Ta+Yb)$ (в), $Ta+Yb$ (г) для пород Абдар-Хошутулинской интрузивно-дайкиковой серии. Породы Хошутулинского массива: 1- граниты 1-й фазы, 2 - граниты 2-й фазы, 3 – щелочные сиениты, 4 - дайки, 5 - онгонит г. Цох ула; породы Абдарского массива: 6 – лейкограниты, 7 - амазонит-альбитовые граниты.

Согласно геодинамических исследований (Tomurtogoo et al, 2000) район с Хошутулинским и Абдарским гранитоидными массивами расположен в пределах Улаанбаатарского террейна Монголо-Охотского складчатого пояса, сложенного девонскими вулканогенно-терригенными образованиями мандальской серии, которые представляет собой комплекс метаморфических пород, слагавших в среднем палеозое одну из аккреционных призм Монголо-Охотского палеоокеана.

Краткие выводы

1. В пределах Абдар-Хошутулинской интрузивно-дайкиковой серии Центральной Монголии развиты породы разнообразных геохимических типов: палингенных известково-щелочных гранитоидов, щелочных сиенитов и редкометалльных литий-фтористых гранитов. Геологическое положение, а также вещественная эволюция состава пород и минералов подчеркивает единство всей серии, начиная от ранних гранитоидов Хошутулы и до поздних редкометалльных гранитов Абдара.
2. Большинство пород Абдар-Хошутулинской серии является внутриплитными образованиями и формировались в два последовательных этапа развития гранитоидного магматизма. Они расположены в пределах Улаанбаатарского террейна Монголо-Охотского складчатого пояса и могли быть сформированы после закрытия Монголо-Охотского палеоокеана.

3. Интрузивно-дайкиовые серии в ареалах разновозрастного магматизма характеризуются широкими вариациями геохимических особенностей пород и являются важным индикатором процессов мантийно-корового взаимодействия, дифференциации гранитоидных магм и ассоциирующего с магматизмом редкометалльного оруденения.

Список работ по теме диссертации:

1. Антипин В.С., Митичкин М.А., **Одгэрэл Д.**, Гэрэл О. Интрузивно-дайкиовые серии: вариации вещественного состава и роль мантийно-корового взаимодействия при их формировании. Материалы Всероссийского совещания, посвященного 100-летию академика Ю.А.Кузнецова «Современные проблемы формационного анализа, петрология и рудоносность магматических образований».- Новосибирск: 2003. - С.17-18.
2. Antipin V.S., Halls C., **Odgerel D.**, Gerel O. Intrusive dyke series: variations of composition, geochemistry and conditions of granitoid formation. Mongolian Geoscientist, №21. Issue on Geodynamics and Metallogeny of Mongolia. Mongolian Academy of Sciences. Ulaanbaatar: 2003.- P.55-56.
3. **Одгэрэл Д.**, Антипин В.С., Гэрэл О. Абдар-Хошутулинская интрузивно-дайкиовая серия гранитоидов Центральной Монголии. Геологи. №10. Улаанбаатар: 2004.- С.86-87.
4. Антипин В.С., Митичкин М.А., **Одгэрэл Д.** Геохимия и петрогенезис гранитоидов и связанных с ними дайковых поясов – проявлений внутриплитного магматизма в палеозое-мезозое (Прибайкалье-Монголия). Материалы совещания по программе фундаментальных исследований «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса от океана к континенту». Иркутск: 2004. Выпуск 2. - С.20-23.
5. Антипин В.С., Перепелов А.Б., Митичкин М.А., **Одгэрэл Д.** Геохимические типы и петрогенезис внутриплитных и субдукционных геодинамических обстановок (на примере фанерозойских гранитоидов Сибири, Монголии, Камчатки). Материалы международного (10-го Всероссийского) петрографического совещания «Петрография XXI века». Апатиты: 2005.- т.2.- С.18-20.
6. **Одгэрэл Д.**, Антипин В.С., Гэрэл О. Петрографические особенности и петрогенезис Хошутулинского плутона и дайкового пояса гранитоидов (Центральная Монголия). Материалы международного (10-го Всероссийского) петрографического совещания «Петрография XXI века». Апатиты: 2005.- т.2.- С.169-171.
7. Антипин В.С., **Одгэрэл Д.** Щелочно-сиенит-гранитоидная с литий-фтористыми гранитами и онгонитами Абдар-Хошутулинская интрузивно-дайкиовая серия Центральной Монголии. Материалы Всероссийского научного совещания «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса от океана к континенту». Иркутск: 2007.- т.1.- С.12-14.

8. **Одгэрэл Д.**, Антипин В.С., Гэрэл О. Петрографические и петрогенетические особенности Хошутулинского плутона и дайкового пояса гранитоидов, Центральная Монголия. Труды Института геологии и минеральных ресурсов АН Монголии. 2007.- №17.- С.16-19.
9. Антипин В.С., **Одгэрэл Д.** Гранитоиды различных геохимических типов Центральной Монголии (Абдар-Хошутулинская интрузивно-дайковая серия). Материалы научного совещания «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту)». Иркутск: 2008.- Вып. 6.- т.1. - С.22-23.
10. **Одгэрэл Д.**, Антипин В.С. Гранитоиды Абдар-Хошутулинской интрузивно-дайковой серии различных геохимических типов. Геологи, № 19, Улаанбаатар: 2008.- С.35-37.
11. **Одгэрэл Д.** Хошутулинский массив: петрография и геохимия. Тр. Института геологии и минеральных ресурсов АН Монголии. Улаанбаатар: 2008.- №18. С.20-26. (на монгольском языке)
12. **Одгэрэл Д.**, Антипин В.С. Абдар-Хошутулинская интрузивно-дайковая серия известково-щелочных, щелочных и редкометалльных гранитоидов Центральной Монголии. «Геология, поиски и разведка рудных месторождений». Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАЕН. Иркутск: 2009.- № 8(34).- С.56-65.