

Федеральное агентство научных организаций

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ГЕОХИМИИ ИМ. А.П. ВИНОГРАДОВА СИБИРСКОГО
ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

УДК 550.4

№ госрегистрации 01201351649

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИГХ СО РАН

чл.-корр. РАН

_____ В.С.Шацкий

« ____ » _____ 2014 г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

по теме:

Геохимия, петрология и источники вещества ультраосновных и основных
магматических комплексов Сибирского кратона и его складчатого обрамления
№ 0350-2014-0007

(промежуточный)

Научный руководитель темы

_____ д.г.-м.н. А.Я. Медведев
подпись, дата

Иркутск 2014

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель темы, д-р
геолого-минералогических наук

А.Я. Медведев

подпись, дата

Ответственные исполнители темы:

д-р геолого-минералогических наук

А.Я. Медведев (раздел 1)

подпись, дата

д-р геолого-минералогических наук

А.А. Воронцов (раздел 2)

подпись, дата

кандидат геолого-минералогических
наук

А.С. Мехоношин (раздел
3)

подпись, дата

д-р геолого-минералогических наук

М.А. Горнова (раздел 4)

подпись, дата

д-р геолого-минералогических наук

С.И. Костровицкий
(раздел 5)

подпись, дата

УДК 550.4

Реферат

Отчет включает 21 стр., 5 илл., 18 ист.

Ключевые слова: геохимия изотопов, геохимия отдельных элементов, абсолютный возраст.

Цели исследования: выявление устойчивых геохимических характеристик ультраосновных и основных магматических пород в различных условиях их формирования при разных флюидных режимах и в разных геодинамических обстановках; использование геохимических и изотопных данных (в комплексе с данными других областей геологических знаний) для расшифровки эволюции складчатых поясов, *подвижных зон и областей* проявления внутриплитного магматизма, источников вещества и энергии процессов, генезиса магм и их рудоносности.

Содержание

Введение	5
Раздел 1 Выявление геохимических особенностей, определение абсолютного возраста вулканитов Тунгусской синеклизы и Западно-Сибирской плиты, определение источников вещества и процессов контаминации	6
Раздел 2 Изучение геологических, геохронологических, геохимических и изотопных характеристик постаккреционного (ранне-среднепалеозойского) магматизма северо-восточной части Алтае-Саянской складчатой области с целью выделения основных этапов его развития, оценки состава источников и геодинамических механизмов магмообразования	8
Раздел 3 Выявление роли мантийных и коровых процессов на генезис ультрабазитов и связанных с ними Pt-Cu-Ni месторождений в пределах Алхадырского, Канского террейнов и Шарыжалгайского выступа в юго-западном обрамлении Сибирского кратона	10
Раздел 4 Исследование процессов плавления и миграции расплавов в надсубдукционных зонах на основе геохимических особенностей офиолитовых комплексов складчатого обрамления Сибирского кратона	12
Раздел 5 Исследование петрогенеза кимберлитов Якутской провинции – минералогическое, петрохимическое и изотопно-геохимическое обоснование роли астеносферно-литосферного взаимодействия при становлении кимберлитовых пород. Уточнение эпох кимберлитового вулканизма	14
Основные результаты проведённого исследования	17
Список публикаций по теме	18
Список использованных источников	20

Введение

Исследование предполагает изотопно-геохимическое и петрологическое изучение структурно-вещественных комплексов в отдельных блоках коры Сибирской платформы, Западно-Сибирской плиты, складчатого обрамления с целью геохимического обоснования особенностей их формирования в связи со сменой геодинамических обстановок. Сюда входят доколлизийный (дометаморфический) этап развития (становление кратона и формирование коры Палеоазиатского океана), этап коллизии – аккреции складчатых блоков к кратону (синметаморфический) и этапы более позднего рифтогенеза и внутриплитного магматизма.

Раздел 1 Выявление геохимических особенностей, определение абсолютного возраста вулканитов Тунгусской синеклизы и Западно-Сибирской плиты, определение источников вещества и процессов контаминации

Исследованы щелочные породы, встреченные в пермотриасовом вулканогенно-осадочном комплексе Западно-Сибирской плиты. Они обнаружены только в одной скважине, пробуренной в бортовой части Колтогорско-Уренгойского палеорифта, где залегают совместно с субщелочными базальтами. Это первая находка щелочных пород, отнесенных нами к тефрифенолитам, на территории. Исследованные породы не имеют аналогов среди пермо-триасовых вулканитов Западно-Сибирской плиты. По своим геохимическим характеристикам они близки к фенолитам Восточно-Африканского рифта, тефритам Хилокско-Ингодинской впадины (Западное Забайкалье) и к фенолитам банки Горриндж [Кузьмин, 1985; Ярмолюк, Иванов, Коваленко, 1998; Чернышева, Матвеевков, Медведев, 2012]. Отмечается практически полное сходство распределения РЗЭ исследованных тефрифенолитов как с онолитами, так и с тефритами (рисунок 1). Еще более отчетливо это подтверждается данными спайдерграммы (рисунок 2). На этих же графиках видно, что изученные нами тефрифенолиты по своим геохимическим характеристикам соответствуют базальтоидам океанических островов (ОИВ). Это еще раз подтверждает внутриплитный характер пермо-триасового магматизма

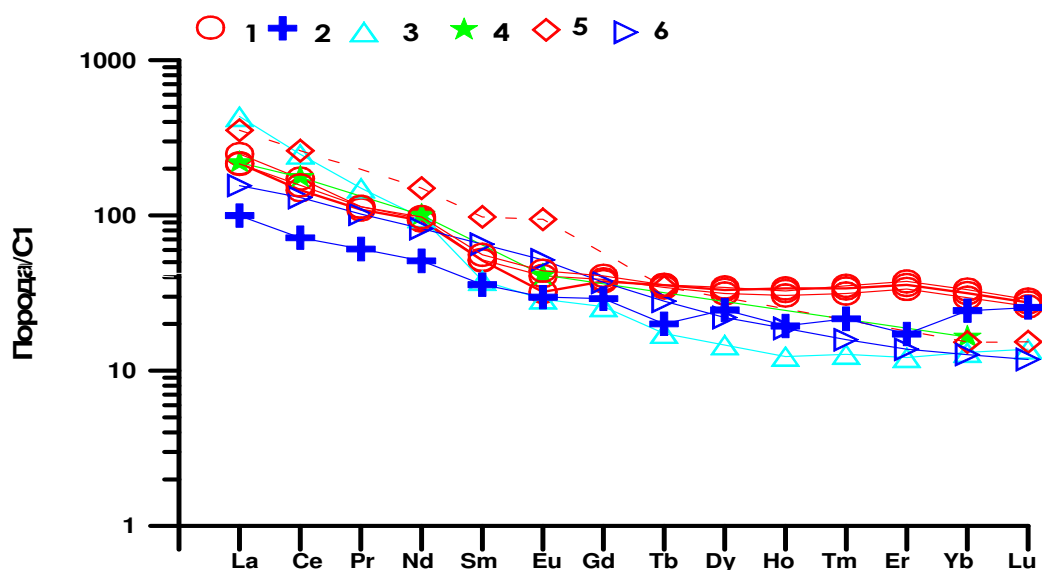


Рисунок 1. 1 – тефрифенолиты; 2 – средний базальт Западной Сибири [Медведев, 2004]; 3 - фенолит банки Горриндж [Чернышева, Матвеевков, Медведев, 2012]; 4 - фенолит Восточно-Африканского рифта [Кузьмин, 1985⁴¹]; 5- тефрит Хилокско-Ингодинской впадины (Западное Забайкалье), [Ярмолюк, Иванов, Коваленко, 1998⁴²]; 6 - ОИВ- [MacDonald, Katsura, 1964].

Западной Сибири. Данные по изотопии стронция и неодима позволяют предположить о том, что составы тефрифенолитов сдвинуты в более радиогенную область по сравнению с базальтоидами N-MORB Тихого, Атлантического и Индийского океанов, с одновозрастными траппами Восточной Сибири, а также базальтами Исландии [Mertz et al., 1991; Дриль и др., 2004; Дриль и др., 2012]. Фактически намечается линия смешения между производными истощенного источника DM и мантийного источника с высоким отношением U/Pb - HIMU. В связи с тем, что генерация щелочных магм происходит на большой глубине с невысокой степенью плавления, возможна ассимиляция корового материала в процессе продвижения магматической колонны к поверхности. Этим можно объяснить повышенное отношение изотопов стронция в тефрифенолитах относительно ниже залегающих субщелочных базальтов из этой же скважины. Однако следует подчеркнуть, что сдвиг изотопных составов Sr в сторону обогащения коровым компонентом, в некоторой степени может быть обусловлен влиянием на породы вторичных автотасоматических изменений, что подтверждается петрографическими наблюдениями в исследованных щелочных породах.

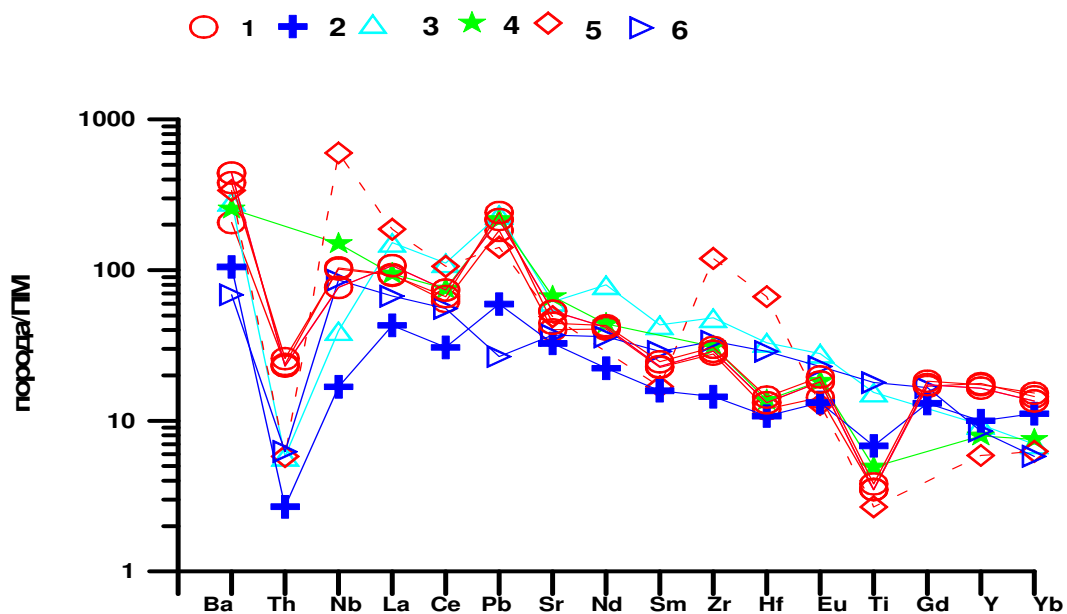


Рисунок 2. Условные обозначения см. рисунок 1.

Раздел 2 Изучение геологических, геохронологических, геохимических и изотопных характеристик постаккреционного (ранне-среднепалеозойского) магматизма северо-восточной части Алтае-Саянской складчатой области с целью выделения основных этапов его развития, оценки состава источников и геодинамических механизмов магмообразования

На примере Батеневского поднятия определены главные параметры строения девонских дифференцированных ассоциаций Минусинского прогиба и на основе геологических, геохимических и изотопных (Sr, Nd, O) данных по составу вулканитов предложена модель их происхождения. В их формировании участвовали две серии базальтоидов. Ранняя серия тяготеет к низам разрезов и представлена умереннотитанистыми высокоглиноземистыми породами. Состав поздней серии определяют базальтоиды повышенной титанистости, которые распространены над базальтоидами первой серии. Вулканиты среднего и кислого составов сосредоточены преимущественно в самых верхних частях разрезов, в целом отражая гомодромную последовательность образования пород. Однако, вещественные характеристики всех пород указывают на то, что дифференцированность по составу определялась разными механизмами образования магм различной кремнекислотности. Так, в генетически связанную дифференцированную серию укладываются только базальты, долериты, трахибазальты, андезибазальты, трахиандезиты и трахиты, формирующиеся по механизму AFC (анатексис-фракционирование-контaminaция) с преобладающим фракционированием магм. Породы трахидацит-риолитового ряда формировались из коровых анатектических расплавов, смешивающихся в периферических камерах с продуктами дифференциации базальт-трахитовой серии. Минусинский прогиб сопряжен с магматизмом, который характеризуется специфическими условиями эволюции, определяющими отсутствие типичных для активных континентальных окраин дифференцированных серий. Главной особенностью магмообразования является возникновение магм и пород кислого состава под тепловым воздействием исходных мантийных расплавов.

Модель формирования дифференцированных вулканических ассоциаций представляется в следующем виде. Магмы мантийного плюма, который проявил свою активность под Минусинским прогибом в начале девона, взаимодействовали с литосферной мантией региона, метасоматически переработанной и обогащенной водой в ходе раннепалеозойской (каледонской) аккреции [Ярмолюк и др., 2006; Гордиенко, 2006; Kuzmin et al., 2010; Добрецов, 2007; Буслов, 2011; Метелкин и др., 2012; Руднев, 2010;

Владимиров и др., 2013]. В результате в ее пределах возник очаг высокоглиноземистых базальтовых магм. Эти магмы поступали на поверхность, но, кроме того, локализовались во внутрикоровых промежуточных камерах. Здесь расплавы испытали контаминацию коровым материалом и дифференцировались до трахитовых составов. Этап эволюции расплавов в периферических камерах зафиксирован продуктами второго этапа излияний. Одновременно с этими процессами под тепловым и флюидным воздействием базитовых и дифференцируемых магм происходило подплавление надкровельных участков магматических камер и накопление анатектических коровых расплавов. Последние взаимодействовали с дифференциатами базитовых магм, образуя в результате широкую гамму переходных разновидностей между трахитами и риолитами. После исчерпания исходно базитовых магм периферических камер анатектические расплавы поступали на поверхность автономно в виде крупных экструзивных тел, завершая формирование вулканической серии. Все эти процессы протекали при постоянном тепловом и вещественном воздействии мантийного плюма, о чем свидетельствуют высокотитанистые базальты, проявления которых отмечаются на всех этапах формирования вулканической ассоциации.

Раздел 3 Выявление роли мантийных и коровых процессов на генезис ультрабазитов и связанных с ними Pt-Cu-Ni месторождений в пределах Алхадырского, Канского террейнов и Шарыжалгайского выступа в юго-западном обрамлении Сибирского кратона

Изучены геохимия, петрология и рудоносность Ханского расслоенного массива центральной части Восточного Саяна (Хамсаринская коллизионная зона) с проведением экспедиционных работ на массиве.

В тектоническом строении Хамсаринской коллизионной зоны участвует Ашкасокский прогиб, который является составной частью крупной рифтогенной структуры, заложившейся в раннем протерозое как проторифтовый прогиб и продолжавший унаследовано развиваться до верхнего рифея. Внутреннее строение прогиба характеризуется развитием куполовидных складчатых структур и линейно-овальных в плане синклиналей. Развита интенсивные разрывные дислокации. Ашкасокский прогиб сложен биотит-амфиболовыми гнейсами, амфиболитами, гранат-двуслюдянными сланцами, мраморами, кальцифирами магдасской серии нижнего протерозоя и графит-слюдито-кварцевыми сланцами, кварцитами, известняками, туфогенными породами демирлыгской свиты и тагулдинской серии рифея. Широко представлены ультрабазит-базитовые образования раннепротерозойских ханского и чатырлыгского комплексов и кембрийских шиндинского, хойтоокинского и казырского комплексов, нередко в виде довольно крупных, дифференцированных массивов (Ханский, Чело-Монго и др.).

Крупный Ханский габбронорит-пироксенит-лерцолитовый массив площадью около 180 км² находится в междуречье правых притоков р. Уды, Хана и Кастормы. Он залегает среди вулканогенно-осадочной хангорокской толщи, имеет по отношению к ней рвущие контакты и содержит многочисленные ксенолиты вмещающих пород. Массив сложен, в основном, слабодифференцированными габброидами с линзами и прослоями пироксенитов, а также лерцолитами, которые присутствуют в виде крупных ксенолитов или блоков, размер которых составляет 1-2 км². Габброиды являются по отношению к лерцолитам более поздними образованиями.

Лерцолиты состоят из оливина (30-50 %), авгита (до 20 %) и бронзита (15 %), вторичные минералы – амфибол, хлорит, карбонаты и серпентин. Акцессорные минералы представлены хромшпинелидом и хроммагнетитом, которые замещаются магнетитом. В них постоянно присутствует мелкая сульфидная вкрапленность и редкие сульфидные

агрегаты, размер которых достигает 1-1.5 мм. Пирротин и пентландит находятся почти в равных количествах, халькопирит очень редок.

Химический состав лерцолитов отличается высокой магниальностью, низкими концентрациями Ti, Ca и Al (рисунок 3). Содержание Ni колеблется в пределах 0.15-0.3 %.

Кривые распределения редкоземельных элементов в лерцолитах в целом пологие ($La_N/Yb_N \sim 1$), уровень содержаний близок к хондритовому.

Внутри толщи амфиболитов хангорокской серии присутствуют пласты сагвандитов, содержание Ni в которых превышает таковое для лерцолитов Ханского массива (рисунок 3).

Кроме того, среди амфиболитов встречаются довольно мощные горизонты вкрапленных колчеданных руд, иногда с повышенной золотоносностью. Показана потенциальная рудоносность (Ni, Cu, платиноиды) лерцолитов и золотоносность амфиболитов.

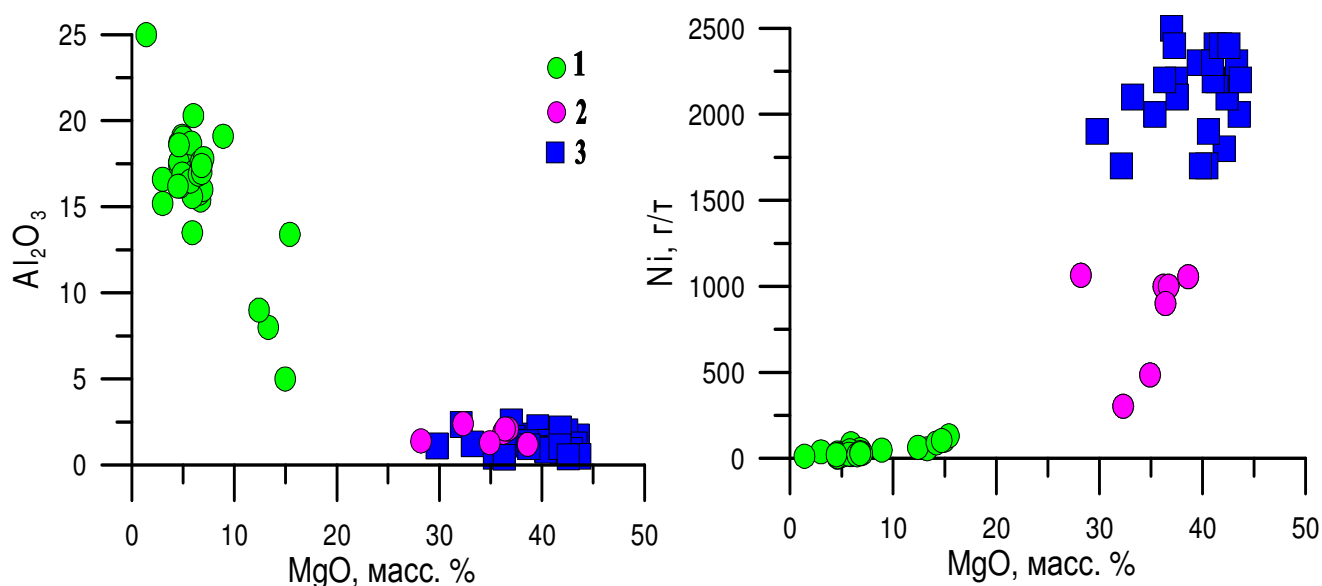


Рисунок 3. Вариационные диаграммы состава пород Ханского массива (1-2) и сагвандитов (3).

Раздел 4 Исследование процессов плавления и миграции расплавов в надсубдукционных зонах на основе геохимических особенностей офиолитовых комплексов складчатого обрамления Сибирского кратона

Проведено минералого-геохимическое изучение перидотитов Оспинского массива офиолитового комплекса обрамления Гарганской глыбы (Восточный Саян). Петрографические особенности пород и состав минералов исследовались на рентгеновском микроанализаторе Superprobe JXA-8200 (ИГХ СО РАН). В породах определение главных элементов проводилось методом рентгенофлуоресцентного анализа, редких – методом масс-спектрометрического анализа с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS).

Перидотиты представлены в разной степени серпентинизированными (ппп варьируют от 0.56 до 12.7 мас.%) гарцбургитами и дунитами. В сильно серпентинизированных породах присутствуют псевдоморфозы полиминеральной ассоциации: вторичный клинопироксен + вторичный оливин + серпентин ± брусит ± хроммагнетит, сохраняющие очертания первичного зерна ортопироксена, и области развития тонковолокнистых серпентина и талька, которые, очевидно, замещают оливин. В слабо серпентинизированных породах наблюдаются псевдоморфозы по ортопироксену, представленные агрегатом талька, серпентина, тремолита с содержанием Al_2O_3 до 7.5 мас% и низкоалюминиевого тремолита, а в оливине присутствуют лишь редкие «гнезда» и тонкие прожилки серпентина. Лишь в нескольких образцах сохраняются реликты первичного ортопироксена. Вторичный оливин отличается от первичного более низкой или более высокой магнезиальностью и присутствием незначительных количеств кальция, алюминия и хрома. Описанная в породах минеральная ассоциация неравновесна, в образцах присутствуют вторичные минералы, как низкотемпературные – серпентин, так и среднетемпературные – тальк, хлорит, тремолит и даже высокотемпературные – высокоалюминиевый тремолит.

Шпинели всех образцов неоднородны по составу. В серпентинитах в шпинелях три фазы: в центре расположена алюмошпинель, затем – кайма феррит-хромита и по краю – хроммагнетита. В слабо серпентинизированных образцах в шпинелях только две фазы: алюмошпинель в центре и по краю феррит-хромит. Феррит-хромит характеризуется более высокой хромистостью и более низкой магнезиальностью по сравнению с составом расположенной в центре зерна алюмошпинели. В некоторых образцах наблюдаются симплектитовые прорастания хроммагнетита с хлоритом. Хроммагнетитовые оторочки

обычно образуются при серпентинизации, а феррит-хромит появляется при более высокотемпературном метаморфизме, так как появление зон разного состава (алуошпинель – феррит-хромит) в шпинелях возможно в результате несмесимости этих фаз в интервале температур ~ 600-500 °С [Sack and Ghiorso, 1991].

Все выше сказанное свидетельствует о том, что в породах фиксируется незавершенный и псевдоморфный характер среднетемпературного метаморфического процесса, отвечающего полю стабильности оливина вне поля стабильности ортопироксена. Этот тип метаморфизма известен как океанический, он имеет регрессивный характер и происходит в пределах третьего сейсмического слоя океанической коры [Базылев и др., 1990]. В перидотитах Оспинского массива океанический метаморфизм завершается серпентинизацией.

Первичный минеральный парагенезис перидотитов Оспинского массива – оливин + ортопироксен + хромшпинелид. Магнезиальность [$mg\# = Mg/(Mg+Fe^{2+})$ ф.к.] оливинов и ортопироксенов составляет 0.921-0.927 и 0.923-0.928, соответственно. Центральные части зерен шпинели (алуошпинель) отвечают первичным составам. Их магнезиальность и хромистость [$Cr\# = Cr/(Cr+Al)$ ф.к.] варьируют от 0.42 до 0.69 и от 0.52 до 0.85, соответственно. Параметры составов первичных минералов такие же, как в реститовых перидотитах надсубдукционного типа. Они соответствуют > 30% степеням плавления деплетированной мантии. Высокая степень истощенности пород отражается и в низких концентрациях Ti и Yb. Перидотиты имеют кривые распределения редких элементов, характерные для надсубдукционных перидотитов: U-образные формы, максимумы Sr и Pb, обедненность HREE и обогащенность элементами группы LIL.

Таким образом, перидотиты Оспинского массива сформировались в результате следующих процессов: 1) частичное плавление в надсубдукционной зоне, 2) среднетемпературный океанический метаморфизм, 3) серпентинизация.

**Раздел 5 Исследование петрогенеза кимберлитов Якутской провинции –
минералогическое, петрохимическое и изотопно-геохимическое обоснование роли
астеносферно-литосферного взаимодействия при становлении кимберлитовых пород.
Уточнение эпох кимберлитового вулканизма**

Проведена минералогическая паспортизация 6 кимберлитовых трубок Куойкского поля (Якутия). Куойкское поле является одним из самых насыщенных трубками полей. Изучен состав барофильных минералов тяжелой фракции кимберлитов, слагающих различные трубки, тяжелая фракция кимберлитов которых представлена как преимущественно гранатом, шпинелидами, а так и такими, в которых доминирует пикроильменит.

Гранаты. О соотношении групп граната с разным содержанием Cr_2O_3 в разных трубках можно судить по круговым диаграммам (рисунок 4). Для гранатов характерно преобладание 5-го пироксенито-вебстеритового парагенезиса. При этом в большинстве изученных трубок (в 4 из 6) содержание данного парагенезиса составляет более 70 %. Максимальный % гранатов пироксенито-вебстеритового парагенезиса установлен для трубки Обнаженная. Следует заметить, что в Куойкском поле приобретает весомое значение 6-й (до 30% в двух кимберлитовых телах) и 7-й (до 11,5 %) средне-, высокохромистые лерцолитовые парагенезисы. Эта важная особенность свидетельствует об определенном сходстве состава отдельных участков литосферной мантии под Куойкским полем с литосферной мантией в южных алмазоносных полях. Гранаты алмазоносного дунит-гарцбургитового парагенезиса в изученных трубках не обнаружены.

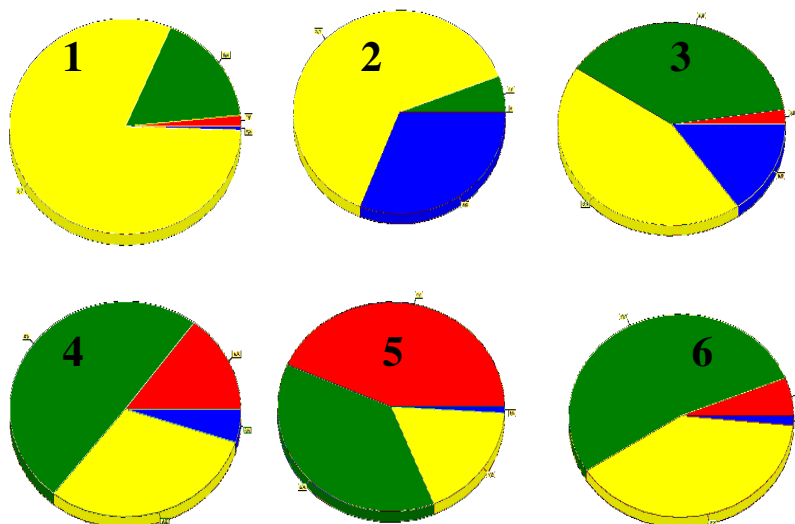


Рисунок 4. Круговые диаграммы для гранатов из трубок: 1 – Обнаженная, 2 – Жила 87/2, 3 – Люся, 4 – Нюрба, 5 – Пятница, 6 – Радужная, показывающие % соотношение гранатов с разным содержанием Cr_2O_3 : красный (< 0.2%); зеленый (0.2-2%); желтый цвет (2-4%) –%; синий (> 4%).

Пикроильмениты. Пикроильмениты из трубок Куойкского поля (из числа изученных) по усредненным значениям основных параметров состава характеризуются узким диапазоном вариаций в %: Al_2O_3 – 0.46-0.52; Cr_2O_3 – 0.31-0.72; Fe_2O_3 – 11.2-15.6; MgO – 7.7-9.4 (рисунок 5). Характеризуя распределения составов ильменита в целом, следует признать, что они для разных трубок Куойкского поля достаточно близки. Исключением является трубка Обнаженная.

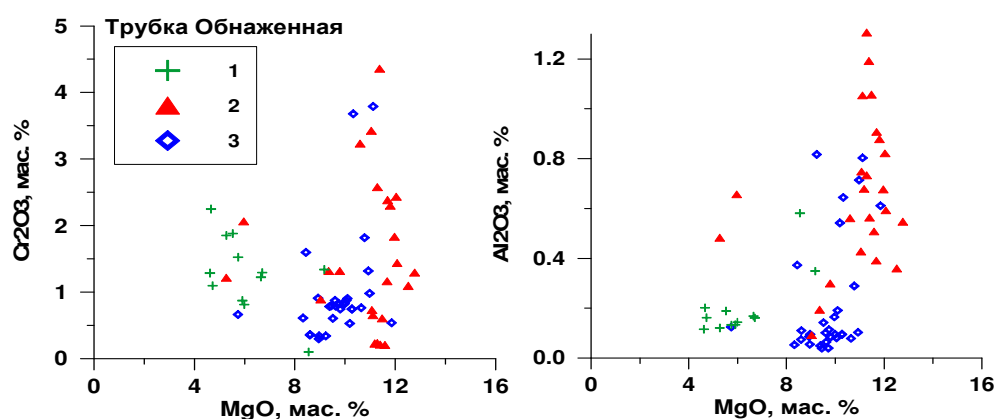


Рисунок 5. Графики корреляции MgO с Cr_2O_3 и Al_2O_3 для пикроильменитов из трубки Обнаженная. Пикроильмениты из: 1 – тяжелой фракции кимберлитов, 2 – ильменит-содержащих перидотитов, 3 – глиммеритов.

По сравнению с другими трубками Куойкского поля Пт из тяжелой фракции кимберлитов трубки Обнаженная отличается низким содержанием MgO и Al_2O_3 , что дает основание предположить его некимберлитовый источник.

Шпинелиды. Химический состав шпинелидов изучен для ряда трубок Куойкского поля. В изученных трубках шпинелиды алмазного парагенезиса отсутствуют.

Оливины. Изучен состав оливина основной массы разных типов кимберлита из трубки Обнаженная. Изучение состава оливина из макрокристов и основной массы кимберлитов, их сравнение с составом оливина из мантийных ксенолитов показало, что если в кимберлитовых брекчиях оливин имеет ксеногенное происхождение, то в массивных разновидностях кимберлита часть оливина, как макрокристного, так и из основной массы являются фенокристаллическими образованиями (кристаллизовалась из кимберлитового расплава).

Данные минералогической паспортизации изученных кимберлитовых трубок Куойкского поля, как по гранатам, так и по шпинелидам (отсутствие минералов алмазоносного дунит-гарцбургитового парагенезиса) согласуются с выводом об их бесперспективности на обнаружение алмазов. Распределения составов пикроильменита из разных трубок, принадлежащих разным кустам, демонстрируют на графиках $MgO-Cr_2O_3$

определенную индивидуальность, что позволит использовать их при поисковых работах для расшифровки коренного источника ильменита из вторичных ореолов рассеяния.

Однако, в отличие от большинства бесперспективных северных полей, Куойкское поле сохраняет определенные перспективы на обнаружение алмазонасных кимберлитовых тел. На это указывают относительно высокий % хромистости гранатов, обнаруживаемый в некоторых трубках, наличие в этом поле уже известных алмазонасных тел (трубка Дьянга), а также относительно магниезальный химический состав кимберлитов (приближающийся к составу кимберлитов из южных алмазонасных полей этого поля). С целью уточнения выводов о перспективах Куойкского поля необходимо продолжить изучение состава минералов-спутников из других уже известных кимберлитовых тел.

Основные результаты проведённого исследования

Исследованы щелочные породы, встреченные в пермотриасовом вулканогенно-осадочном комплексе Западно-Сибирской плиты. Данные по изотопии стронция и неодима позволяют предположить о том, что составы тефрифолитов сдвинуты в более радиогенную область по сравнению с базальтоидами N-MORB Тихого, Атлантического и Индийского океанов, одновозрастными траппами Восточной Сибири, а также базальтами Исландии. Намечается линия смешения между производными истощенного источника DM и мантийного источника с высоким отношением U/Pb - HIMU. Изучение Ханского габбронорит-пироксенит-лерцолитового массива показало потенциальную рудоносность (Ni, Cu, платиноиды) лерцолитов и золотоносность амфиболитов. Данный участок рекомендован для разведки «Норникелю».

Список публикаций по теме

1. Ashchepkov I.V., Vladykin N.N., Ntaflos T., Kostrovitsky S.I., Prokopiev S.A., Downes H., Smelov A.P., Agashev A.M., Logvinova A.M., Kuligin S.S., Tychkov N.S., Salikhov R.F., Stegnitsky Yu.B., Alymova N.V., Vavilov M.A., Minin V.A., Babushkina S.A., Ovchinnikov Yu.I., Karpenko M.A., A.V. Tolstov, G.P. Shmarov Layering of the lithospheric mantle beneath the Siberian Craton: Modeling using thermobarometry of mantle xenolith and xenocrysts. // *Tectonophysics*, 2014, V. 634, P. 55-75.
2. Nasdala L., Kostrovitsky S., Kennedy A.K., Zeug M., Esenkulova S.A. Retention of radiation damage in zircon xenocrysts from kimberlites, Northern Yakutia // *Lithos*, 2014, V. 206-207, P. 252-261
3. Sun J., Liu C.-Z., Tappe S., Kostrovitsky S.I., Wu Fu-Yuan, Yakovlev D., Yang Yue-Heng, Yang Jin-Hui. (2014) Repeated kimberlite magmatism beneath Yakutia and its relationship to Siberian flood volcanism: insights from *in situ* U-Pb and Sr-Nd perovskite isotope analysis // *Earth and Planetary Science Letters*, 2014, V. 404, P. 283-295.
4. Медведев А.Я. Щелочные породы мезозойско-кайнозойского вулканогенно-осадочного комплекса Западно-Сибирской плиты, вещественный состав // *Геология и геофизика*, 2014, Т. 55, № 10, С. 1457-1465.
5. Михеев Е.И., Владимиров А.Г, Волкова Н.И., Баянова Т.Б., Травин А.В., Юдин Д.С., Мехоношин А.С., Орсов Д.А. Термохронология гранулитов п-ова Святой Нос (Забайкалье) // *Доклады Академии наук*, 2014, Т. 455, № 3, С. 317-322.
6. Симонов В.А., Гордиенко И.В., Ступаков С.И., Медведев А.Я., Котляров А.В., Ковязин С.В. Условия формирования базальтов Джидинской зоны Палеоазиатского океана // *Геология и геофизика*, 2014, № 8, С. 1173-1187.
7. Соловьева Л.В., Калашникова Т.В., Костровицкий С.И., Суворова Л.Ф. Зональность гранатов в деформированных перидотитах из кимберлитовой трубки Удачная // *Доклады Академии наук*, 2014, Т. 457, № 5, С. 579-585.
8. Эсенкулова С.А., Костровицкий С.И., Яковлев Д.А., Суворова Л.Ф. Состав оливина из кимберлитов трубки Обнаженная, его генезис. *Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАЕН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. Иркутск: Изд-во ИГТУ*, 2014, № 2 (45), С. 42-51.

9. Yarmolyuk V.V., Kuzmin M.I., Ernst R.E. Intraplate geodynamics and magmatism in the evolution of the Central Asian Orogenic Belt // Journal of Asian Earth Sciences, 2014, V. 93, p. 158-179.

10. Кузьмин М.И., Ярмолюк В.В. Мантийные плюмы Северо-Восточной Азии и их роль в формировании эндогенных процессов // Геология и геофизика, 2014, №2, С. 153-184.

11. Головных Н.В., Бычинский В.А., Филимонова Л.М., Глазунов О.М. Геоэкологические исследования загрязненности почв в зоне действия алюминиевого завода // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология, 2014, № 3, С. 224-232.

12. Рагозин А.Л., Каримова А.А., Литасов К.Д., Зедгенизов Д.А., Шацкий В.С. Содержание воды в минералах мантийных ксенолитов из кимберлитов трубки Удачная (Якутия) // Геология и геофизика, 2014, № 4, С. 549-567.

Список использованных источников

1. Кузьмин М.И. Геохимия магматических пород фанерозойских подвижных поясов.— Новосибирск: Наука, 1985, 200 с.
2. Ярмолюк В.В., Иванов В.И., Коваленко В.И. Источники внутриплитного магматизма Западного Забайкалья в позднем мезозое-кайнозое (на основе геохимических и изотопно-геохимических данных) // Петрология, 1998, т. 6, № 2, с. 115-138.
3. Медведев А. Я. Пермотриасовый вулканизм Северо-Азиатского кратона (Западно-Сибирская плита и Тунгусская синеклиза): геохимия, петрология и геодинамика//Автореф. Докт. Иркутск, 2004, Ин-т геохимии СО РАН, 34 с.
4. Чернышева Е.А., Матвеев В.В., Медведев А.Я. Два типа щелочных вулканитов в районе юго-западной окраины Иберии: причины разнообразия // Океанология, 2012, т. 52, № 5, с. 733-743.
5. MacDonald G.A., Katsura T. Chemical composition of Hawaiian lavas // Journal of Petrology, 1964, v. 5, № 1, p. 82-133.
6. Mertz D.F., Devey C.W., Todt W., Stoffer P., Hofmann A.W. Sr-Nd-Pb isotope evidence against plum-asthenosphere mixing north of Iceland // Earth and Planet Science Letter, 1991, v. 107, № 2, p. 243-255.
7. Дриль С. И., Медведев А. Я., Альмухамедов А. И., Сандимирова Г. П., Елизарова М. В., Ронкин Ю. Л. Sr-Nd изотопная характеристика пермотриасовых вулканитов Западной Сибири// Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). Иркутск, 2004, вып. 2, т. 1, с. 126-128. Из-во Института географии СО РАН.
8. Дриль С. И., Медведев А. Я., Кузьмин М. И., Герасимов Н. С., Владимирова Т. А. Sr-Pb изотопная систематика и источники вещества пермотриасовых рифтогенных вулканитов Западной Сибири//Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). Иркутск, 2012, вып. 10, т. 1, с. 92-94. Из-во Института географии СО РАН.
9. Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Ковач В.П. и др. Ранние стадии формирования палеоазиатского океана: результаты геохронологических, изотопных и геохимических исследований позднерифейских и венд-кембрийских комплексов Центрально-Азиатского складчатого пояса // Докл. РАН. 2006, Т. 410, № 5, С. 657-663.
10. Гордиенко И.В. Геодинамическая эволюция поздних байкалид и палеозоид

складчатого обрамления юга сибирской платформы // Геология и геофизика. 2006. Т. 47. № 1. С. 53-70.

11. Kuzmin M.I., Yarmolyuk V.V., Kravchinsky V.A. Phanerozoic hot spot traces and paleogeographic reconstructions of the Siberian continent based on interaction with the African large low shear velocity province // *Earth-Science Reviews*. 2010. V. 102. P. 29-59.

12. Добрецов Н.Л., Буслов М.М. Позднекембрийско-ордовикская тектоника и геодинамика Центральной Азии // Геология и геофизика. 2007. Т. 48. № 1. С. 93-108.

13. Буслов М.М. Тектоника и геодинамика Центрально-Азиатского складчатого пояса: роль позднепалеозойских крупноамплитудных сдвигов // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 1. С. 66-90.

14. Метелкин Д.В., Верниковский В.А., Казанский А.Ю. Тектоническая эволюция Сибирского палеоконтинента от неопротерозоя до позднего мезозоя: палеомагнитная запись и реконструкции // Геология и геофизика. 2012. Т. 53. № 7. С. 883-899.

15. Руднев С.Н. Раннепалеозойский гранитоидный магматизм Алтае-Саянской складчатой области // Автореф. дис. ... доктора геол.-мин. наук. Новосибирск, 2010. 32 с.

16. Владимиров А. Г., Изох А. Э., Поляков Г. В. и др. Габбро-гранитные интрузивные серии и их индикаторное значение для геодинамических реконструкций // *Петрология*. 2013. Т.21. № 2. С. 177–201.

17. Sack R.O., Ghiorso M.S. Chromian spinels as petrogenetic indicators – thermodynamics and petrological applications // *American Mineralogist*, 1991, v. 76, p. 827-847.

18. Базылев Б.А., Силантьев С.А., Кононкова Н.Н. Метаморфизм гипербазитов в океанической коре. - В кн.: Магматизм и тектоника океана (проект "Литос"). М., Наука, 1990, с. 296-318.