

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

« 12 » 01 2016

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

А.Я. Медведев 11.01.2016 Д.Г.-м.н. А.Я. Медведев
подпись, дата

Иркутск 2016

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель темы, д-р
геолого-минералогических наук

11.01.2016 
подпись, дата

А.Я. Медведев


Ответственные исполнители темы:

д-р геолого-минералогических наук

11.01.2016 
подпись, дата


А.Я.Медведев (раздел 1)

д-р геолого-минералогических наук

11.01.2016 
подпись, дата


А.А.Воронцов (раздел 2)

кандидат геолого-минералогических
наук

11.01.2016 
подпись, дата

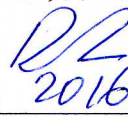
А.С.Мехоношин (раздел
3)

д-р геолого-минералогических наук

11.01.2016 
подпись, дата

М.А. Горнова (раздел 4)

д-р геолого-минералогических наук

11.01.2016 
подпись, дата

С.И.Костровицкий
(раздел 5)

УДК 550.4

Реферат

Отчет включает 25 стр., 8 илл., 22 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 источника элементов платиновой группы (ЭПГ) в безрудных вулканитах Сибирской крупной изверженной провинции	6
Раздел 2 Установление образования девонских риодацитов Минусинской котловины при смешении дифференцированных и анатектических магм	9
Раздел 3 Получение новых данных по распределению ЭПГ, Ni, Cu в породах и рудах верлитового Онгуренского массива, выявление критериев оценки продуктивности массивов	11
Раздел 4 Установление и характеристика процессов, ответственных за формирование перидотитов Хара-Нурского массива	13
Раздел 5 Установление источника кимберлитов для трубок Куойкского поля Якутской провинции	16
Основные результаты проведённого исследования	20
Список публикаций по теме	21
Список использованных источников	23

Введение

Исследование включает изотопно-геохимическое и петрологическое изучение структурно-вещественных комплексов в отдельных блоках коры Сибирской платформы, 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 источника элементов платиновой группы (ЭПГ) в безрудных вулканитах Сибирской крупной изверженной провинции.

Проведено исследование распределения элементов платиновой группы (ЭПГ) в вулканитах Сибирской платформы, связанных с проявлением Сибирского мантийного плюма. Сибирская платформа является одной из крупнейших изверженных провинций (LIP). В качестве объектов исследования нами выбраны базальты рифтовой и покровной фаций Норильского района, отобранные по скважине СГ-9, покровные базальты центральной части Тунгусской синеклизы (Нижняя Тунгуска). Для сравнения привлечены данные по одновозрастным траппам Кузбасса и субщелочному базальту Семейтауской вулcano-плутонической структуры Восточного Казахстана. Точки отбора проб и содержание платины и палладия показаны на рис. 1.

Уникальные Cu-Ni- ЭПГ месторождения Норильского района приурочены в наиболее высокотемпературной области проявления траппов Сибирского кратона 250 млн лет [Медведев, 2004; А. Соболев и др., 2009; S. Sobolev et al., 2011], которая рассматривается как центральная часть головы глубинного мантийного плюма [Добрецов и др., 2010]. Такая приуроченность Cu-Ni- ЭПГ месторождений к трапповому ультрамафит-мафитовому магматизму обусловлена с одной стороны высокими степенями плавления мантии, а с другой стороны высокими содержаниями ЭПГ в родоначальном расплаве.

В базальтах ранней рифтовой стадии установлены крайне низкие содержания ЭПГ, тогда, как в покровных фациях содержания всех платиновых элементов достаточно высокое (около 10 мг/т Pt и Pd) и достаточно устойчивое. В центральной части Тунгусской синеклизы (Нижняя Тунгуска) также установлены высокие концентрации ЭПГ, при этом их содержания даже выше, чем в Норильском районе. В периферийных зонах базальтового магматизма, связанного с Сибирским плюмом (траппы Кузбасса и Семейтау), установлены значительно более низкие концентрации ЭПГ, сопоставимые с субщелочными базальтами рифтогенного этапа Норильского района. Следует отметить, что концентрации ЭПГ в центральных частях рифтовых зон Западно-Сибирской плиты сопоставимы с таковыми в толеитовых базальтах Норильского района и центральной части Тунгусской синеклизы и выше, чем в субщелочных вулканитах Норильского района. В то же время в базальтах из

межрифтовых зон установлены низкие содержания ЭПГ [Медведев, 2013]. Предполагается, что это вызвано влиянием вещества плюма, проекция головки которого располагается именно под рифтовыми долинами [Добрецов, 1997; Добрецов, 2008].

Во многих крупных изверженных провинциях в центральных частях зафиксированы высокие содержания ЭПГ в родоначальных магмах, при этом содержание платиноидов возрастает с увеличением степени плавления мантийных субстратов [Naldrett, 1990; Barnes, Maier 1999]. Такая зависимость может объясняться различными моделями. Так, согласно двухстадийной модели плавления мантии [Hamlyn, Keays 1985], при небольших степенях плавления в рестите сохраняется сульфидная фаза, в которой из-за высоких коэффициентов распределения концентрируются ЭПГ. Этим процессом хорошо объясняются крайне низкие содержания ЭПГ, характерные для MORB базальтов, а также низкие содержания платины и палладия в базальтах рифтового этапа, которые согласно петрохимическим и геохимическим данным генерировались при низких степенях плавления мантии. При повторном плавлении этого субстрата или при увеличении степени плавления в расплав вовлекаются эти обогащенные платиноидами сульфиды, что вызывает резкое повышение их концентраций в расплаве [Barnes, Maier 1999]. Эти особенности наблюдаются для пикритов и базальтов покровного этапа [Lightfoot, Keays, 2005]. Повышенные содержания платины и палладия характерны также для некоторых магм островных дуг, что также находит свое объяснение в рамках этой модели, когда при высокой степени частичного плавления пород метасоматизированного мантийного клина происходит растворение интерстициальных сульфидов [Hamlyn, Keays 1985; Иванов и др., 2008].

Согласно приведенной выше модели не требуется привноса ЭПГ при генерации магм, связанных с LIP. Согласно же термо-химической модели глубинного мантийного плюма, поднимающегося с границы ядро-мантия [Добрецов и др., 2008; 2010], предполагается привнос в зону магмогенерации глубинного вещества, в том числе и платиновых металлов. В пользу этого предположения свидетельствует то, что высокие концентрации ЭПГ в мантийных магмах характерны только для областей головы плюма.

Таким образом, на основе полученных геохимических данных по распределению ЭПГ в базальтоидах, связанных с пермо-триасовым Сибирским плюмом, показано, что для раннего рифтового этапа в центральной части Сибирской ЛПР характерны низкие содержания ЭПГ, тогда, как для пикритов и толеитовых базальтов покровных фаций, высокие их концентрации. Для периферийных областей, как для рифтовых (Семейтау), так и покровных этапов (траппы Кузбасса), характерны крайне низкие концентрации ЭПГ. Высокими содержаниями платиноидов в магмах в области головы плюма обусловлена высокая продуктивность сопряженного с траппами ультрамафит-мафитового магматизма. Повышенная калиевоность магм и высокие концентрации ЭПГ в голове глубинного мантийного плюма вероятно обусловлены поступлением глубинного вещества с границы ядро-нижняя мантия, что вытекает из термо-химической модели Сибирского плюма [Добрецов и др., 2010].

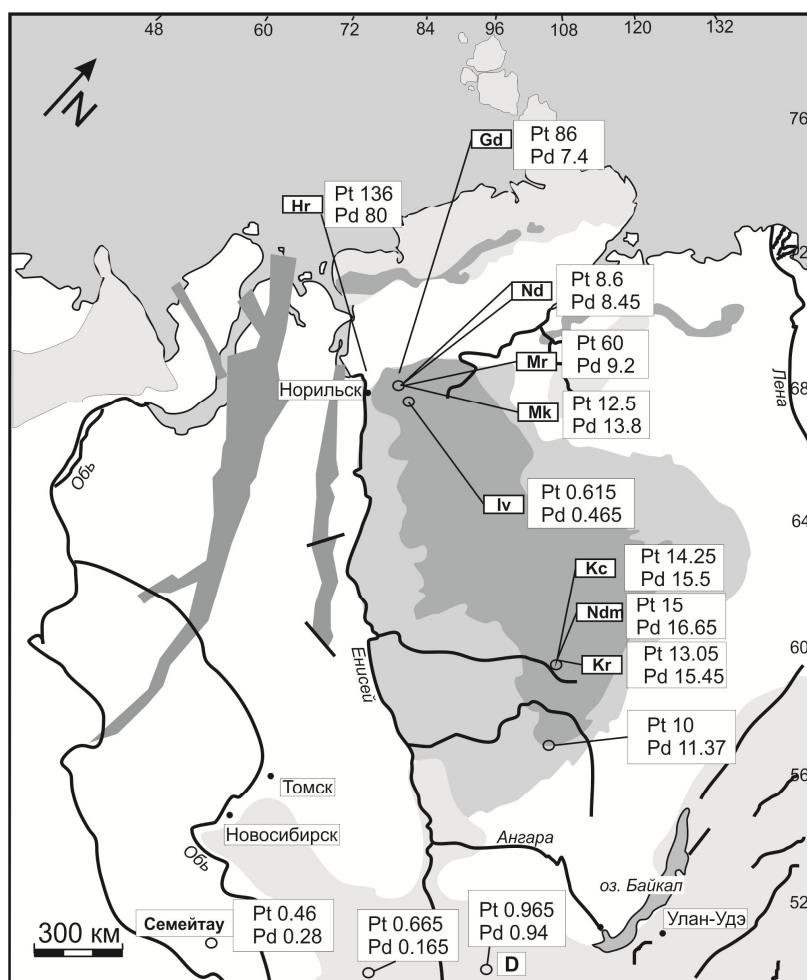


Рис. 1 Схема распространения пермо-триасового магматизма, связанного с Сибирской крупной изверженной провинцией [Медведев 2004]. Кружками обозначены места отбора исследованных образцов и указаны содержания Pt и Pd (в мг/т). Свиты: Iv – ивакинская; Mk – мукулаевская; Mr – моронговская; Nd – надеждинская; Gd – гудчихинская; Hr – хараелахская; Kc – кочечумская; Ndm – нидымская; Kr – корвунчанская. Ивакинская и гудчихинская свиты относятся к рифтогенному этапу, остальные – к покровному.

Раздел 2 Установление образования девонских риодацитов Минусинской котловины при смешении дифференцированных и анатектических магм.

На основе геологических, геохимических и изотопных (Sr-Nd, O) характеристик дифференцированной базальт-андезитбазальт-андезит-трахит-трахидацит-риолитовой ассоциации на Батеневском поднятии Минусинского прогиба рассмотрены закономерности формирования и эволюции девонских мантийных магматических источников. Среди базальтоидов в интервале составов от 47.7 до 55 мас. % SiO₂ выделяются две подгруппы: повышенной титанистости (TiO₂ от 1.71 до 2.15 мас. %) и пониженной титанистости (TiO₂ от 1.14 до 1.60 мас. %). Подгруппа повышенной титанистости обогащена фосфором и железом, а подгруппа пониженной титанистости обеднена этими компонентами, но относительно обогащена глиноземом и кальцием.

Природа и состав источников базальтов повышенной и пониженной титанистости оценена на основе их сравнения с базальтоидами типовых геодинамических обстановок, различающихся уровнем накопления титана и групп крупноионных литофильных элементов (LILE) и высокозарядных элементов (HSFE). Все базальтоиды на Батеневском поднятии обогащены редкими литофильными, в том числе редкоземельными элементами, по сравнению с базальтами островных вулканических дуг типа IAB. По содержанию Rb, Th, U, редкоземельных элементов (REE), Sr, P они близки к составу базальтов типа OIB и, в частности, к составу базальтов кайнозойских щелочных вулканических серий в зонах растяжения на окраине Азии, характеризующихся свойствами пород внутриплитной геохимической специализации. От последних их отличает обеднение высокозарядными некогерентными элементами Nb, Ta по отношению к La (среднее (Ta/La) ~ 0.02), в меньшей степени – Zr, Hf и Ti, а также Ba и Sr. При этом выявляются различия в соотношениях малых элементов для двух подгрупп базальтоидов с разными содержаниями TiO₂ и Al₂O₃. Так, базальтоиды пониженной титанистости (высокий глинозем) по сравнению с базальтоидами повышенной титанистости относительно обеднены практически всеми несовместимыми элементами, за исключением бария и стронция. В то же время в спектре составов обеих подгрупп сохраняются Th, Nb-Ta, Zr-Hf и Ti минимумы, высокие концентрации Ba по отношению к Rb и одинаковая степень фракционирования REE (среднее (La/Yb) ~ 9.2).

Точки составов базальтов расположены во втором квадранте диаграммы в координатах $\epsilon\text{Sr}(T)$ - $\epsilon\text{Nd}(T)$, отклоняясь от линии мантийной корреляции. При этом низкотитанистые базальты обогащены относительно высокотитанистых радиогенным стронцием, что, возможно, отражает различия в составе их источников. Подобная закономерность типична для базальтоидов всего Минусинского прогиба и указывает на добавление в область магмообразования к источникам расплавов с характеристиками умеренно-деплетированного мантийного субстрата типа PREMA (превалирующая мантия) карбонатных пород с высоким содержанием Sr, повышенной величиной $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ и низкими содержаниями РЗЭ. Таким образом, исходные материнские расплавы, из которых была сформирована базальт-андезибазальт-андезит-трахитовая серия, уже до начала дифференциации контаминировали карбонатсодержащие породы фундамента и заражались радиогенным стронцием в результате изотопного обмена. При этом проявилась более низкая степень контаминации базальтами повышенной титанистости, что объясняется либо большим объемом мантийных выделок, либо высокой скоростью (транзитные магмы) их продвижения сквозь литосферную мантию и кору.

Формирование дифференцированной вулканической серии на Батеневском поднятии объясняется в рамках модели, которая предполагает возникновение мантийного плюма в основании региона в начале девона и его взаимодействие с литосферной мантией, метасоматически переработанной и обогащенной водой в ходе раннепалеозойской (каледонской) аккреции.

Раздел 3 Получение новых данных по распределению ЭПГ, Ni, Cu в породах и рудах верлитового Онгуренского массива, выявление критериев оценки продуктивности массивов.

Проблема выделения индикаторных комплексов при палеореконструкциях на протяжении многих лет вызывает пристальный интерес исследователей. В этом плане производные пикритовых и пикробазальтовых магм являются одними из показательных образований, на примере которых можно проследить эволюцию развития крупных регионов, проводить геодинамические построения. И особо важным моментом является то, что с этими комплексами могут быть связаны месторождения медно-никелевых и платиновых руд.

В Западном Прибайкалье ультрабазитовые массивы локализованы в структурах выступа фундамента Сибирского кратона и прослеживаются в виде серий интрузий, ориентированных в северо-восточном направлении. Ширина выходов на поверхность тел ультрабазитов составляет 50-200 м, при протяженности до 2 км. На Онгуренском участке наблюдаются несколько линзообразных крутопадающих тел ультрабазитов, секущих гранитоиды приморского комплекса. В отличие от ранее изученных массивов Улан-Хан и Зундук, интрузии на Онгуренском участке гипабиссальные, недифференцированные и сложены порфировидными пикритами. Порфировые вкрапленники представлены главным образом оливином, основная масса сильно преобразована вторичными процессами и чаще всего представляет собой серпентин-хлоритовый агрегат. Агрегаты сульфидов пентландит-пирротинового состава образуют редкую вкрапленность.

По петрографическим характеристикам ультрабазиты Онгуренского участка наиболее близки к породам Морянского массива (рис. 2). Для них характерен высокий уровень содержания MgO (28-35 мас. %), при этом концентрации Ni и Cr изменяются в достаточно узком диапазоне (1200-1400 и 2000-4000 г/т, соответственно). Наблюдаемые различия в петрографическом и петрохимическом составе ультрабазитов Западного Прибайкалья обусловлены, по-видимому, глубиной становления интрузий и, вследствие этого, разной степенью дифференциации исходной магмы. Но в целом, как нам представляется, все ультраосновные массивы данного региона можно объединить в единый магматический комплекс. В пользу этого предположения свидетельствует также однотипное распределение

редкоземельных элементов, со значительным обогащением лёгкими РЗЭ по отношению к тяжёлым - $(Ce/Yb)_N = 2.6-5.8$ и средним - $(La/Nd)_N = 1,7-4$.

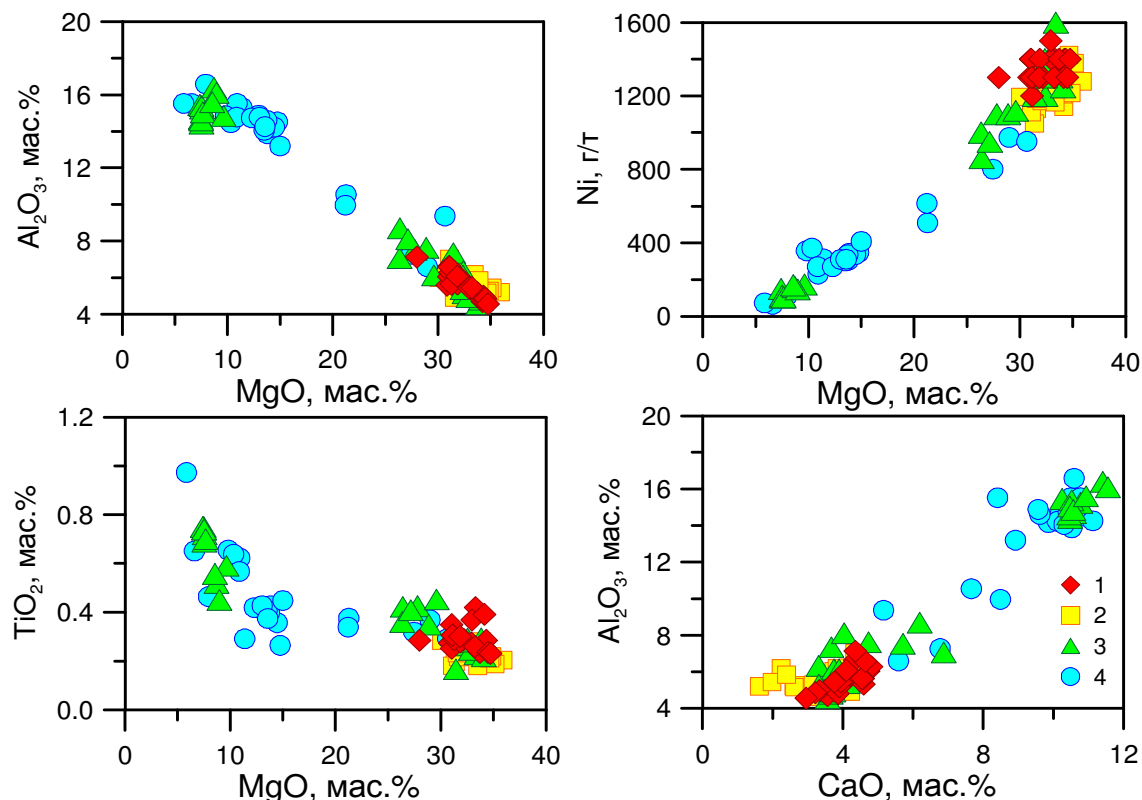


Рис. 2. Вариационные диаграммы состава ультрабазитов Западного Прибайкалья: 1 – Онгурены, 2 – Моряны, 3 – Зундук, 4 – Улан-Хан.

Состав породообразующих минералов, высокая магнезиальность пород, свидетельствуют о том, что родоначальная магма для ультрабазитовых массивов Западного Прибайкалья имела ультраосновной (пикритовый) состав. Повышенные содержания лёгких и средних редкоземельных элементов и ряда крупноионных литофильных элементов вероятно связаны с частичной контаминацией исходной магмы коровым материалом.

Раздел 4 Установление и характеристика процессов, ответственных за формирование перидотитов Хара-Нурского массива

Проведено минералого-геохимическое изучение гипербазитов Хара-Нурского массива (Восточный Саян), являющихся мантийной секцией офиолитового комплекса [Добрецов и др., 1985]. Предполагается [Khain et al., 2002; Кузьмичев, 2004], что офиолиты формировались в Дунжугурской островной дуге 1020-1040 млн лет назад и в виде единого покрова были обдуцированы на Гарганскую глыбу во время их столкновения. В настоящее время породы комплекса сложены несколькими тектоническими чешуями и находятся в опрокинутом залегании. Породы автохтона – карбонатно-терригенные отложения иркутской и ильчирской свит метаморфизованы в зеленосланцевой и эпидот-амфиболитовой фации метаморфизма. Офиолиты прорываются или окружены тоналитами сумсунурского комплекса с возрастом 790 млн лет. Петрографические особенности пород и состав минералов исследованы на рентгеновском микроанализаторе Superprobe JXA-8200, содержание главных и редких элементов в породах определены методами рентгенофлюоресцентного и масс-спектрометрического анализа с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS).

Породы массива представлены слабо серпентинизированными гарцбургитами, метаперидотитами и серпентинитами (рис. 3). Гарцбургиты Хара-Нурского массива имеют порфиробластовые структуры. В крупных зернах ортопироксена присутствуют клинопироксеновые структуры распада. Оливин и ортопироксен имеют составы, характерные для реститовых мантийных перидотитов. Шпинели гарцбургитов не имеют метаморфической зональности, по соотношению хромистости и магнезиальности, низким концентрациям ZnO и MnO они подобны шпинелям надсубдукционных перидотитов.

Серпентиниты состоят из антигорита, брусита, карбонатов и шпинели. В метаперидотах присутствуют псевдоморфозы полиминеральной ассоциации (оливин + клинопироксен + серпентин + хроммагнетит ± хлорит), сохраняющие очертания первичных зерен ортопироксена, и области развития оливина с включениями хроммагнетита и серпентина. В пределах образцов метаперидотитов оливин характеризуется широкими вариациями магнезиальности и содержаний NiO, MnO, пироксены имеют низкие содержания Al_2O_3 , Cr_2O_3 , Na_2O . Петрографические особенности, составы оливина и пироксенов говорят об их метаморфической

природе. Шпинели серпентинитов и метаперидотитов имеют метаморфическую зональность: ядра Al-Cr шпинели окружены каймой ферритхромита и затем Cr-магнетита. Ядра наиболее крупных зерен неоднородны по составу, от центра к краю в

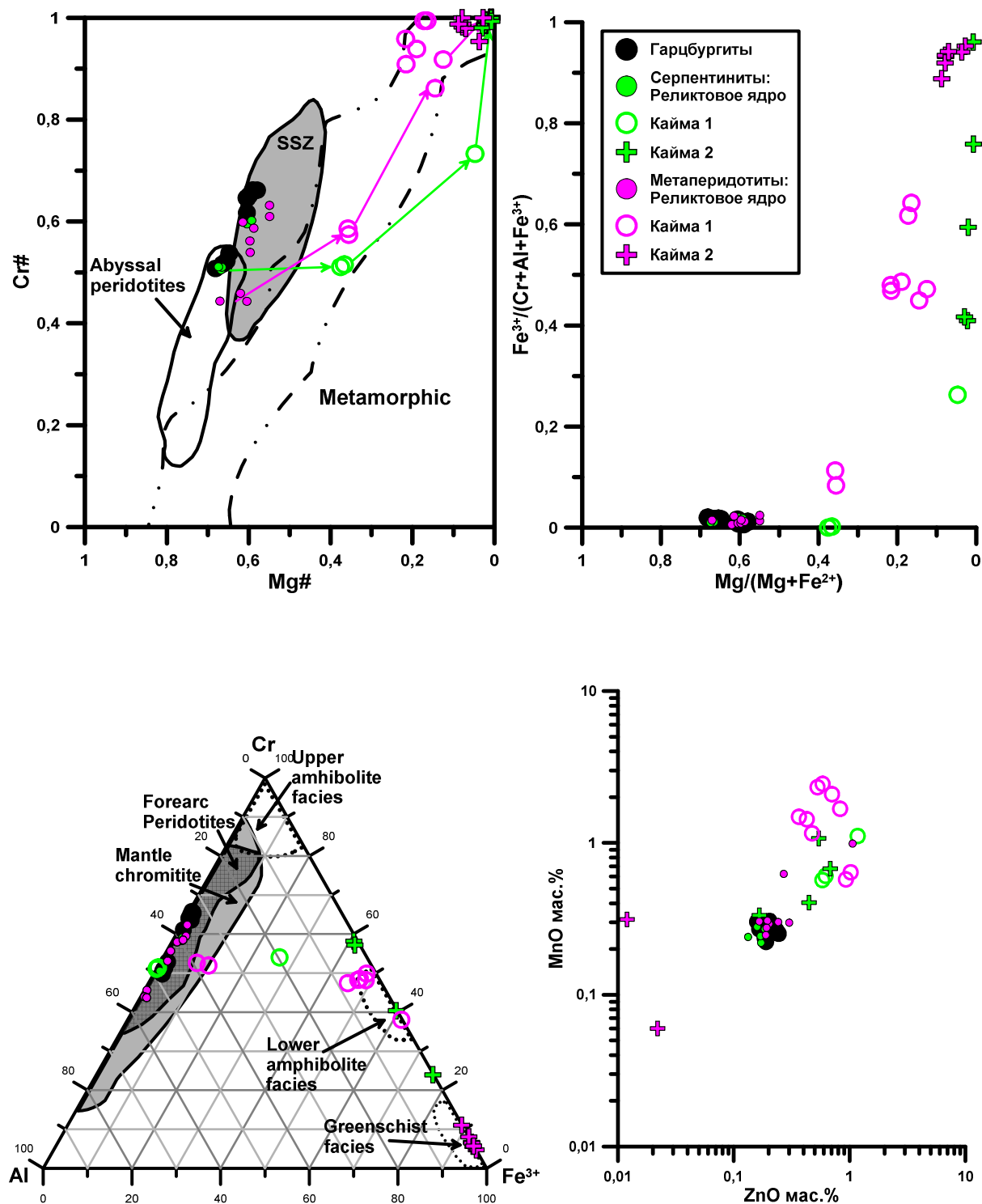


Рис. 3. Составы шпинелей Хара-Нурского массива (Восточный Саян).

них наблюдается уменьшение магнезиальности и рост содержаний MnO, ZnO. По сравнению с ядром, ферритхромитовые каймы характеризуются еще более низкой

магнезиальностью, высокими хромистостью и содержанием Fe^{3+} , MnO , TiO_2 , V_2O_3 , NiO . Минеральные ассоциации и характер метаморфической зональности шпинели в серпентинитах и метаперидотитах Хара-Нурского массива соответствуют эпидот-амфиболитовой фации метаморфизма.

При метаморфизме шпинелей гипербазитов от зеленосланцевой до средне-амфиболитовой фации содержание двухвалентных катионов – Mn , Zn , Fe , Mg изменяется быстрее, чем трехвалентных – Al , Cr , и ядра сохраняют первичную хромистость [Santii et al., 2006]. Первичная хромистость шпинели варьирует от 0.45 до 0.65, что соответствует реститам ~ 20-30% плавления ДММ. 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. Наиболее деплетированные разности могут быть комплементарны бонинитам, которые присутствуют в Дунжугурском офиолитовом комплексе [Добрецов и др., 1985; Кузьмичев, 2004].

Таким образом, гипербазиты Хара-Нурского массива сформировались в результате частичного плавления в надсубдукционной зоне и последующего проградного метаморфизма до эпидот-амфиболитовой фации. В массиве сохраняются блоки, соответствующие разным этапам образования.

Раздел 5 Установление источника кимберлитов для трубок Куойкского поля Якутской провинции.

Проведены анализы изотопных составов Sr, Nd и Hf для кимберлитов из разных трубок Куойкского поля, в том числе, из трубки Обнаженная, а также в целях сравнения – из трубок алмазоносных месторождений Удачная-восточная и Интернациональная. Анализы выполнены в Институте геологии и геофизики Китайской академии наук. В координатах $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0$ - ϵNd изотопный состав кимберлитов из трубки Обнаженная и других кимберлитовых тел Куойкского поля является типичным для кимберлитов группы типа I, - большинство точек состава на соответствующем графике (рис. 5) попадают в область слабо истощенной мантии, приближающуюся по своим характеристикам к источнику PREMA. Отклонения фигуративных точек состава от этого источника в сторону значений более радиогенного стронция образуют на графике субгоризонтальный тренд, образование которого для кимберлитов из южных алмазоносных полей нами объяснялось [Костровицкий и др., 2007] смешением мантийного источника с коровым осадочно-морским. Для кимберлитов из Куойкского поля основной причиной отклонения изотопного состава Sr от источника PREMA явилась их повышенная щелочность, обусловленная смешением с литосферным источником, характеризующимся более радиогенным стронцием.

В координатах изотопных составов Nd и Hf кимберлиты из Куойкского поля (в том числе, трубки Обнаженная) и алмазоносных кимберлитов южных полей Якутской провинции (рис. 6) попадают в самую верхнюю часть поля составов, характерных для кимберлитов Южно-Африканской провинции [Nowell et al, 2004]. Фигуративные точки составов кимберлитов Якутской провинции образуют локальное компактное поле, приуроченное к центральной части поля OIB, и концентрируются, в основном, на линии мантийного тренда (Mantle array). Из приведенного графика видно, что изотопный состав Hf для кимберлитов Якутской провинции свидетельствует о существенно более истощенном характере мантийного источника для них по сравнению с кимберлитами Южно-Африканской провинции.

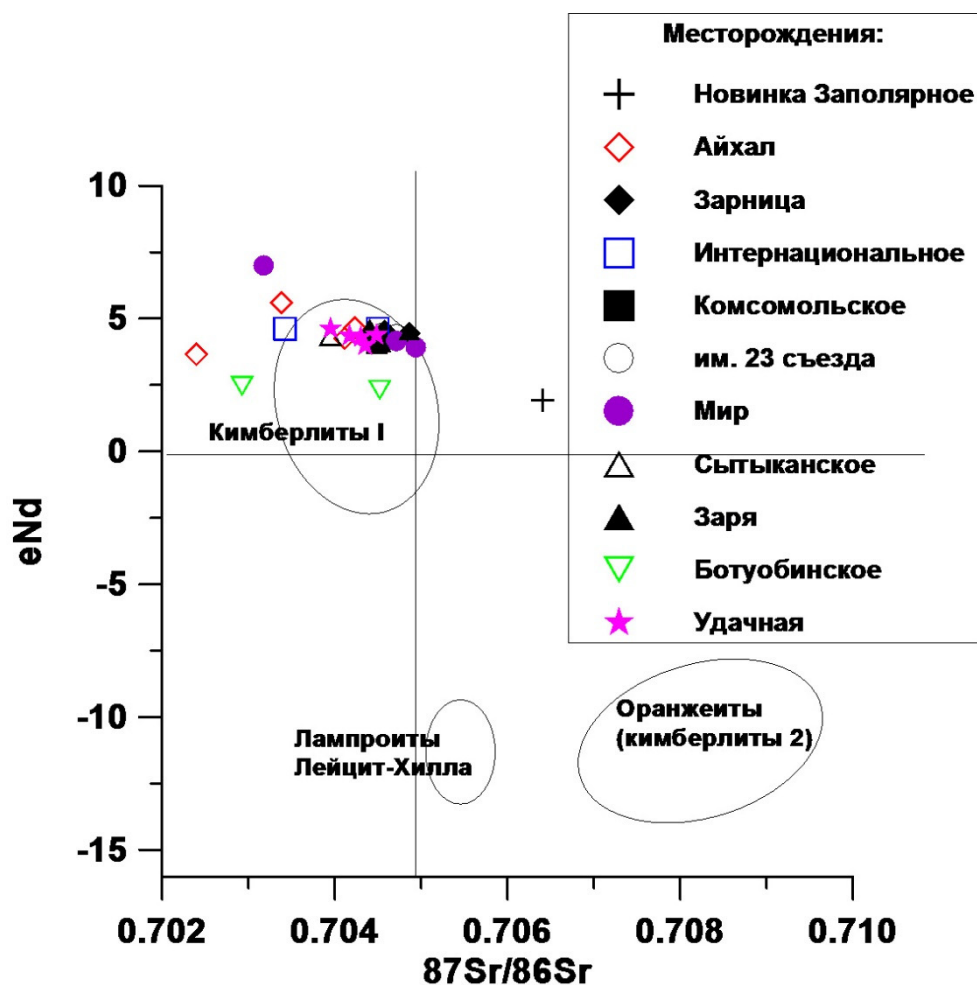


Рис. 4. Sr-Nd изотопные составы кимберлитов из месторождений Западной Якутии.

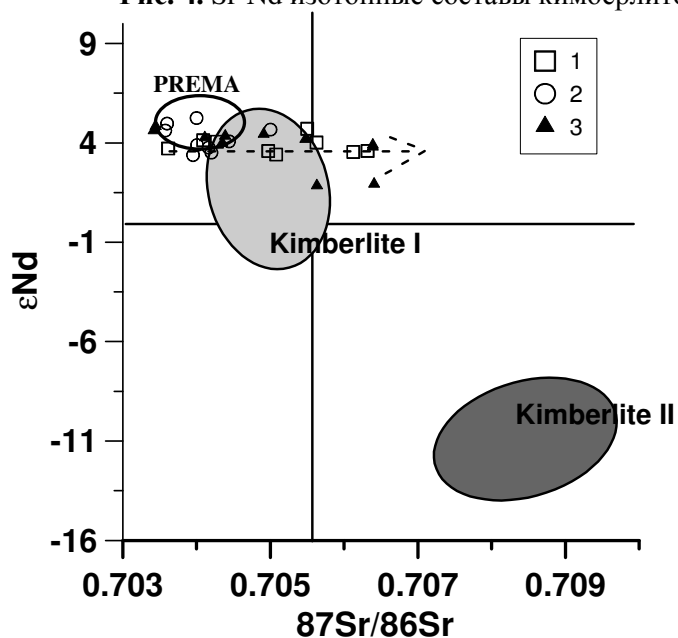


Рис. 5. $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 - \epsilon\text{Nd}$ диаграмма для кимберлитов Якутской провинции. Кимберлиты из: 1 - алмазных месторождений; 2 - трубки Обнаженная; 3 - из других трубок Куойкского поля. Пунктирная стрелка показывает направление эволюционного тренда изотопного отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$. Composition fields for kimberlites are after [Mitchell, 1986; Smith, 1983; Tainton and McKenzie, 1994]. PREMA field is after [Zindler and Hart, 1986].

Особенностью распределения как редких несовместимых элементов (рис. 7), так и изотопных составов Sr, Nd и Hf (рис. 4-8) для кимберлитов из Куойкского поля и алмазонасных кимберлитов южных полей является **их практически полное сходство**. Это тем более удивительно, поскольку изученные кимберлитовые тела разных полей были сформированы в разные эпохи активности кимберлитового вулканизма – девон-карбон (южные поля) и юра-мел (Куойкское поле). Сходство изотопно-геохимической систематики для кимберлитов на значительной территории Якутской провинции (от месторождения Мир до Куойкского поля около 1000 км) свидетельствует о высокой степени однородности астеносферного источника под Сибирским кратоном, существовавшей значительное время.

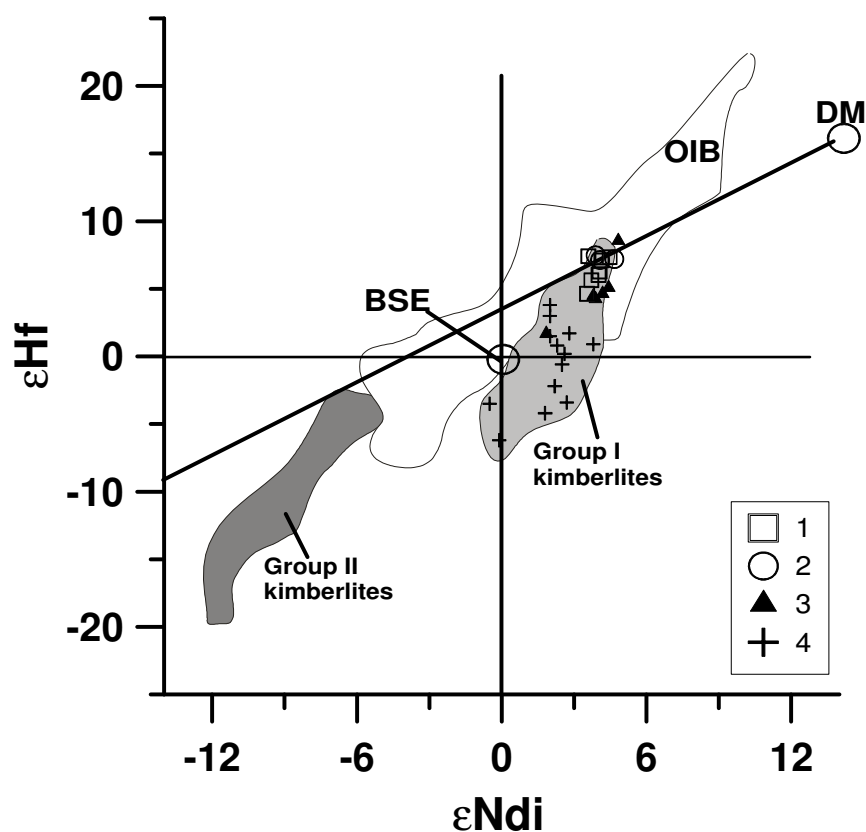


Рис. 6. ϵNd - ϵHf диаграмма для кимберлитов из Якутской провинции. Кимберлиты из: 1 – алмазных месторождений, 2 – трубки Обнаженная, 3 – из других трубок Куойкского поля, 4 – Южной Африки [Nowell et al, 2004]. Границы полей составов для кимберлитов групп I и II даны по [Nowell et al, 2004].

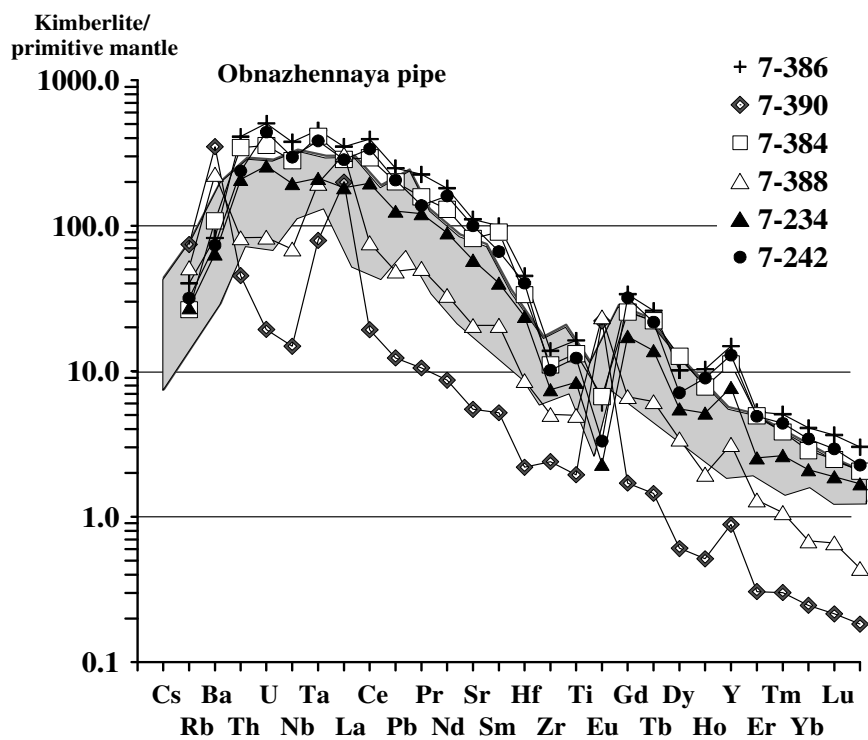


Рис. 7. Спайдердиаграмма распределения редких элементов для кимберлитов из трубки Обнаженная (Куойкское поле). Залитое серое поле – для кимберлитов из южных Алмазоносных полей.

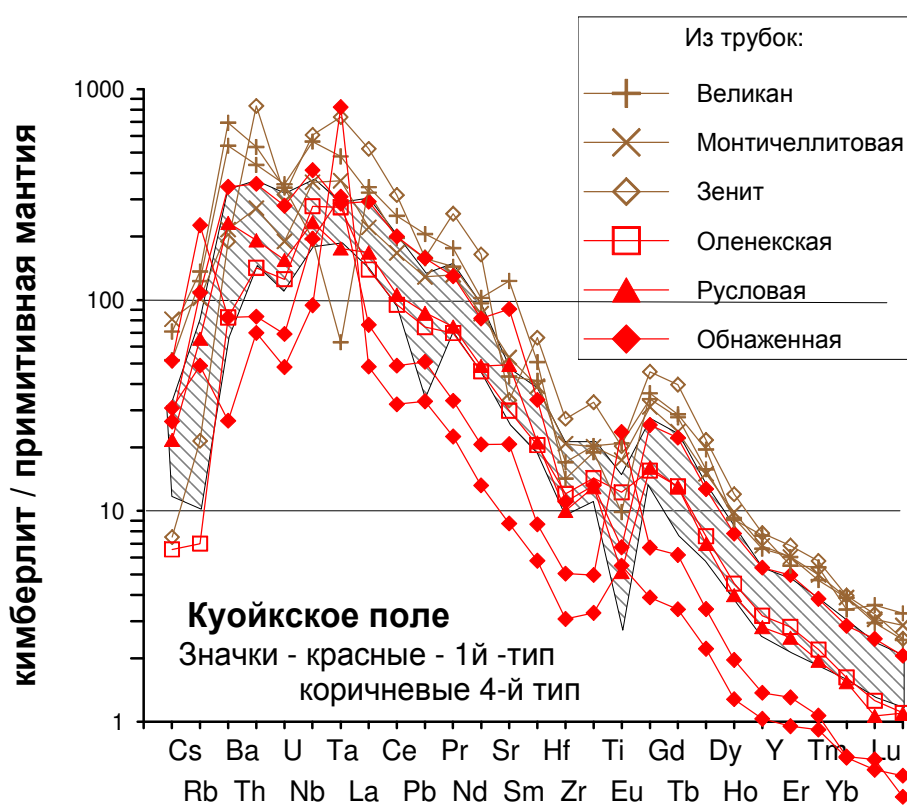


Рис. 8. Спайдердиаграмма распределения редких элементов для кимберлитов из трубок Куойкского поля. Заштрихованное поле – для кимберлитов из южных алмазоносных полей.

Основные результаты проведённого исследования

Выявлены источники элементов платиновой группы для пермо-триасовых безрудных вулканитов Сибирской платформы. Показано, что высокими содержаниями платиноидов в магмах в области головы плюма обусловлена высокая продуктивность сопряженного с траппами ультрамафит-мафитового магматизма. Установлено, что формирование дифференцированной вулканической серии на Батеневском поднятии объясняется в рамках модели, которая предполагает возникновение мантийного плюма в основании региона в начале девона и его взаимодействие с литосферной мантией метасоматически переработанной и обогащенной водой в ходе раннепалеозойской (каледонской) аккреции. Данные по составу породообразующих минералов и высокая магнезиальность пород свидетельствуют об ультраосновном (пикритовом) составе родоначальной магмы для ультрабазитовых массивов Западного Прибайкалья. Выяснено, что гипербазиты Харанурского массива сформировались в результате частичного плавления в надсубдукционной зоне и последующего проградного метаморфизма до эпидот-амфиболитовой фации. В массиве сохраняются блоки, соответствующие разным этапам образования. На основе сходства изотопно-геохимической систематики для кимберлитов на значительной территории Якутской провинции (от месторождения Мир до Куойкского поля около 1000 км) сделан вывод о высокой степени однородности астеносферного источника под Сибирским кратоном, существовавшей значительное время.

Список публикаций по теме

1. Подлипский М.Ю., **Мехоношин А.С.**, Толстых Н.Д., Вишневецкий А.В., Поляков Г.В. Минералого-геохимические особенности Тартайского массива, Восточно-Сибирская металлогеническая провинция // Геология рудных месторождений, 2015, т. 57, № 3, с. 195-220.
2. **Бенедюк Ю.П.**, Симонов В.А., **Мехоношин А.С.**, Колотилина Т.Б., Ступаков С.И., **Дорошков А.А.** Условия формирования ультрабазитов алхадырского террейна по результатам комплексного изучения состава хромшпинелидов // Геология и геофизика, 2015, № 9, с. 1308-1321.
3. Орсов Д.А., **Мехоношин А.С.**, Гордиенко И.В., Бадмацыренова Р.А., Канакин С.В., Волкова М.Г., Травин А.В., Посохов В.Ф. Рифейский островодужный Метешихинский перидотит-габбровый массив (Западное Забайкалье) // Геология и геофизика, 2015, № 9, с. 1213-1231.
4. **Воронцов А.А.**, Ярмолюк В.В., Федосеев Г.С., Перфилова О.Ю., Посохов В.Ф., Травин А.В., Газизова Т.Ф. Дифференцированная вулканическая ассоциация Минусинского прогиба: механизмы образования и источники расплавов (на примере Батеневского поднятия) // Петрология, 2015. Т. 23. № 4. С. 386-409.
5. Soloveva L.V., **Kalashnikova T.V.**, **Kostrovitsky S.I.**, Ivanov A.V., Matsuk S.S., **Suvorova L.F.** Metasomatic and magmatic processes in the mantle lithosphere of the Birekte terrain of the Siberian craton and their effect on the lithosphere evolution // Geodynamics & Tectonophysics, 2015, № 3, С. 311-344.
6. Щукина Е.В., Агашев А.М., **Костровицкий С.И.**, Похиленко Н.П. Метасоматические изменения литосферной мантии в районе кимберлитовой трубки им. В. Гриба, Архангельская алмазоносная провинция // Геология и геофизика, 2015, Т. 56, № 12, С. 2153-2172.
7. Резницкий Л.З., **Суворова Л.Ф.**, Ущাপовская З.Ф., Мурашко М.Н., Бараш И.Г. Уточнение данных о кызылкумите из места его первоначального обнаружения на основе изучения котипного материала // Записки Российского минералогического общества, 2015, Т. 144, № 2, С. 61-70.
8. **Шабанова Е.В.**, **Зак А.А.**, **Погудина Г.А.**, **Хмелевская И.М.**, **Меньшиков В.И.** Использование спектрометра Колибри-2 для определения Na, K, Li и Rb в

геохимических объектах // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2015, Т. 81, №1, ч. II, С. 98-104.

9. Ясныгина Т.А., Маркова М.Е., Рассказов С.В., **Пахомова Н.Н.** Определение редкоземельных элементов, Y, Zr, Nb, Hf, Ta, Th в стандартных образцах серии ДВ методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2015, Т. 81, № 2, С. 10-20.

10. **Васильева И.Е.**, Таусенев Д.С., **Бусько А.Е.**, Землянко П.В., **Шабанова Е.В.**, **Забанов Ю.А.**, **Манохина С.Н.** Изучение гранулометрического состава порошков стандартных образцов природных сред // Стандартные образцы, 2015, № 1, С. 39-50.

11. **Костровицкий С.И.**, Специус З.В., **Яковлев Д.А.**, Фон-дер-Флаасс Г.С., Суворова Л.Ф., Богуш И.Н. (2015) Атлас коренных месторождений алмаза Якутской кимберлитовой провинции. Отв. редактор ак. Н.П. Похиленко. г. Мирный: типография ООО «МГП». 480 с.

Список использованных источников

1. Добрецов Н.Л., Пархоменко Н.И., Складов Е.В. Особенности геохимии офиолитов южного обрамления Сибирской платформы. В кн.: Микропримеси в гипербазитах. Новосибирск: Ин-т геологии и геофизики, 1985, с. 27-39.
2. Добрецов Н. Л. Пермотриасовый магматизм в Евразии как отражение суперплюма // Доклады РАН, 1997, т. 35, № 2, с. 220-223.
3. Добрецов Н. Л. Геологические следствия термохимической модели плюмов // Геология и геофизика, 2008, т. 49 (7), с. 587-604.
4. Добрецов Н.Л., Борисенко А.С., Изох А.Э., Жмодик С.М. Термохимическая модель пермотриасовых мантийных плюмов Евразии как основа для выявления закономерностей формирования и прогноза медно-никелевых, благородно- и редкометалльных месторождений // Геология и геофизика, 2010, т. 51 (9), с 1159-1187.
5. Иванов А.В., Перепелов А.Б., Палесский С.В., Николаева И.В. Первые данные по распределению элементов платиновой группы (Ir, Os, Ru, Pt, Pd) и Re в островодужных базальтах Камчатки// Доклады РАН, 2008, т. 420, №1, с.92-96.
6. Костровицкий С.И., Морикио Т., Серов И.В., Яковлев Д.А., Амиржанов А.А. Изотопно-геохимическая систематика кимберлитов Сибирской платформы// Геология и геофизика. 2007. Т. 48. № 3. С. 350-371.
7. Кузьмичев А.Б. Тектоническая история Тувино-Монгольского массива: раннебайкальский, позднебайкальский и раннекаледонский этапы. М.: ПРОБЕЛ, 2004, 192 с.
8. Медведев А. Я. Пермотриасовый вулканизм Северо-Азиатского кратона (Западно-Сибирская плита и Тунгусская синеклиза): геохимия, петрология и геодинамика//Автореф. Дис... д. г.-м.н. Иркутск, 2004, Ин-т геохимии СО РАН, 34 с.
9. Медведев А. Я. Элементы платиновой группы в пермотриасовых вулканитах Западной Сибири (первые данные)// Геология и геофизика, 2013, т. 54, № 7. с. 867-875.
10. Соболев А.В., Соболев С.В., Кузьмин Д.В., Малич К.Н., Петрунин А.Г. Механизм образования сибирских меймечитов и природа их связи с траппами и кимберлитами // Геология и геофизика, 2009, т. 50 (12), с. 1293–1334.

11. Barnes, S.-J., Maier, W.D. The fractionation of Ni, Cu and the noble metals in silicate and sulfide melts. / In: Keays, R.R., Lesher, C.M., Lightfoot, P.C., Farrow, C.E.G. (Eds.), *Dynamic processes in magmatic ore deposits and their application in mineral exploration*. 1999, Geological Association of Canada, Short Course Notes, p. 13.
12. Hamlyn, P. R., Keays, R. R. Sulfur saturation and 2nd stage melts – application to the Geochemistry of the Siberian Trap of the Noril'sk area, USSR, with implications for the relative contributions of crust and mantle to flood basalt magmatism// *Contrib. Mineral. Petrol.*, 1985, v.104, p.631-644.
13. Khain E.V., Bibikova E.V., Kreoner A., Zhuravlev D.Z., Sklyarov E.V., Fedotova A.A., Kravchenko-Berezhnoy I.R. The most ancient ophiolite of Central Asian fold belt: U-Pb and Pb-Pb zircon ages for the Dunzhugur Complex, Eastern Sayan, Syberia, and geodynamic implications. *Earth and Planet. Sci. Lett.*, 2002, v.6202, p1-16.
14. Lightfoot P.C., Keays R.R. Siderophile and chalcophile metal variations in flood basalts from the Siberian trap Noril'sk region: implications for the origin of the Ni-Cu- PGE sulfide ores // *Economic Geology*, 2005, V. 100, p. 439–462.
15. Mitchell R. H. *Kimberlites: mineralogy, geochemistry, and petrology*. New York. 1986, Plenum Press. 442 p.
16. Naldrett, A.J. Ores associated with flood basalts. // *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1990, V. 54, p. 3379-3389.
17. Nowell G.M., Pearson D.G., Bell D.R., Carlson R.W., Smith C.B., Kempton P. D., Noble S. R. Hf Isotope Systematics of Kimberlites and their Megacrysts: New Constraints on their Source Regions// *J. Petrology* . 2004, V.45, pp.1583-1612.
18. Santti, J., Kontinen, A., Sorjonen-Ward, P., Johanson, B., Pakkanen, L., 2006. Metamorphism and chromite in serpentized and carbonate-silica-altered peridotites of the Paleoproterozoic Outokumpu-Jormua Ophiolite Belt, Eastern Finland. *International Geological Review*, 48, 494-546.
19. Smith C.B. Pb, Sr and Nd isotopic evidence for sources of African Cretaceous kimberlites// *Nature*. 1983, V. 304. P. 51-54.
20. Sobolev S.V., Sobolev A.V., Kuzmin D.V., Krivolutskaya N.A.Petrudin A.G., Arndt N.T., Radko V.A., Vasiliev Y.R. Linking mantle plumes, large igneous provinces and environmental catastrophes // *Nature*, 2011, V.477, p. 312-316.

21. Tainton K.M., McKenzie D. The generation of kimberlites, lamproites, and their source rocks. *J. Petrol.* 1994. V.35. P. 787-817.

22. Zindler A. Chemical geodynamics// *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*. Hart, S. 1986, V. 14 (A87-13190 03-46). Palo Alto, CA, Annual Reviews, Inc. P. 493-571.