

Федеральное агентство научных организаций

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

УДК 550.42:546.027

№ госрегистрации 01201351654



УТВЕРЖДАЮ

Директор ИГХ СО РАН

чл.-корр. РАН

В.С.Шацкий

«12» 01 2016 г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

по теме:

Изотопно-геохимические свидетельства мантийно-корового взаимодействия и
рециклирования элементов

№ 0350-2014-0005

(промежуточный)

Научный руководитель темы


подпись, дата 12.01.2016

чл.-к. РАН В.С. Шацкий

Иркутск 2016

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель темы, член-корр. РАН

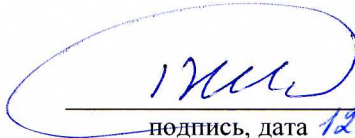


В.С. Шацкий

подпись, дата 12.01.2016

Ответственные исполнители темы:

член-корр. РАН



В.С. Шацкий (раздел 1)

подпись, дата 12.01.2016

кандидат геолого-минералогических наук



С.И. Дриль_(раздел 2)

подпись, дата 12.01.2016

УДК 550.42:546.027

Реферат

Отчет включает 21 стр., 8 илл., 14 ист.

Ключевые слова: плюмтектоника, изотопно-геохимические индикаторы, кимберлитовая трубка, магматические процессы, гранитообразование, изотопный состав свинца, рудные месторождения

Главной целью исследования является выявление изотопно-геохимических свидетельств мантийно-корового взаимодействия в различных геодинамических обстановках и определение масштабов этого процесса.

В 2015 г. планировалось: 1) определение ряда подвижности элементов при метаморфизме в зоне субдукции и моделирование состава флюидов-расплавов, отделяющихся от протолитов мантийных эклогитов, а также 2) реконструкция природы источника вещества руд, генетически связанных с магматитами шошонит-латитовой и трахибазальтовой серий Восточного Забайкалья, на основе данных об изотопном составе Pb.

Выяснено, что для метапелитов Кокчетавского массива состав пород определяется глубиной погружения в результате субдукции и устойчивостью минералов-концентраторов несовместимых элементов, прежде всего монацита, алланита и фенгита. Последовательное растворение данных фаз в результате частичного плавления приводит к обеднению пород торием, легкими РЗЭ, калием и крупноионными литофильными элементами. Проведенные исследования пород Северо-Муйского комплекса подтверждают существенную роль коровой контаминации в формировании как редкоэлементных, так и изотопных характеристик эклогитов. Обогащенный радиогенным изотопом состав неодима эклогитов и состав гафния цирконов из вмещающих их метаосадочных пород указывает на присутствие в Байкало-Муйском складчатом поясе континентальной коры мезо- или палеоархейского возраста и вероятную контаминацию протолита эклогитов древнекоровым субстратом. Таким образом, эклогит-гнейсовый комплекс Северо-Муйской глыбы может рассматриваться как палеозона позднебайкальской континентальной субдукции.

Полиметаллические месторождения Аргунского террейна характеризуются гетерогенным изотопным составом рудного Pb, сформированным при участии корового источника типа «Ороген» и корово-мантийного источника. Коровый источник является преобладающим и для каждого конкретного месторождения состав его можно считать гомогенным. Вариации изотопного состава свинца пород шошонит-латитовой и трахибазальтовой серий указывают на возможное участие их вещества в рудном процессе в качестве корово-мантийного источника. Кроме этого, возможно вовлечение в

позднемезозойский рудный процесс вещества палеозойских мантийных пород, присутствующих в составе террейнов.

Кварц-золоторудные месторождения характеризуются значительными вариациями изотопного состава рудного Рb, что определяется возможным сочетанием трех источников вещества: 1) корового типа «Ороген», 2) «палеозойского» корового и 3) корово-мантийного. В качестве последнего могут выступать как породы трахибазальтовой серии, так и палеозойские мантийные породы, присутствующие в составе террейнов.

Содержание

Введение	6
Раздел 1 Проведение изотопно-геохимических исследований пород из метаморфических комплексов высоких и сверхвысоких давлений Центрально-Азиатского складчатого пояса с целью моделирования составов расплавов/флюидов, отделяющихся от субдуцированных пород	7
Раздел 2 Определение Pb-изотопных характеристик и выявление источников вещества руд полиметаллических и кварц-золоторудных месторождений Восточного Забайкалья, генетически связанных с магматическими образованиями шошнит-латитовой трахибазальтовой серий Восточного Забайкалья	15
Основные результаты проведённого исследования	18
Список публикаций по теме	19
Список использованных источников	20

Введение

Процессы мантийно-корового взаимодействия определяют направленность в эволюции силикатной Земли, образование и рост континентальной коры, рециклирование элементов, гетерогенность мантии.

Главной движущей силой дифференциации силикатной Земли является частичное плавление мантии. Этот процесс генерирует океаническую кору и, в конечном счете, континентальную кору и атмосферу. При частичном плавлении остается истощенная литофильными элементами мантия. Однако она в ходе планетарной эволюции непрерывно обогащается несовместимыми элементами, и гетерогенность ее химического состава развивается, возможно, с самых ранних стадий развития Земли. До настоящего времени среди геохимиков отсутствует общая точка зрения на то, какой процесс является главным при обогащении истощенной (деплитированной) мантии: рециклирование океанической и континентальной коры; деляминация и образование континентальной литосферы; различные типы мантийного метасоматоза. Трассерами этих процессов являются долгоживущие радиогенные изотопы и несовместимые элементы.

Раздел 1. Проведение изотопно-геохимических исследований пород из метаморфических комплексов высоких и сверхвысоких давлений Центрально-Азиатского складчатого пояса с целью моделирования составов расплавов/флюидов, отделяющихся от субдуцированных пород

Важную информацию о составе флюидов/расплавов, отделяющихся от субдуцированных пород, несут метаморфические комплексы высоких и сверхвысоких давлений. Они дают прямую возможность изучать процессы фракционирования элементов в зоне субдукции. Имеющиеся в настоящее время многочисленные данные касаются, главным образом, поведения элементов в зонах субдукции океанической литосферы. В то же время флюидный режим и подвижность элементов в зонах континентальной субдукции исследовались главным образом на примере комплексов сверхвысоких давлений орогена Даби (Китай) и Тибетского плато. В метаморфическом комплексе пород сверхвысоких давлений Кокчетавского массива (Северный Казахстан) присутствуют породы, включая алмазоносные, характеризующиеся большими вариациями условий метаморфизма. На данном этапе предполагалось оценить поведение элементов в различных по составу породах на разных уровнях зоны субдукции континентальной литосферы.

Проведено исследование обнаруженных в районе озера Барчинское в элювиальных отложениях обломков высокоглиноземистых гранат-кианит-слюдяных сланцев и грант-кианит-кварцевых гранофельсов, в том числе алмазоносных. По содержанию главных элементов исследованные породы отвечают глинистым сланцам. Гранат-кианит-кварцевые гранофельсы содержат значительно меньше калия (0.49-1.35% K_2O) по сравнению с гранат-кианит-слюдяными сланцами (4.9-2.2% K_2O), в то же время по остальным главным компонентам значительных различий не наблюдается. Большинство гранат-кианит-мусковитовых сланцев имеет характер распределения РЗЭ, близкий к постархейскому австралийскому сланцу PAAS($\bar{x} - (La/Yb) - 13$). Все гранат-кианит-кварцевые породы значительно сильнее деплетированы легкими РЗЭ ($\bar{x} - (La/Yb) - 1.4$) и другими некогерентными элементами. Проведенные нами исследования показывают, что в гранат-кианит-фенгитовых породах участка Барчинский основным концентратом легких редких земель и тория являются алланит и монацит. Монацит, встречающийся в виде включения в гранате, помимо легких редких земель содержит торий, уран и свинец. Рутил из недеплетированных пород в значительных количествах содержит только примеси железа и ниобия. В гранат-кианит-кварцевых гранофельсах в качестве аксессуарных фаз присутствуют рутил, апатит и ксенотим. Рутил деплетированных пород характеризуется большими

вариациями примесей ниобия, тантала и ванадия. В отдельных участках содержание ниобия достигает 10.5 %, а тантала 2.3 %. Наблюдается распад рутила на рутил, содержащий примеси ниобия (1.4%) и железа (0.87%), и оксид титана с высоким содержанием примесей железа (6.61%), ниобия (до 20.8% Nb₂O₅) и тантала (до 2.81% Ta₂O₅). На основании определения содержаний некогерентных элементов в различной степени деплетированных высокоглиноземистых пород установлен следующий ряд подвижности элементов при метаморфизме сверхвысоких давлений: Th>Ce>La>Pr>Nd>K>Ba>Rb>Cs>Sm>Eu (Рисунок 1). Содержание таких элементов, как U, P, Zr, в деплетированных породах аналогично недеплетированным.

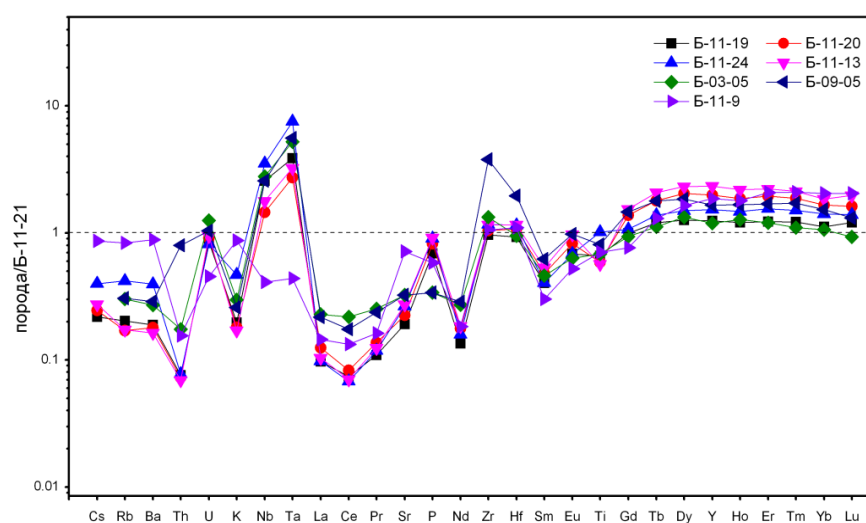


Рисунок 1. Мультиэлементная диаграмма для деплетированных пород, нормированных на гранат-кианит-слюдяной сланец Б-11-21.

Наиболее интригующим является тот факт, что наряду с деплетированными породами присутствуют двуслюдяные сланцы, макро- и микроэлементный состав которых близок к РААС. Результаты определения температур равновесия свидетельствуют о том, что деплетированные и недеплетированные породы были метаморфизованы при близких температурах. В то же время следует принимать во внимание, что РТ параметры пика метаморфизма лежат вблизи кривой исчезновения фенгита (Hermann et al., 2013). В этом случае небольшая разница в температурах пика метаморфизма высокоглиноземистых пород будет определять устойчивость фенгита. С учетом имеющегося разброса в полученных значениях температур равновесия и точностью имеющихся геотермометров мы можем предполагать, что гранат-кианит-слюдяные сланцы были эксгумированы с меньших глубин по сравнению с гранат-кианит-кварцевыми гранофельсами.

Разная степень плавления пород может также объясняться участием внешнего флюида. Температуры водонасыщенного солидуса ниже по сравнению с плавлением в отсутствие

флюидной фазы. При избытке воды плавление пелитов начинается при температуре 800°C, а при 950°C и 4 ГПа фенгит исчезает, и доля расплава составляет более 40% (Schmidt et al., 2004). В то же время сухой солидус при 4 ГПа лежит на 100°C выше. При условиях водонасыщенного солидуса и давлений выше 5 ГПа наблюдается непрерывное растворение фенгита и образование суперкритического расплава/раствора.

Однако в этом случае возникает вопрос об источнике воды. Поскольку континентальной субдукции предшествует субдукция океанической коры (Burov et al., 2014) следует ожидать, что мантийный клин выше зоны континентальной субдукции был гидратирован в ходе субдукции океанической коры. При этом даже в случае отсутствия водосодержащих минералов таких, как амфиболы и серпентин, вода может присутствовать в номинально безводных минералах (Zheng, Hermann, 2014). Как было показано Пирсоном с соавторами, до 1.5 % воды присутствует в рингвудите, включенном в алмаз. Согласно данным численного эксперимента на ранней стадии континентальной коллизии в субдукционном канале развиваются аномально высокие температуры, являющиеся следствием большой вязкости и наличия радиогенных элементов в субдуцирующих породах континентальной коры (Gerya et al., 2008). Повышение температуры будет способствовать дегидратации номинально безводных минералов.

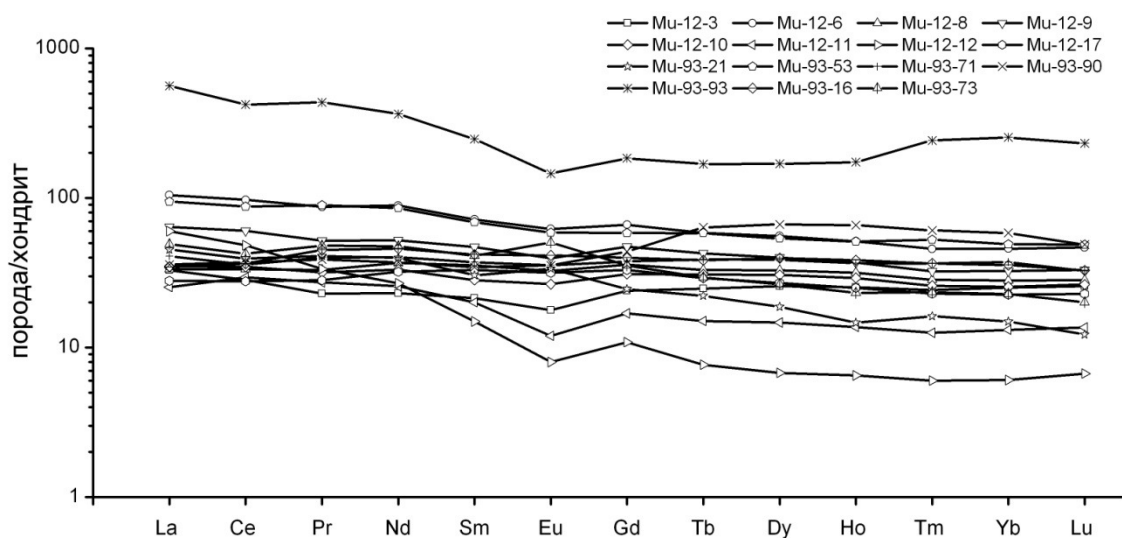


Рисунок 2. Распределение редкоземельных элементов в эклогитах Северо-Муйской глыбы нормализованное на хондрит.

Проведенные исследования показали, что метапелиты, субдуцированные на глубины, отвечающие условиям стабильности алмаза, могут быть деплетированы в разной степени, что предполагает либо их эксгумацию с разных уровней зоны субдукции, либо зависит от

присутствия внешнего источника воды, которая определяет температуру растворения фенгита и образование суперкритического флюида/расплава.

Проведенные исследования пород Северо-Муйского комплекса подтверждают существенную роль коровой контаминации в формировании как редкоземельных, так и изотопных характеристик эклогитов. Эклогиты Северо-Муйской глыбы в различной степени обогащены легкими редкоземельными элементами (Рисунок 2). Отношения $(La/Yb)_N$ в эклогитах варьируют от 0.9 до 9.9. У эклогитов, демонстрирующих обогащение легкими редкоземельными элементами, наблюдается отрицательная европиевая аномалия ($Eu^* = 0.83-0.62$). Два эклогита демонстрируют положительную европиевую аномалию.

Эклогиты характеризуются широкими вариациями отношений $^{147}Sm/^{144}Nd$ (0.108–0.201), при этом большинство эклогитов имеет отношение $^{147}Sm/^{144}Nd$ значительно ниже хондритового (Рисунок 3). Величина $\epsilon_{Nd}(T)$ была рассчитана, исходя из значения модельного возраста эклогита Му-93-55 (720 млн лет), для которого ранее была получена минеральная изохрона (Шацкий и др., 2012). Изотопный состав неодима эклогитов характеризуется широкими вариациями, что отражается в величине $\epsilon_{Nd}(T)$, которая имеет как положительные (от +0.3 до +6.9), так и отрицательные значения (от -0.5 до -16.8) (Рисунок 3).

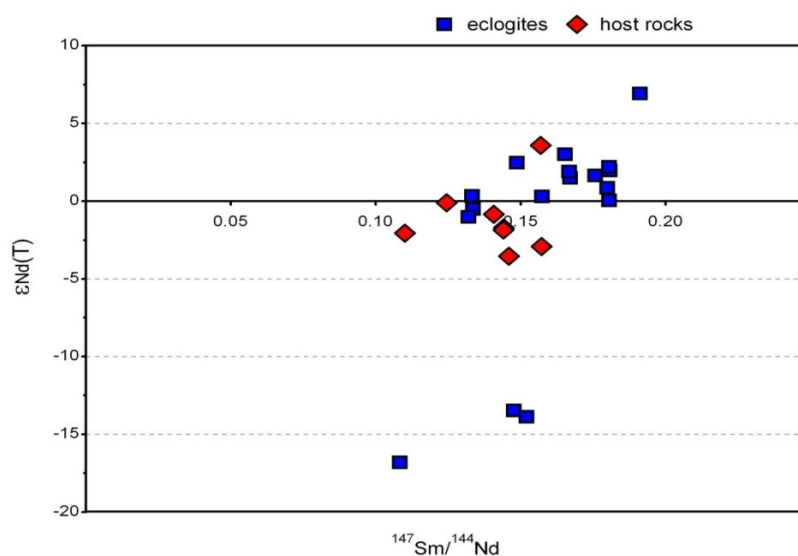


Рисунок 3. $\epsilon_{Nd}(T) - ^{147}Sm/^{144}Nd$ график для эклогитов и вмещающих пород Северо-Муйской глыбы.

Один образец (Му-93-90) имеет нулевое значение $\epsilon_{Nd}(T)$. Вмещающие породы имеют значительно более узкие вариации изотопного состава Nd. Значения $\epsilon_{Nd}(T)$ варьируют от +3.6 до -3.5. Также большие вариации наблюдаются в изотопном составе стронция эклогитов (0.70504-0.71777) (Рисунок 4).

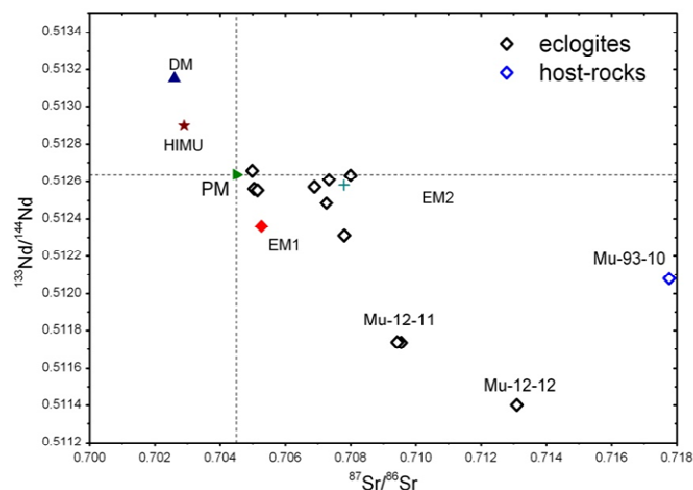


Рисунок 4. $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} - ^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ график для эклогитов и вмещающих пород Северо-Муйской глыбы.

Величина модельного возраста вмещающих пород лежит в интервале 1.09–1.64 млрд лет (Рисунок 5б). В то же время модельный возраст эклогитов варьирует от 0.72 до 2.98 млрд лет (Рисунок 5а).

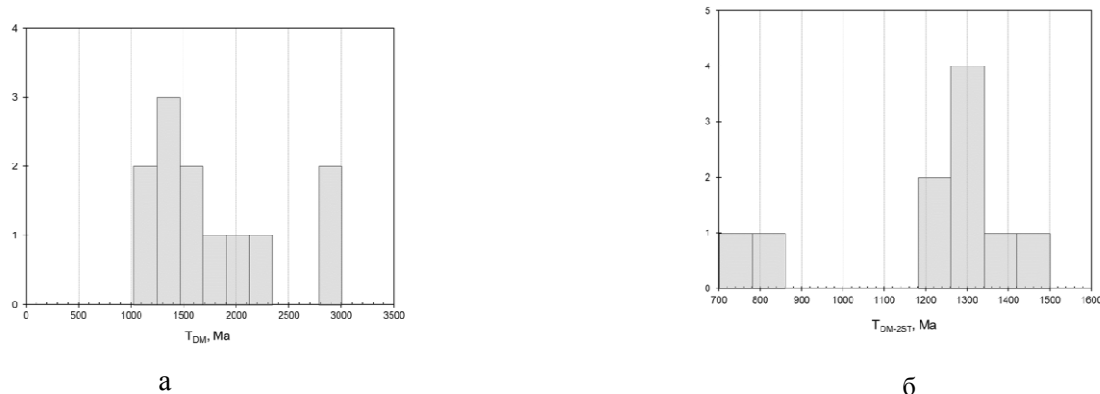


Рисунок 5а и 5б. Гистограмма Nd модельных возрастов для эклогитов (а) и вмещающих пород (б).

Как видно на приведенных рисунках, эклогиты образуют тренд от изотопных отношений Nd и Sr, близких к хондриту, по направлению к изотопным отношениям, характеризующим земную кору. Изотопный состав неодима эклогитов может объясняться либо смешением мантийного источника неопротерозойского возраста и архейского корового материала, либо тем, что протолитами эклогитов были древние континентальные базальты, обогащенные LREE. Против второго предположения свидетельствует тот факт, что образец эклогита с величиной $\epsilon_{\text{Nd}}(T)$ (+7), близкой к деплиторированной мантии, имеет неопротерозойский Nd модельный возраст (720 млн лет). В пользу модели смешения

свидетельствует и то, что эцлогиты с самыми низкими значениями $\epsilon_{Nd}(T)$ наиболее обогащены LREE.

Изотопные характеристики двух образцов эцлогитов (Му-12-11, Му-12-12) с наиболее низкими значениями $\epsilon_{Nd}(T)$ ясно указывают на контаминацию протолита древним источником мезо- или палеоархейского возраста. Следовательно, расплавы протолитов эцлогитов внедрялись в континентальную кору, а эцлогит-гнейсовый комплекс Северо-Муйской глыбы может рассматриваться как палеозона континентальной субдукции.

В то же время, вмещающие породы не могли быть источником контаминации протолитов эцлогитов, поскольку они характеризуются относительно высокими значениями $\epsilon_{Nd}(T)$ и имеют модельные возраста меньше 1.64 млрд лет. Отсутствие архейской коры в Анамакит-Муйской зоне БМП объясняется переработкой корового материала архей-раннепротерозойского возраста с добавлением ювенильного материала раннебайкальского возраста (Рыцк и др., 2001, 2011).

Проведенное нами датирование цирконов из вмещающих пород дало первое свидетельство присутствия неоархейской коры в Байкало-Муйском складчатом поясе. Интеграция результатов датирования цирконов U-Pb методом (Рисунок 6) с определением изотопного состава гафния (Рисунок 7) свидетельствует о гетерогенной структуре эцлогит-гнейсового комплекса. Наряду с породами, испытавшими эцлогитовую фацию метаморфизма (650-630 млн лет), эцлогит-гнейсовый комплекс включает метапелиты, которые испытали последний тектонотермальный этап 800 млн лет назад.

На основании изотопных данных сделано заключение, что неопротерозойские гнейсы и сланцы Северо-Муйской глыбы являются результатом переработки палепротерозойской и архейской коры с добавлением ювенильного материала (Рисунок 7).

Детритовые цирконы из образца Му-93-10 с интервалом возрастов от 1.8 до 3.3 млрд лет и Hf-модельные возраста дают основание предполагать, что протолитами этих пород были породы пассивной окраины Сибирского кратона. В то же время цирконы гранито-гнейсов показывают относительно узкий разброс возраста кристаллизации с главным пиком 760 млн лет. Hf модельный возраст цирконов и Nd модельный возраст гнейсов указывают на значительное участие неопротерозойского ювенильного компонента в протолитах гранито-гнейсов. Эцлогит-гнейсовый комплекс Северо-Муйской глыбы маркирует переход от океанической субдукции к коллизии островных дуг с континентальным блоком, отделенным от Родинии или с окраиной Сибирского кратона.

Проведенные геохимические исследования пород Кокчетавского массива позволили установить, что минералогия и содержание главных и редких элементов контролируется целым рядом процессов и факторов.

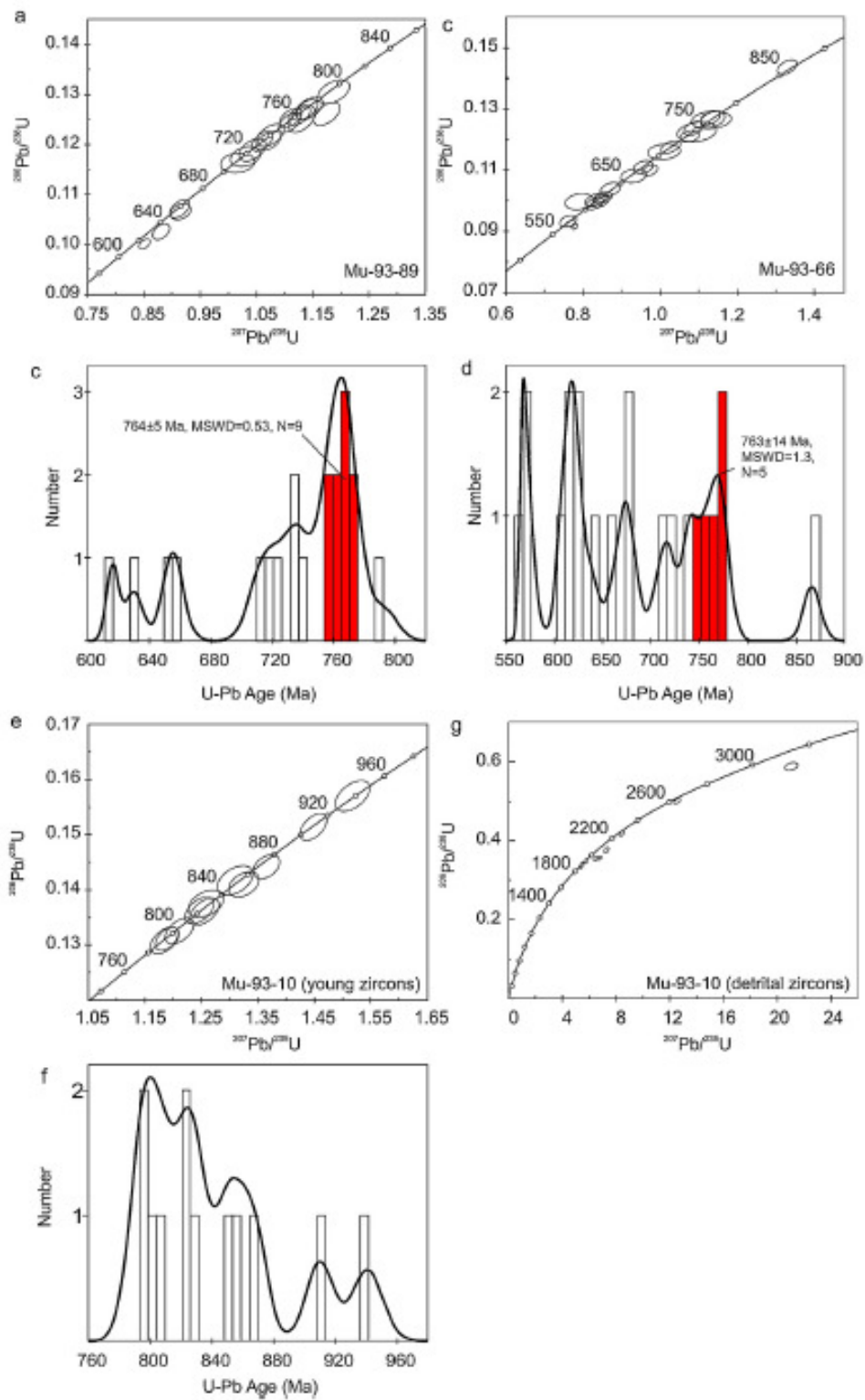


Рисунок 6. Диаграммы с конкордией и кривая распределения плотности вероятности для цирконов из гранито-гнейсов Му 93-89 (а,б), Му 93-66 (с,д) и двуслюдяного сланца Му 93-10 (молодая генерация (е,ф) детритовые цирконы (г).

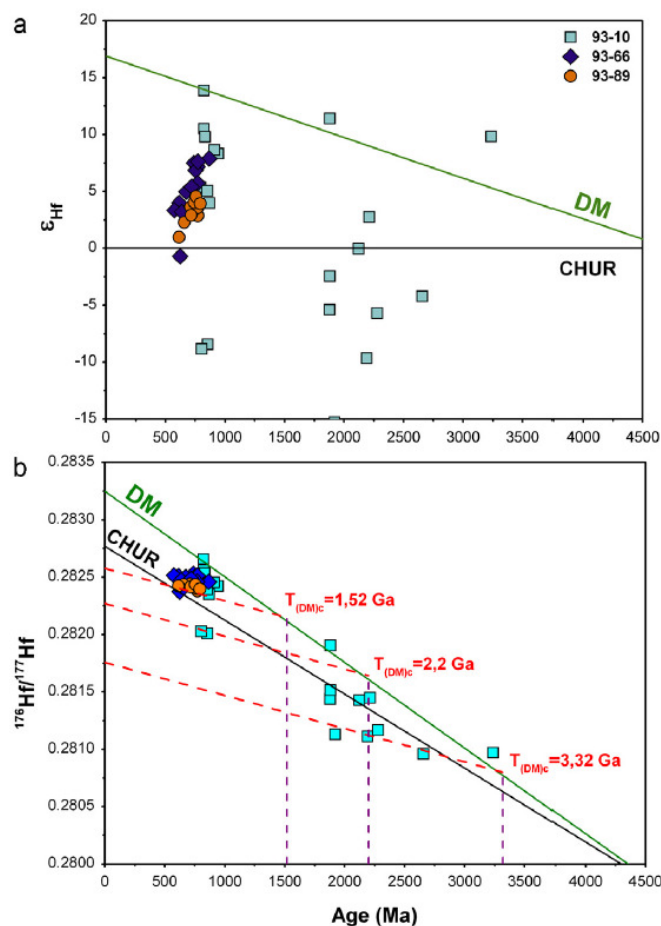


Рисунок 7. График U-Pb возраст- $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ (a) и U-Pb возраст-начальные отношения $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ (b) в цирконах из вмещающих пород эклогитсодержащего комплекса Северо-Муйской глыбы.

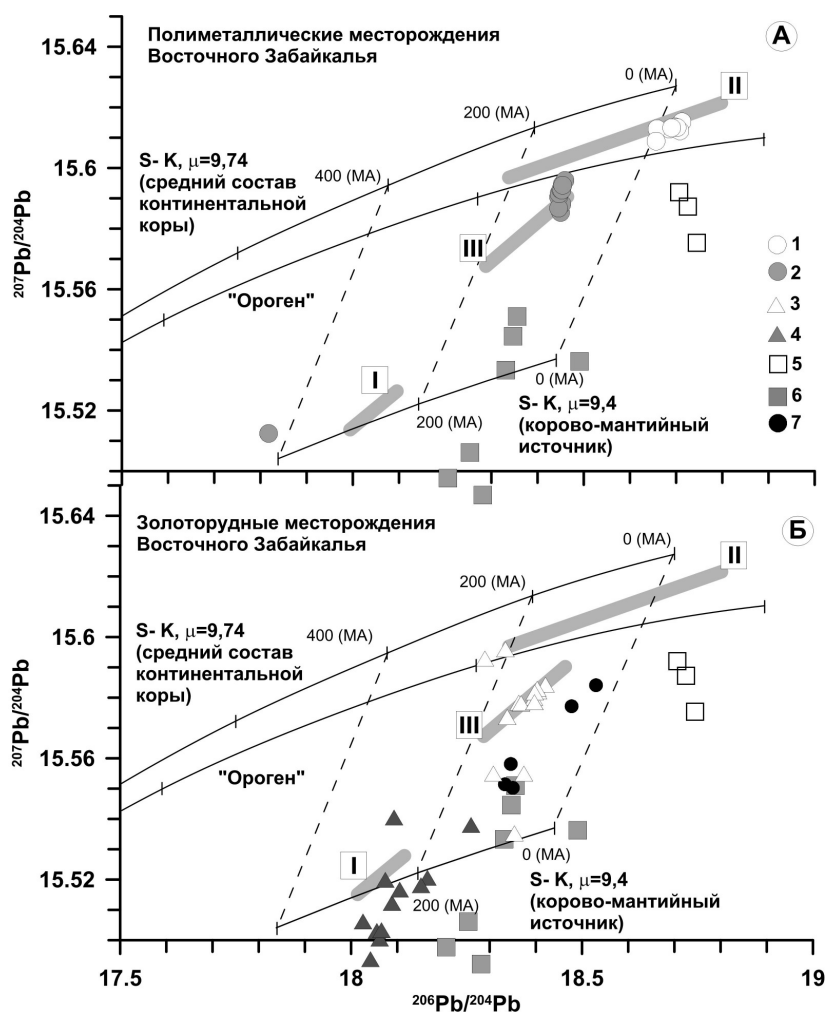
В случае метапелитов состав пород определяется глубиной погружения в результате субдукции и устойчивостью минералов-концентраторов несовместимых элементов, прежде всего монацита, алланита и фенгита. Последовательное растворение данных фаз в результате частичного плавления приводит к обеднению пород торием, легкими РЗЭ, калием и крупноионными литофильными элементами. Степень обеднения при этом может варьировать, что обусловлено их эксгумацией с разных уровней зоны субдукции, либо влиянием внешнего источника воды, которая контролирует устойчивость водосодержащих фаз. Проведенные исследования пород Северо-Муйского комплекса подтверждают существенную роль коровой контаминации в формировании как редкоземельных, так и изотопных характеристик эклогитов. Обогащенный радиогенным изотопом состав неодима эклогитов и состав гафния цирконов из вмещающих их метаосадочных пород указывает на присутствие в Байкало-Муйском складчатом поясе континентальной коры мезо- или палеоархейского возраста и вероятную контаминацию протолита эклогитов древнекоревым субстратом. Таким образом, эклогит-гнейсовый комплекс Северо-Муйской глыбы может рассматриваться как палеозона позднебайкальской континентальной субдукции.

Раздел 2. Определение Рb-изотопных характеристик и выявление источников вещества руд полиметаллических и кварц-золоторудных месторождений Восточного Забайкалья, генетически связанных с магматическими образованиями шошнит-латитовой трахибазальтовой серий Восточного Забайкалья

Закрытие Монголо-Охотского палеоокеана, произошедшее в районе Восточного Забайкалья на рубеже средней-поздней юры, окончательно сформировало структуру земной коры региона (Парфенов и др., 2003). Здесь совмещены разновозрастные структурно-вещественные комплексы Западно-Станового и Аргунского супертеррейнов, разделенные тектоническими фрагментами аккреционных призм палеоокеана, объединенными в составе Ононского террейна. Шошнит-латитовая и трахибазальтовая позднемезозойские магматические серии являются характерными для постаккреционного этапа развития Монголо-Охотского орогенного пояса. Для первой магматической серии типоморфными могут считаться полиметаллические руды с серебром и золотом, а для второй – кварц-золоторудные месторождения (Спиридонов и др., 2006). Авторами исследованы вариации изотопного состава свинца в рудах Акатуевского и Ново-Широкинского полиметаллических месторождений, Карийского и Погромного кварц-золоторудных месторождений, а также изотопный состав рассеянного свинца в породах шошнит-латитовой и трахибазальтовой серий пород, потенциально имеющих генетическую связь с рудным процессом. Измерения изотопного состава свинца выполнялись на MC-ICP-MS NEPTUNE plus методом двойного изотопного разбавления с применением трассера $^{207}\text{Pb}+^{204}\text{Pb}$. Полученные результаты показаны на диаграмме в координатах $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (Рис. 8 а и 8б).

Изотопный состав свинцов галенитов полиметаллических месторождений соответствует в целом региональному коровому тренду, свойственному Аргунскому супертеррейну (Чугаев и др., 2013). При этом руды Акатуевского месторождения имеют аномальный изотопный состав свинца, так же, как и магматические породы шошнит-латитовой серии, с которыми генетически связаны (Рис. 8 а). Руды Ново-Широкинского месторождения также традиционно связываются с шошнит-латитовыми магматитами (Спиридонов и др., 2006), но изотопный состав первых не является аномальным ($\mu=9.6-9.64$), а возраст рудного свинца – 100-114МА близок к возрасту вулканитов трахибазальтовой серии – 118-125 МА, что позволяет взглянуть на последние как на потенциальный источник рудного свинца для некоторых полиметаллических месторождений. Особо следует отметить присутствие в галенитах месторождения свинца, менее радиогенного состава – $\mu=9.44$,

близкого к тренду корово-мантийного источника ($\mu=9.4$, Рис. 8 а). Возраст этого свинца палеозойский – 430МА, и его трудно связать с конкретным комплексом пород в пределах Аргунского супертеррейна. Можно предположить, что этот свинец был ремобилизован в момент формирования Ново-Широкинского месторождения из основных пород раннепалеозойского возраста, существующих в фундаменте Аргунского супертеррейна и сформированных в его обрамлении на ранних стадиях существования Монголо-Охотского палеоокеана (Булгатов и др., 2010).



Рисунки 8а и 8б. Диаграмма зависимости $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ от $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ для руд полиметаллических (Ново-Широкинское и Акатуевское, Рис. 8а) и золоторудных (Карийское и Погромное, Рис. 8б) месторождений Восточного Забайкалья: 1 – галениты Акатуевского месторождения; 2 – галениты Ново-Широкинского месторождения; 3 – пириты Карийского месторождения; 4 – пириты и арсенопириты Погромного месторождения. Изотопные составы свинцов пород шошонит-латитовой (5) и трахибазальтовой (6) серий Восточного Забайкалья; изотопный состав свинца вкрапленников КПШ в гранитоидах амуджикано-сретенского комплекса Восточного Забайкалья. Линия эволюции изотопного состава Pb для «орогена» дана по (Zartman, Doe, 1981); сплошные линии соответствуют изотопной эволюции свинца по модели Стейси-Краммерса (S-K). Тренды (I) и (II) показывают эволюцию свинца в «корово-мантийном» и «коровом» источниках по (Чугаев и др., 2013), а тренд (III) – в палеозойской коре Ононского террейна.

Изотопный состав пиритов и арсенопиритов Карийского ($\mu=9.67-9.4$) и Погромного ($\mu=9.5-9.32$) кварц-золоторудных месторождений (Рис.8 б), вмещающей матрицей которых служат отложения Ононского террейна аккреционного клина, изменяется в широких пределах, свидетельствуя о масштабном смешении корового и корово-мантийного источников рудного вещества. Возраст большинства свинцов Карийского месторождения – 90-140МА совпадает с характеристиками пород трахибазальтовой серии, широко распространенными на месторождении и представляющими собой мантийный источник вещества. Коровым источником могут служить породы Ононского и/или Аргунского террейнов. Изотопный состав свинцов руд Погромного месторождения менее радиогенный и более древний – 185-283МА, по сравнению с рудами Карийского месторождения. Это может быть связано с тем, что источником свинца служили породы Ононского террейна, насыщенные в этом районе фрагментами офиолитов позднепалеозойского возраста (Руженцев и др., 2009).

Основные результаты проведённого исследования

Проведенные геохимические исследования пород Кокчетавского массива позволили установить, что минералогия и содержание главных и редких элементов контролируется целым рядом процессов и факторов. В случае метапелитов состав пород определяется глубиной погружения в результате субдукции и устойчивостью минералов-концентраторов несовместимых элементов, прежде всего монацита, алланита и фенгита. Последовательное растворение данных фаз в результате частичного плавления приводит к обеднению пород торием, легкими РЗЭ, калием и крупноионными литофильными элементами. Степень обеднения при этом может варьировать, что обусловлено их эксгумацией с разных уровней зоны субдукции, либо влиянием внешнего источника воды, которая контролирует устойчивость водосодержащих фаз. Проведенные исследования пород Северо-Муйского комплекса подтверждают существенную роль коровой контаминации в формировании как редкоэлементных, так и изотопных характеристик эклогитов. Обогащенный радиогенным изотопом состав неодима эклогитов и состав гафния цирконов из вмещающих их метаосадочных пород указывает на присутствие в Байкало-Муйском складчатом поясе континентальной коры мезо- или палеоархейского возраста и вероятную контаминацию протолита эклогитов древнекоровым субстратом. Таким образом, эклогит-гнейсовый комплекс Северо-Муйской глыбы может рассматриваться как палеозона позднебайкальской континентальной субдукции.

Полиметаллические месторождения Аргунского террейна характеризуются гетерогенным изотопным составом рудного Pb, сформированным при участии корового источника типа «Ороген» и корово-мантийного источника. Коровый источник является преобладающим и для каждого конкретного месторождения состав его можно считать гомогенным. Вариации изотопного состава свинца пород шошонит-латитовой и трахибазальтовой серий указывают на возможное участие их вещества в рудном процессе в качестве корово-мантийного источника. Кроме этого, возможно вовлечение в позднемезозойский рудный процесс вещества палеозойских мантийных пород, присутствующих в составе террейнов.

Кварц-золоторудные месторождения характеризуются значительными вариациями изотопного состава рудного Pb, что определяется возможным сочетанием трех источников вещества: 1) корового типа «Ороген», 2) «палеозойского» корового и 3) корово-мантийного. В качестве последнего могут выступать как породы трахибазальтовой серии, так и палеозойские мантийные породы, присутствующие в составе террейнов.

Список публикаций по теме

1. Шацкий В.С., Скузоватов С.Ю., Рагозин А.Л., Соболев Н.В. Подвижность элементов в зоне континентальной субдукции (на примере метаморфического комплекса сверхвысоких давлений Кокчетавского массива) // Геология и геофизика. 2015. Т. 56. №7. С. 1298-1321.
2. Миронов В.П., Ракевич А.Л., Степанов Ф.А., Емельянов А.С., Зедгенизов Д.А., Шацкий В.С., Каги Х., Мартынович Е.Ф. 2015. Люминесценция алмазов россыпи Сао-Луис. (Бразилия) // Геология и геофизика. Т. 56. №5. С. 932-940.
3. Зедгенизов Д.А., Шацкий В.С., Панин А.В., Евтушенко О.В., Рагозин А.Л., Каги Х. Свидетельства фазовых переходов минеральных включений в сверхглубинных алмазах из месторождения Сао-Луис (Бразилия) // Геология и геофизика. 2015. Т. 56. №1-2. С. 384-396.
4. Скузоватов С.Ю., Зедгенизов Д.А., Ракевич А.Л., Шацкий В.С., Мартынович Е.Ф. Полистадийный рост алмазов с облакоподобными включениями из кимберлитовой трубки Мир: по данным изучения оптически-активных дефектов // Геология и геофизика. 2015. Т. 56. №1-2. С. 426-441.
5. Yuryeva, O.P., Rakhmanova, M.I., Nadolinny, V.A., Zedgenizov, D.A., Shatsky, V.S., Kagi, H., Komarovskikh, A.Yu., 2015. The characteristic photoluminescence and EPR features of superdeep diamonds (São-Luis, Brazil) // Phys. Chem. Minerals, 2015, 42, 707-722.
6. Shatsky, V.S., Zedgenizov, D.A., Ragozin, A.L., Kalinina, V.V., 2015. Diamondiferous subcontinental lithospheric mantle of the northeastern Siberian Craton: Evidence from mineral inclusions in alluvial diamonds // Gondwana Research, 2015, V. 28, № 1, P. 106-120.
7. Shatsky, V.S., Malkovets, V.G., Belousova, E.A., Skuzovатов, S.Yu., 2015. Evolution history of the Neoproterozoic eclogite-bearing complex of the Muya dome (Central Asian Orogenic Belt): Constraints from zircon U–Pb age, Hf and whole-rock Nd isotopes // Precambrian Research, 2015, V. 261, P. 1-11.
8. Дриль С.И. Изотопный состав свинца полиметаллических руд Ново-Широкинского месторождения Восточного Забайкалья: источники вещества и возможная связь с позднемезозойским внутриплитовым магматизмом региона // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАЕН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений, 2015, № 3 (52), С. 7-12.

Список использованных источников

1. Hermann, J., Zheng, Y., Rubatto, D., Deep fluids in subducted continental crust // *Elements*. 2013. 9, 281-287.
2. Schmidt, M.W., Vielzeuf, D., Auzanneau, E. Melting and dissolution of subducting crust at high pressures: the key role of white mica // *Earth and Planetary Science Letters*. 2004. 228, 65-84.
3. Burov, E., Francois, T., Yamato, P., Wolf, S. Mechanisms of continental subduction and exhumation of HP and UHP rocks // *Gondwana Research*. 2014. 25, 464-493.
4. Zheng, Y.-F., Hermann, J. Geochemistry of continental subduction-zone fluids // *Earth, Planets and Space*, 2014. 66:93.
5. Gerya, T.V., Perchuk, L.L., Burg, J.-P. Transient hot channels: Perpetrating and regurgitating ultrahigh-pressure, high-temperature crust-mantle association in collision belt. *Lithos*. 2008. 103, 236-256.
6. Шацкий В.С., Ситникова Е.С., Томиленко А.А., Рагозин А.Л., Козьменко О.А., Ягоуцц Э. Эклогит-гнейсовый комплекс Муйской глыбы (Восточная Сибирь): возраст, минералогия, геохимия, петрология // *Геология и геофизика*. 2012. Т. 53. №6. С. 657-682.
7. Рыцк Е.Ю., Амелин Ю.В., Ризванова Н.Г., Крымский Р.Ш., Митрофанов Г.Л., Митрофанова Н.Н., Переляев В.И., Шалаев В.С. Возраст пород Байкало-Муйского складчатого пояса // *Стратиграфия. Геологическая корреляция*. 2001. Т. 9. №4. С. 3-15.
8. Рыцк Е.Ю., Ковач В.П., Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Богомоллов Е.С., Котов А.Б. Изотопная структура и эволюция континентальной коры Восточно-Забайкальского сегмента Центрально-Азиатского складчатого пояса // *Геотектоника*. 2011. №5. С. 17-51.
9. Парфенов Л.М., Берзин Н.А., Ханчук А.И., Бадарч Г., Беличенко В.Г., Булгатов А.Н., Дриль С.И., Кириллова Г.Л., Кузьмин М.И., Ноклеберг У., Прокопьев А.В., Тимофеев В.Ф., Томуртоого О., Янь Х. Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии // *Тихоокеанская геология*. 2003. Т. 22. № 6. С 7-41.

10. Спиридонов А.М. Золотоносные рудно-магматические системы Забайкалья / А.М. Спиридонов, Л.Д. Зорина, Н.А. Китаев. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2006. – 291с.
11. Zartman R.E., Doe V.R. Plumbotectonics – The Model // Tectonophysics, 1981, v. 75, p. 135-162.
12. Булгатов А.Н. Кулиндинская свита в стратотипе (Восточное Забайкалье, Монголо-Охотский складчатый пояс) / А.Н. Булгатов, В.С. Климук, Е.А. Шивохин // Отечественная Геология. 2010. №4. С.54-60.
13. Руженцев С.В., Некрасов Г.Е. Тектоника Агинской зоны (Монголо-Охотский пояс) // Геотектоника. 2009. №1. С. 39-58.
14. Чугаев А.В., Чернышев И. В., Бортников Н. С. Коваленкер В.А., Киселева Г.Д., Прокофьев В.Ю.. Изотопно-свинцовые рудные провинции Восточного Забайкалья и их связь со структурами региона (по данным высокоточного MC-ICP-MS изучения изотопного состава Pb) // Геология рудных месторождений, 2013, Т. 55, № 4, с. 282–294.