

На правах рукописи



НОСКОВА Юлия Владимировна

**ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИЕ И ИЗОТОПНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
МЕТАОСАДОЧНЫХ ПОРОД ТЕРРЕЙНОВ АККРЕЦИОННОГО
КЛИНА МОНГОЛО-ОХОТСКОГО ОРОГЕННОГО ПОЯСА**

**СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 25.00.09 – ГЕОХИМИЯ,
ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

АВТОРЕФЕРАТ
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ НАУК

ИРКУТСК - 2022

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук (ИГХ СО РАН), г. Иркутск.

Научный руководитель:

Дриль Сергей Игоревич - кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией (25.3) «Геохимии изотопов» ИГХ СО РАН

Официальные оппоненты:

Великославинский Сергей Дмитриевич - доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, лаборатория геологии и геодинамики ИГГД РАН (г. Санкт-Петербург)

Смирнова Юлия Николаевна - кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, лаборатория петрогенезиса и геодинамики ИГиП ДВО РАН (г. Благовещенск)

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук (ИЗК СО РАН), г. Иркутск

Защита диссертации состоится «7» июня 2022 г. в 10.00 часов на заседании диссертационного совета Д 003.059.01 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН по адресу: 664033, а/я 304, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1а.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке и на сайте Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук (<http://www.igc.irk.ru>).

Автореферат разослан «7» апреля 2022 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
Д 003.059.01, к.г.-м.н.



Е.В. Канева

ВВЕДЕНИЕ

Вулканогенно-осадочные и осадочные толщи являются неотъемлемой составной частью орогенных поясов. До недавнего времени геохимические характеристики вулканических пород служили главной основой для реконструкции геодинамических особенностей формирования конкретного складчатого пояса, что нашло отражение во многих публикациях, важнейшие из которых суммированы в [Floyd, Winchester, 1975; Pearce, Norry, 1979; Shervais, 1982; Кузьмин, 1985; Pearce, Peate, 1995]. Однако, целый ряд исследований продемонстрировал, что возможно применение данных по геохимии и изотопии терригенных и кремнистых осадочных пород для выяснения условий формирования осадков, реконструкции источников осадочного вещества и их геодинамической типизации [Bhatia, 1983, 1985, 1986; Тейлор, 1988; Фоп, 1989; McLennan et al., 1990, 1995; Plank, Langmuir, 1998; McLennan, 2001; Plank, 2005; Häussler et al., 2005; Дубинин, 2006; Чамов, 2008; Verma, Armstrong-Altrin, 2013, 2016; Маслов и др., 2016; Скузоватов и др., 2017]. Благодаря этому открылась возможность активно использовать данные по микроэлементному и изотопному (Sm-Nd) составу осадков как для реконструкции истории развития конкретных складчатых поясов, так и для расшифровки эволюции континентальной коры в целом [Тейлор, 1988; Li et al., 2008; Velikoslavinskiĭ et al., 2016; Sorokin, 2016; Скузоватов и др., 2017]. Аккреционные комплексы или аккреционные призмы представляют собой масштабные геологические структуры, формирующиеся на конвергентных границах литосферных плит перед фронтом островных дуг или активных континентальных окраин [Парфенов и др. 2003; Кемкин, 2006; Буслов, 2014; Zhou J., 2020]. В аккреционных призмах происходит пространственное совмещение осадочного материала, поступающего в глубоководный желоб с надсубдукционного вулканического пояса и прилегающих континентальных территорий, а также осадочного материала, переносимого субдуцируемой океанической плитой, включая фрагменты магматической части океанической коры [Лисицин, 1988].

Актуальность работы. Монголо-Охотский орогенный пояс (МОП) является одной из крупнейших структурных единиц юго-восточного складчатого обрамления Северо-Азиатского кратона, которая сформировалась в позднем палеозое - раннем мезозое [Парфенов и др., 1999, 2003; Сорокин, 2005, Сорокин и др., 2010; Шевченко и др., 2014]. На всем своем протяжении от Центральной Монголии до Охотского моря он маркируется вулканогенно-осадочными и осадочными толщами, метаморфизованными в зеленосланцевой и амфиболитовой фациях, породы которых хранят историю об «океаническом» этапе развития МОП. Геохимические особенности вулканогенных образований этих толщ исследованы достаточно полно и среди них выделяются базальтоиды различных геохимических типов – N-MORB, E-MORB, OIB [Гусев, 1996; Булгатов и др., 2002; Дриль и др., 2003, 2020; Dril et al., 2017; Медведев, 2007]. Петрохимические особенности метаосадочных образований исследовались лишь фрагментарно [Неелов, 1979; Сорокин и др., 2002, 2010, 2012, 2015; Смирнова и др., 2013; Носкова и др., 2016; Дриль и др., 2017], что определяет актуальность проведения геохимических и изотопно-геохимических исследований состава этих пород на современном уровне. Региональный тектонический террейновый анализ позволил выделить в пределах Монголо-Охотского пояса лентовидные террейны, которые по составу слагающих их пород и строению классифицируются как террейны аккреционного клина [Парфенов и др., 1999, 2003]. Впервые выполнены изотопно-геохимические исследования пород ононской, чиндантской, усть-борзинской свит в Восточном Забайкалье и пород метаосадочной толщи S?-D бассейна р.Тукси в верхнем Приамурье, позволившие обосновать их принадлежность к фрагментам террейнов аккреционного клина Монголо- Охотского орогенного пояса.

Цель и задачи исследования. Основной целью диссертационной работы является реконструкция природы первичного протолита метаосадочных пород ононской, чиндантской и усть-борзинской свит Восточного Забайкалья (Ононский террейн аккреционного клина), пород метаосадочной толщи S?-D бассейна р. Тукси (Янканский террейн аккреционного клина), а также уточнение геодинамических обстановок их формирования и природы источников поступления осадочного материала в бассейн осадконакопления.

Для достижения поставленной цели в ходе исследований решались следующие задачи:

1. Петрографическое исследование метаосадочных пород ононской, чиндантской и усть-борзинской свит Восточного Забайкалья (Оловянинско-Чиндантский и Агинский участок Ононского террейна), а также пород метаосадочной толщи S?-D бассейна р. Тукси Янканского террейна.
2. Изучение и интерпретация петро-геохимических характеристик метаосадочных пород изучаемых свит для выяснения природы первичного протолита.
3. Геодинамическая типизация метаосадочных пород изучаемых свит для уточнения геодинамической обстановки их формирования.
4. Проведение Sm-Nd-изотопной систематики метаосадочных пород для выявления природы источников и возраста осадочного вещества в бассейне осадконакопления.

Фактический материал и методы исследований. В основу диссертационной работы положен фактический геологический и геохимический материал, собранный автором в ходе полевых работ 2006-2015 гг. в Восточном Забайкалье в составе экспедиционного отряда лаборатории 25.3 "Геохимии изотопов" ИГХ СО РАН (г. Иркутск). Метаосадочные породы Янканского террейна МОП исследовались с использованием коллекции образцов, собранных в 1998 году С.И. Дрилем и А.А. Сорокиным. При написании работы автором были исследованы 150 прозрачных петрографических шлифов. Аналитические исследования проводились с использованием приборной базы ЦКП "Изотопно-геохимических исследований" Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН. Было выполнено 150 анализов силикатного состава пород и содержаний в них Ba, Sr, Zr, Nb, Y методом силикатного рентгено-флуоресцентного анализа (РФА), для 120 проб с участием автора выполнен масс-спектрометрический элементный анализ с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS), использовавшийся для определения содержаний редкоземельных элементов. Измерения изотопного состава стронция и неодима в 17 пробах выполнялись на 7-коллекторном масс-спектрометре Finnigan MAT-262 ЦКП «Геодинамика и геохронология» ИЗК СО РАН в статическом режиме, а также на мультиколлекторном масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой MC-ICP MS NEPTUNE ЦКП «Изотопно-геохимических исследований» ИГХ СО РАН.

Научная новизна выполненного исследования заключается в следующем:

1. впервые получены и проинтерпретированы представительные петро-геохимические данные для метаосадочных пород ононской, чиндантской и усть-борзинской свит Восточного Забайкалья и пород метаосадочной толщи S?-D бассейна р.Тукси Амурской части МОП, позволившие реконструировать природу первичных осадочных протолитов пород.
2. проведена геодинамическая типизация метаосадочных пород исследуемых объектов, основанная на представительных геохимических данных.
3. впервые получены и проинтерпретированы Sm-Nd изотопные данные метаосадочных пород и определен их модельный возраст.

Практическая значимость. Результаты проделанной работы могут быть полезны как пример комплексной геохимической, геодинамической и изотопно-геохимической типизации осадочных образований складчатых поясов, а также как основа для проведения корреляционных геохимических и изотопно-геохимических исследований осадочных и метаосадочных толщ МОП. Кроме того, полученные результаты могут быть использованы при проведении работ по геологическому доизучению площадей, для создания геологических карт нового поколения. Детальное исследование аккреционных комплексов в орогенных поясах позволяет глубже понять процессы формирования месторождений полезных ископаемых.

Защищаемые положения.

1. Исходным материалом при формировании изученных толщ Ононского и Янканского террейнов послужили породы среднего-кислого состава - вулканогенный материал зрелых островных дуг и, возможно, активных континентальных окраин, что подтверждается данными петрохимических модулей и спайдердиаграммами макрокомпонентов.
2. Распределение микроэлементов в главных разновидностях пород Ононского и Янканского террейнов показывает, что наиболее зрелый материал накапливался в чиндантской

свите. В ононской и усть-борзинской свитах более низкие по сравнению с ВКК значения и резкие колебания уровня редких элементов свидетельствуют о меньшей зрелости пород этих толщ и о вкладе разных источников сноса. Метаосадки Янканского террейна занимают промежуточное положение по степени зрелости осадков.

3. Метаосадочные породы Ононского и Янканского террейнов формировались из терригенного материала при разрушении вулканитов зрелых континентальных островных дуг и активной континентальной окраины, а также при переотложении осадочных пород.

4. Изотопные Sm-Nd характеристики метаосадочных пород Ононского и Янканского террейнов МОП соответствуют области эволюции изотопного состава Nd неопротерозойской коры Центрально-Азиатского орогенного пояса. Источник сноса осадочного материала, поступавшего в палеобассейн, был связан также с южной группой террейнов, обрамляющих МОП и прежде всего с Аргунским супертеррейном.

Апробация работы. По теме диссертационной работы опубликованы 2 статьи, индексируемых системой Web of Science, Scopus и 2 статьи из перечня ВАК РФ, а также 20 тезисов докладов в материалах российских и международных конференций за период с 2007 по 2018 годы. Результаты исследований докладывались автором и обсуждались на следующих конференциях и совещаниях: ежегодной научно-теоретической конференции аспирантов и студентов (г. Иркутск, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011), 4-ой, 5-ой Сибирской Международной конференции молодых ученых по наукам о Земле (г. Новосибирск, 2008, 2010); Всероссийской конференции молодых ученых «Современные проблемы геохимии» (г. Иркутск, 2009, 2011, 2018); XIV и XVI Международном научном симпозиуме им. Академика М.А. Усова студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр» (г. Томск, 2010, 2012); Всероссийской научной конференции с международным участием «Геологические процессы в обстановках субдукции, коллизии и скольжения литосферных плит» (г. Владивосток, 2011); Всероссийском совещании «Современные проблемы геохимии» (с участием иностранных ученых), посвященного 95-летию со дня рождения академика Л.В. Таусона (г. Иркутск, 2012).

Структура и объем работы. Диссертационная работа общим объемом 148 страниц состоит из введения, пяти глав и заключения, включает 10 таблиц, 75 рисунков и список литературы из 127 наименований.

Благодарности. Работа выполнена в лаборатории геохимии изотопов Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН. Автор выражает особую благодарность своему научному руководителю кандидату геолого-минералогических наук, заведующему лабораторией С.И. Дрилю за ценные рекомендации, наставления и поддержку на всех этапах подготовки диссертационной работы. Автор глубоко признателен д.г.-м.н. В.А. Макрыгиной за многочисленные консультации по тематике исследования и огромную поддержку, д.г.-м.н. А.Я. Медведеву, к.г.-м.н. В.А. Бычинскому, д.г.-м.н. В.С. Антипину, д.г.-м.н. С.В. Ефремову. Автор признателен коллегам к.г.-м.н. С.А. Сасиму, к.г.-м.н. С.Ю. Скузоватову, к.г.-м.н. В.А. Беляеву за постоянную поддержку во время подготовки диссертационной работы и конструктивные предложения, инженерам и аналитикам лаборатории геохимии изотопов: гл. спец. ИГХ СО РАН Н.С. Герасимову, к.х.н. Т.А. Владимировой, к.г.-м.н. О.В. Зарубиной, вед.инж. ИГХ СО РАН В.В. Яровой, а также благодарен за сотрудничество всем аналитикам Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН.

ГЛАВА 1. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ОНОНСКОГО И ЯНКАНСКОГО ТЕРРЕЙНОВ МОНГОЛО-ОХОТСКОГО ОРОГЕННОГО ПОЯСА

1.1. Некоторые общие особенности геологического строения аккреционных комплексов конвергентных границ литосферных плит

Аккреционные призмы или аккреционные комплексы представляют протяженные клинообразные в поперечном сечении и сложно деформированные осадочные структуры, состоящие из океанических, окраинно-океанических и хаотических (тектонический меланж, олистостромы) образований. Они имеют четкую структурную приуроченность и являются маркирующими комплексами конвергентных окраин литосферных плит [Чамов, 2002; Кемкин,

2006; Буслов, 2014; Соловьев, 2004, 2008]. Согласно модели [Seely et al., 1974] в пределах тела аккреционной призмы происходит многократное чередование пелагических, гемипелагических и окраинно-океанических отложений с обратной возрастной последовательностью - от верхних древних структурных фрагментов (чешуй) к нижним более молодым. Изучение строения аккреционных призм вносит существенный вклад в понимание геологической эволюции древних геодинамических обстановок осадконакопления, поскольку в их разрезах присутствуют фрагменты океанической коры прошлого, а также осадочный материал, поступающий с окружающих фрагментов суши.

1.2. Общие черты геологического строения МОП

Монголо-Охотский складчатый пояс (МОП) протягивается на 3000 км от Охотского моря до Хангайского нагорья в Монголии, занимая осевое положение между разновозрастными складчатыми поясами обрамления Северо-Азиатского и Сино-Корейского кратонов (рис. 1). В настоящее время общепризнанной является точка зрения о том, что история формирования МОП тесно связана с историей развития и закрытия Монголо-Охотского палеоокеана [Зоненшайн, Кузьмин, Натапов, 1990; Sengor, Natal'in, 1996; Зорин и др., 1994; Гусев, Хаин, 1995; Парфенов, Попеко, Томуртоого, 1999]. Океаническая стадия развития МОП охватывает период времени с раннего палеозоя (ордовик) вплоть до рубежа позднего палеозоя (пермь) – раннего мезозоя (триас) [Зоненшайн, Кузьмин, Натапов, 1990; Парфенов и др., 2003; Булгатов и др., 2010; Гордиенко и др., 2016]. Главной особенностью этого геодинамического этапа являлись субдукционные процессы, проявленные как вдоль окраины Аргунского террейна, ограничивавшего Монголо-Охотский палеоокеан с юга, так и вдоль окраины Сибирского палеоконтинента, ограничивавшей его с севера [Парфенов и др., 2003]. Поглощение океанической коры Монголо-Охотского палеоокеана в зонах субдукции сопровождалось формированием структурно-вещественных комплексов аккреционных призм. В данной работе в качестве объектов исследования рассматриваются породы Ононского и Янканского террейнов аккреционного клина МОП (рис. 1).

1.3. Особенности геологического строения Ононского террейна

Основной объем террейна представлен отложениями четырех свит: кулиндинской, ононской, чиндантской и усть-борзинской, описания которых даются ниже, а сводная стратиграфическая колонка, составленная по материалам [Геологическое строение Читинской области. Объяснительная записка к геологической карте..., 1997] с учетом оригинальных полевых наблюдений приведена на (рис. 2). Предметом изучения в настоящей работе являются метаосадочные породы ононской, чиндантской и усть-борзинской свит.

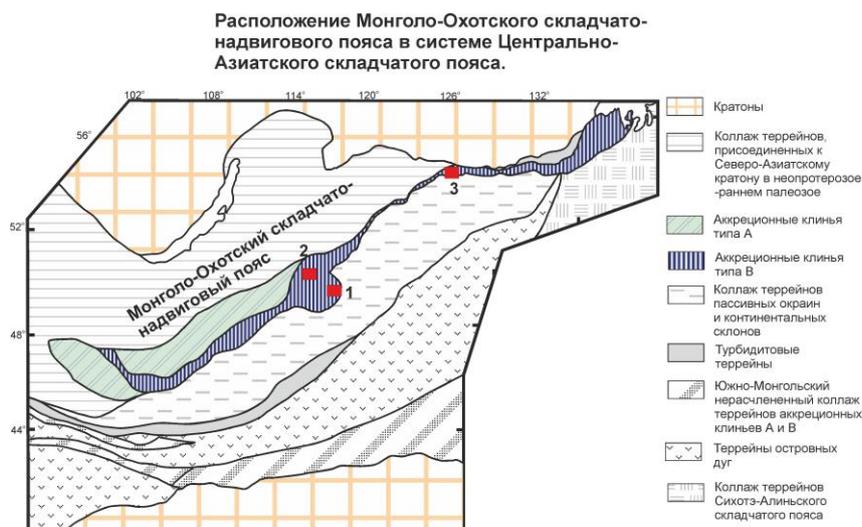


Рис. 1. Тектоническая схема Монголо-Охотского орогенного пояса по [Парфенов и др., 2003]. Цифрами обозначены участки детальных исследований: 1 – участок развития пород ононской и чиндантской свит Оловянинско-Чиндантского участка Ононского террейна; 2 - участок развития пород усть-борзинской свиты Агинского участка Ононского террейна; 3 - участок развития пород метаосадочной толщи S?-D бассейна р. Тукси Янканского террейна.

Кулиндинская свита (R₂?kl, S?₂kl) сложена преимущественно вулканогенными образованиями [Геологическое строение Читинской области. Объяснительная записка к геологической карте..., 1997], представленными метаморфизованными в фации зеленых

сланцев базальтоидами. Менее распространены кремнистые сланцы, яшмоиды, маломощные прослои известняков.

Система	Отдел	Индекс	Литологическая колонка	Мощность, м	Характеристика подразделений
ДЕВОНСКАЯ	НИЖНИЙ - СРЕДНИЙ	ub		≈ 4000м	Свита сложена сланцеватыми песчаниками с редкими прослоями филлитизированных алевролитов, кремисто-глинистых и кремнистых сланцев, основных метаффузиев и линзами известняков. В верхней части разреза преобладают филлитизированные аргиллиты и алевролиты, содержащие прослои кремнистых сланцев, линзы яшмоидов, основных метаффузиев, метапесчаников и редко – известняков.
		sp		≈ 2500м	Свита представлена главным образом однообразными граувакковыми песчаниками с линзами гравелитов и прослоями филлитовидных сланцев, сланцеватых алевролитов, аргиллитов, кремнистых сланцев. Отмечаются редкие линзы рифогенных криноидных известняков. Присутствуют редкие прослои метабазитов
НЕОПРОТЕРОЗОЙСКАЯ ? СИЛУРИЙСКАЯ ?		op		3000-4000м	Свита представлена филлитами, филлитизированными алевролитами, песчаниками, местами гравелитами, кварц-серицитовыми, углисто-серицитовыми, хлорит-серицитовыми, биотит-серицит-кварцевыми сланцами с редкими прослоями метабазитов, яшмоидов, микрокварцитов и известняков.
		kl		3000м	Свита представлена преимущественно метабазитами. Менее распространены кремнистые сланцы, яшмоиды, маломощные прослои известняков. В верхней части разреза эти породы чередуются с метаалевролитами, метапесчаниками, метааргиллитами.

Рис. 2. Сводная стратиграфическая колонка для отложений кулиндинской, ононской, чиндантской и усть-борзинской свит.

Местами эти породы чередуются с метаалевролитами, метапесчаниками, метааргиллитами. Общая мощность свиты составляет более 3000 м. В стратотипических участках распространения пород свиты в среднем течении р. Ага и нижнем течении р. Хила, а также в районе станции Оловянная и пади Кулинда подробно исследована геохимия метабазитов, а также детально исследованы частные разрезы отложений свиты, представленные метабазальтами, метакремнями и, реже, прослоями метатерригенных пород. [Неелов, Милькевич, 1979; Гусев, Песков, 1993; Dril et al., 1994; Гусев, Песков, 1996; Булгатов, Климуков, Шивохин, 2010; Дриль и др., 2000; Дриль, Голубев, 2002; Дриль и др., 2003].

Ононская свита (R₂?on, S?on) залегает согласно на отложениях кулиндинской свиты [Геологическое строение Читинской области. Объяснительная записка к геологической карте..., 1997; Попеко, 1976; Булгатов, 1984; Ефимов, 1974, 1982; Князев, 1962; Красинец, 1958]. Это подтверждено детальными исследованиями кулиндинской и ононской свит в стратотипических участках их распространения (рис. 3). Ононская свита представлена филлитами, филлитизированными алевролитами, песчаниками, местами гравелитами, кварц-серицитовыми, углисто-серицитовыми, хлорит-серицитовыми, биотит-серицит-кварцевыми сланцами с редкими прослоями метабазитов, яшмоидов, микрокварцитов и известняков. Наиболее тонкозернистые породы в основном слагают нижнюю часть разреза мощностью 2500-3000 м. Выше залегает толща (1000-2000 м), состоящая преимущественно из граувакковых песчаников.

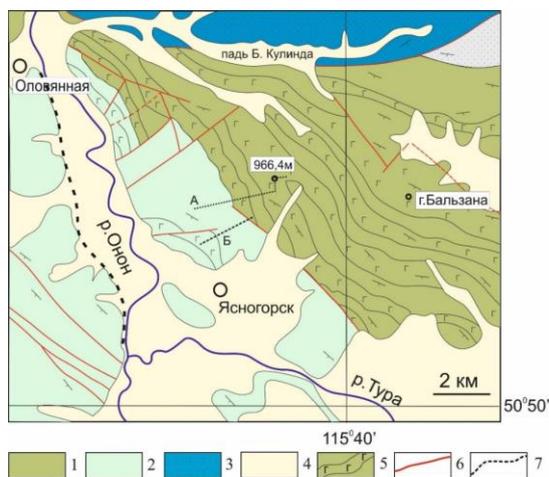


Рис. 3. Геологическая схема участков детального исследования пород ононской свиты Восточного Забайкалья в районе пос. Оловянная и пади Кулинда; 1 – отложения кулиндинской свиты (S?-D₁), 2- отложения ононской свиты (S?-D₁), 3 - отложения икагийской (J₁) и акатуевской свит (J₁₋₂), 4- четвертичные отложения, 5- прослои метабазитов в составе кулиндинской и ононской свит, 6- разломы, 7 – маршруты опробования метаосадочных пород ононской свиты.

Чиндантская свита (D₁cn) подразделяется на две подсвиты [Геологическое строение Читинской области. Объяснительная записка к геологической карте..., 1997]. Нижняя подсвита представлена главным образом однообразными граувакковыми песчаниками с линзами гравелитов и прослоями филлитовидных сланцев, сланцеватых алевролитов, аргиллитов,

кремнистых сланцев [Неелов, Милькевич, 1979]. Отмечаются редкие линзы рифогенных криноидных известняков. Присутствуют редкие прослои метабазитов. Полная мощность чиндантской свиты оценивается в 1400-2600 м. Соотношения отложений нижнего девона и более древними подстилающими толщами являются предметом многолетней дискуссии. Стратиграфические границы свиты с подстилающими образованиями являются условными [Геологическое строение Читинской области. Объяснительная записка к геологической карте..., 1997].

Усть-Борзинская свита ($D_{1-2}ub$). Единого мнения о характере разреза и соотношении свиты с подстилающими отложениями нет [Геологическое строение Читинской области. Объяснительная записка к геологической карте..., 1997]. В своей стратотипической местности в низовье р. Борзя разрез свиты подразделяется на три подсвиты (рис. 4).

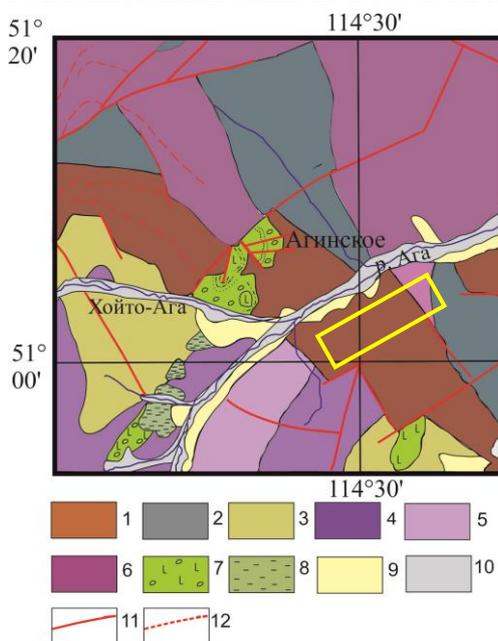


Рис. 4. Геологическое строение усть-борзинской свиты в Агинском участке Ононского террейна: 1 – отложения усть-борзинской свиты ($D_{1-2}ub$); 2 – отложения зуншивейнской свиты ($D_3-C_1 z\acute{s}$); 3 – отложения агинской свиты ($P_2-T_1 ag$); 4 – отложения зуткулейской свиты ($T_1 zt$); 5 – отложения тулутайской свиты ($T_1 tl$); 6 – отложения могойтуйской серии средней подсвиты (T_3mg_2); 7 – отложения тургинской вулканогенно-осадочной серии верхней подсвиты (K_1tr_2); 8 – среднечетвертичные отложения Q_{II} ; 9 – верхнечетвертичные отложения Q_{III} ; 10 – современные рыхлые отложения Q_{IV} ; 11 – достоверные разломы; 12 – тектонические контакты. Прямоугольником обозначен район опробования.

Нижняя подсвита сложена сланцеватыми песчаниками с редкими прослоями филлитизированных алевролитов, кремнисто-глинистых и кремнистых сланцев, основных метаэффузивов и линзами известняков. В средней подсвите преобладают филлитизированные аргиллиты и алевролиты, содержащие прослои кремнистых сланцев, линзы яшмоидов, основных метаэффузивов, метапесчаников и редко – известняков. В строении верхней подсвиты принимают участие мраморизованные рифогенные известняки, основные и кислые метавулканиды, филлиты, кремнистые сланцы и песчаники [Попеко, 1972]. Общая мощность свиты оценивается в 4000 м. Фауна, собранная в известняках верхней подсвиты, позволяет относить вмещающие отложения к нижнему – среднему девону [Амантов, 1963; Руженцев, Некрасов, 2009].

1.4. Особенности геологического строения Янканского террейна

В своей западной части Янканский террейн представлен образованиями тунгалинской ($S?tg$), дугдинской ($D_1?dg$), туксинской ($D_{1-2}ts$), тангоменской ($D_{2}tn$) вулканогенно-осадочных толщ, метаморфизованных в зеленосланцевой фации. Возраст пород недостаточно ясен. В Тукурингском фрагменте в их составе установлены ранне-среднедевонские кораллы, и на этом основании весь комплекс метаморфических пород датируется силуром-девонем. Согласно данным исследования детритовых цирконов из метапесчаников различных свит Янканского террейна [Сорокин и др., 2015] было показано, что отложения Янканского террейна отличаются друг от друга по возрасту главных популяций детритовых цирконов. Это свидетельствует о том, что они не входят в состав единой стратиграфической последовательности, а участвуют в строении разновозрастных, но преимущественно палеозойских аккреционных комплексов. Особенности геологического строения аккреционного комплекса Янканского террейна в районе бассейна нижнего течения р. Тукси показаны на геологической схеме (рис. 5). Был изучен разрез тунгалинской ($S?tg$), дугдинской ($D_1?dg$) и туксинской толщ ($D_{1-2}ts$). Тунгалинская свита представлена кварцевыми сланцами, эпидот-хлорит-альбитовыми, альбит-эпидот-актинолитовыми сланцами, кварцитами, песчаниками мощностью до 1100 м. Установлено

[Кириллова, Турбин, 1979], что она залегает в основании непрерывного разреза, верхняя часть которого охарактеризована фауной нижнего-среднего девона и условно ее возраст отнесен к силуру.

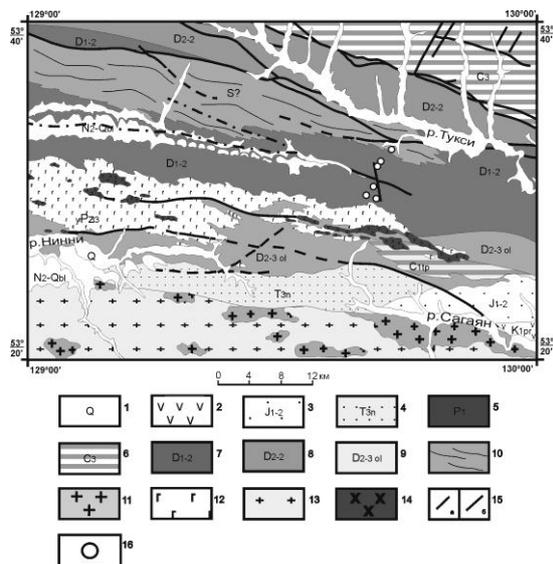


Рис. 5. Схема геологического строения Янканского террейна. 1 – четвертичные и неогеновые отложения белогорской свиты; 2 – нижнемеловые кварцевые порфириты и туфопесчаники талданской и перемыкинской свит; 3 – среднеюрская толща полимиктовых песчаников с прослоями конгломератов и гравелитов; 4 – верхнетриасовые полимиктовые песчаники; 5 – нижнепермские филлиты и зеленые сланцы; 6 – каменноугольные полимиктовые песчаники, микрокварциты джескогонской свиты; 7 – ниже-среднедевонские кварц-эпидот-хлоритовые сланцы и микрокварциты с пластами серицит-кварцевых сланцев; 8 – среднедевонские филлиты с пластами полимиктовых песчаников живетского яруса; 9 – средне-верхнедевонские полимиктовые песчаники ольдойской свиты; 10 – силурийские серицит-кварцевые и зеленые сланцы с пластами микрокварцитов

и метаморфизованных песчаников; 11 – раннемеловые граниты; 12 – позднепалеозойские рассланцованные диориты, габбро-диориты, габбро; 13 – раннепалеозойские биотитовые граниты; 14 – позднепалеозойские рассланцованные граниты; 15 – разломы: а – достоверные, б – предполагаемые; 16 – точки опробования.

Дугдинская свита согласно залегает на отложениях тунгалинской свиты и условно отделяется от нее по относительно резкой смене вулканогенно-осадочных отложений породами терригенного состава. Она сформирована филлитами, метапесчаниками, зелеными сланцами, кварцитами с максимальной мощностью до 2000 м. Отложения туксинской свиты согласно залегают на образованиях дугдинской свиты и представлены филлитами, кварцитами, метапесчаниками, мраморизованными известняками общей мощностью до 1700 м.

Краткие выводы. В данной работе изучались метаосадки ононской, чиндантской и усть-борзинской свит Ононского и ранне-среднедевонской метаосадочной толщи Янканского террейнов. Все они метаморфизованы в условиях серицит-хлоритовой субфации зеленосланцевой фации регионального метаморфизма. Судя по наличию в породах стильпноmelана и отсутствию биотита, температуры метаморфизма не превышали 350-360 °C [Маракушев, 1973]. Все свиты сложены близкими литотипами метаосадков, характерными для флишеидных толщ. Свиты различаются только соотношением пород разной зернистости и количеством прослоев вулканитов и линз известняков и яшмоидов. Впервые проведено детальное исследование метатерригенных пород чиндантской, ононской, усть-борзинской свит Ононского и пород метаосадочной толщи S?-D бассейна р.Тукси Янканского террейнов МОП, показавшее соответствие их сложной структуры аккреционной призме с преобладанием метаграувакк и почти полным отсутствием метапелитов.

ГЛАВА 2. ЛИТОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ИСХОДНЫЙ СОСТАВ ПРОТОЛИТА МЕТАОСАДОЧНЫХ ПОРОД ОНОНСКОГО И ЯНКАНСКОГО ТЕРРЕЙНА

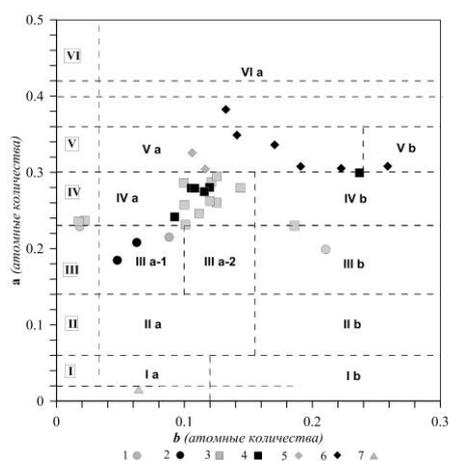
2.1. Классификация метаосадочных пород

В настоящее время разработаны различные классификации (систематики) для реконструкции первичного субстрата метаморфических пород и их генетической принадлежности [Dott, 1964; Петтиджон, 1976, 1981; Неелов, 1980; Юдович, Кетрис, 2000; Bhatia, 1983, 1986; Herron, 1988, и другие]. Как показало время, не все классификации в той или иной степени соответствуют реальным геологическим объектам (породам). Наиболее употребительными в настоящее время являются классификации Ф. Дж. Петтиджона, А.Н. Неелова, М. Херрона, которые используются в данной работе. Приложение

классификационных критериев к метаосадочным породам, подвергшимся в большей или меньшей степени метаморфическим преобразованиям, вызывает значительные трудности в связи с возможным изменением их химического состава. Однако, как было показано [Петрова, Макрыгина, 1994; Макрыгина, Петрова, 2005], процессы регионального метаморфизма можно считать близкими к изохимическим.

2.2. Петрохимическая классификация пород ононской и чиндантской свит Оловянинско-Чиндантского участка Ононского террейна

По своему химизму изучаемые породы относятся к средне-кислому составу (SiO_2 варьирует от 60 до 75 %), поэтому для того, чтобы точно определить их исходную природу, приходится использовать петрохимические реконструкции. Для выяснения первичной природы метаморфических пород использована петрохимическая классификация А.Н. Неелова [Неелов, 1980], основанная на петрохимических параметрах $a-b$ ($\text{Al}/\text{Si} - \text{Fe} + \text{Mn} + \text{Mg} + \text{Ca}$), рассчитанных в атомных количествах. Алюмокремниевый модуль a , используемый в данной классификации, отражает (в первом приближении) глинистость обломочных пород, что дает возможность выделять на диаграмме поля песчаников, алевролитов и пелитов, границы которых в основном совпадают с литологическими. Параметр b определяет общую меланократовость породы, включая CaO в составе полевых шпатов. Породы ононской свиты преимущественно



локализованы в области полимиктовых алевролитов (рис. 2.2.1).

Рис. 2.2.1. Диаграмма А.Н. Неелова [Неелов, 1980] для пород ононской и чиндантской свит Оловянинско-Чиндантского участка Ононского террейна. Условные обозначения: 1, 3, 5 — ононская свита (1 — полимиктовые песчаники; 3 — алевролиты, 5 — аргиллиты), 2, 4, 6 — чиндантская свита (2 — полимиктовые песчаники, 4 — алевролиты, 6 — аргиллиты); 7 — микрокварцит (силицит) ононской свиты.

Отдельные составы метаосадочных пород ононской свиты отвечают мономиктовым псаммитолитам, полимиктовым песчаникам и полимиктовым песчаникам повышенной фемичности. Составы метаосадочных пород чиндантской свиты образуют относительно обособленное расположение фигуративных точек в областях полимиктовых песчаников, полимиктовых алевролитов и алевропелитовых аргиллитов. Кроме того, в составе ононской свиты в крайне малых количествах присутствуют аргиллиты и микрокварциты.

На классификационной диаграмме Ф.Дж. Петтиджона [Петтиджон и др., 1976] (рис. 2.2.2) практически все составы метаосадков ононской свиты попадают в поле граувакк, что подразумевает наличие глинистого матрикса в их исходном протолите.

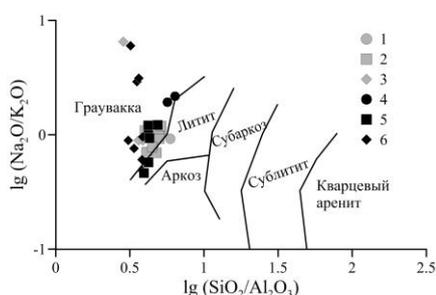


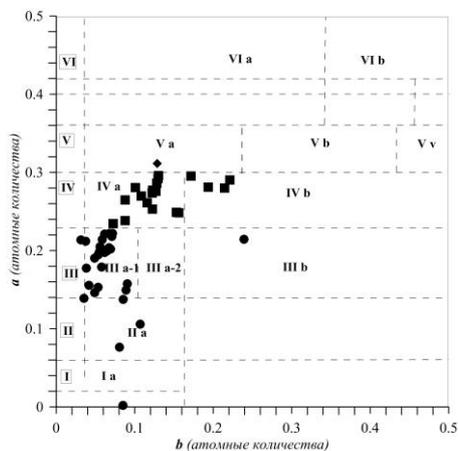
Рис. 2.2.2. Диаграмма Ф.Дж. Петтиджона [Петтиджон и др., 1976] для пород ононской и чиндантской свит Оловянинско-Чиндантского участка Ононского террейна. Условные обозначения: 1 - 3 — ононская свита (1 — полимиктовые песчаники; 2 — алевролиты, 3 — аргиллиты), 4-6 — чиндантская свита (4 — полимиктовые песчаники, 5 — алевролиты, 6 — аргиллиты).

Распределение точек составов метаосадочных пород чиндантской свиты на диаграмме Ф.Дж. Петтиджона аналогично таковому для ононской свиты. Классификация М. Херрона в координатах $\lg(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O}) - \lg(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ [Herron, 1988] позволяет выделить среди метаосадочных пород ононской и чиндантской свит преобладающие глинистые сланцы и резко подчиненные им вакки и Fe-глинистые сланцы. Таким образом, применение трех классификационных схем для выяснения состава протолита метатерригенных пород ононской и чиндантской свит позволяет

заключить, что алевролиты, в меньшей степени аргиллиты были ведущим литотипом исходного осадочного протолита.

2.3. Петрохимическая классификация пород усть-борзинской свиты Агинского участка Ононского террейна

Составы метаосадочных пород усть-борзинской свиты на диаграмме А.Н. Неелова (рис. 2.3.1) примерно поровну распределяются в полях составов полимиктовых песчаников и алевролитов. Две эти группы пород представляют собой главные литотипы свиты. Несколько



составов соответствуют микрокварцитам, а один состав – аргиллитам. Учитывая стратиграфическую последовательность и омоложение возраста свит в ряду ононская – чиндантская – усть-борзинская, можно констатировать, что роль полимиктовых песчаников возрастает вверх по стратиграфическому разрезу.

Рис. 2.3.1. Диаграмма А.Н. Неелова [Неелов, 1980] для пород усть-борзинской свиты Агинского участка Ононского террейна. Условные обозначения: 1 – полимиктовые песчаники, 2 – алевролиты, 3 – аргиллиты.

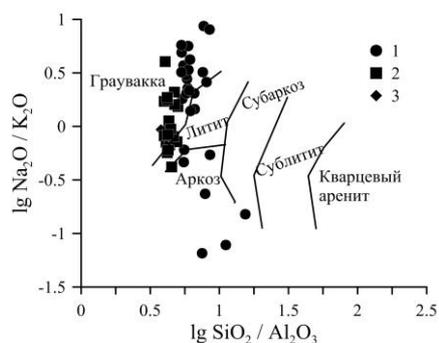
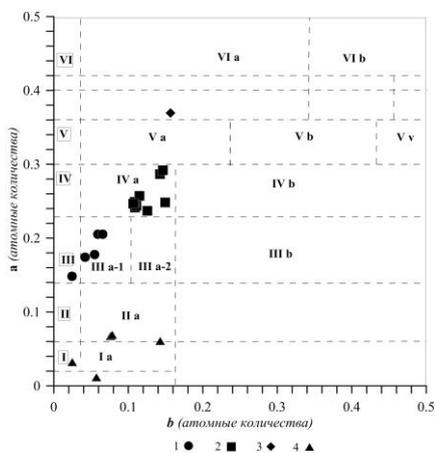


Рис. 2.3.2. Диаграмма Ф.Дж. Петтиджона [Петтиджон и др., 1976] для пород усть-борзинской свиты Агинского участка Ононского террейна. Условные обозначения: 1 – полимиктовые песчаники, 2 – алевролиты, 3 – аргиллиты.

По критериям Ф.Дж. Петтиджона (рис. 2.3.2) подавляющая часть составов метапесчаников и метаалевролитов могут быть классифицированы как граувакки, часть метапесчаников попадают в поле аркозов. На диаграмме М. Херрона составы осадков усть-борзинской свиты располагаются в полях вакк и лититов. Единичные анализы соответствуют глинистым сланцам и аркозам. По сравнению с породами ононской и чиндантской свит составы усть-борзинских осадков отчетливо смещены в области составов более зрелых обломочных пород, что может свидетельствовать о несколько ином источнике сноса терригенного материала в осадочный бассейн.

2.4. Петрохимическая классификация пород метаосадочной толщи S?-D бассейна р. Тукси Янканского террейна

Классификация А.Н. Неелова позволяет выделить три четко обособленных группы пород, служивших протолитом для метатерригенных пород метаосадочной толщи S?-D бассейна р.Тукси (рис.2.4.1): 1 – полимиктовые песчаники, 2 – алевролиты, 3 – микрокварциты.



Единичный анализ соответствует аргиллитам. Породы первых двух групп, отвечающих полям III и IV преобладают и присутствуют примерно в равных количествах.

Рис. 2.4.1. Диаграмма А.Н. Неелова [Неелов, 1980] для пород метаосадочной толщи S?-D бассейна р. Тукси Янканского террейна. Условные обозначения: 1 – полимиктовые псаммитолиты, 2 – алевролиты, 3 – аргиллиты, 4 – микрокварциты (силициты).

Микрокварциты, попадающие в поле I и II, отвечают по составу силицитам. Единичная проба аргиллита, находящаяся на границе полей V и VI, отвечает, по классификации А.Н. Неелова алевропелитовому аргиллиту.

Диаграмма Ф.Дж. Петтиджона (рис. 2.4.2) показывает принадлежность метапесчаников и метаалевролитов к области граувакк и лититов.

Составы силицитов образуют растянутое поле, охватывающее области составов субаркозов, сублититов и кварцевых аренитов. Согласно критериям М. Херрона вакки являются преобладающим протолитом для метаосадков пород метаосадочной толщи S?-D бассейна р.Тукси.

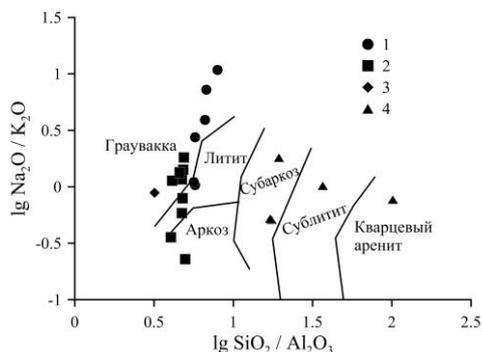


Рис. 2.4.2. Диаграмма Дж.Ф. Петтиджона [Петтиджон и др., 1976] для пород метаосадочной толщи S?-D бассейна р. Тукси Янканского террейна. Условные обозначения: 1 – полимиктовые песчаники, 2 – алевролиты, 3 – аргиллиты, 4 – микрокварциты.

Силициты попадают в область сублититов и Fe-песчаников. Таким образом, основной объем пород метаосадочной толщи S?-D бассейна р.Тукси имеет существенно вакковый состав осадочного протолита.

2.5. Литохимические особенности пород ононской и чиндантской свит Оловянинско-Чиндантского участка Ононского террейна

Для реконструкции характера первичного осадочного вещества метатерригенных пород изучаемых свит исследованы вариации величин алюмокремниевое, гидролизатного, фемического и титанового петрохимических модулей [Интерпретация..., 2001]. Алюмокремниевый модуль ($\text{AM} = \text{Al}_2\text{O}_3 / \text{SiO}_2$) позволяет различать всю цепочку терригенных осадков, учитывая степень их химического выветривания. В зависимости от величины AM различаются кварцевые песчаники ($\text{AM} < 0,10$), песчаники и кремнистые породы ($\text{AM} = 0,10 - 0,22$), глинистые породы ($\text{AM} = 0,22 - 0,35$), а также породы, связанные с корами выветривания ($\text{AM} > 0,35$). В составе ононской свиты резко преобладают песчаники, а в чиндантской свите присутствуют песчано-глинистые отложения.

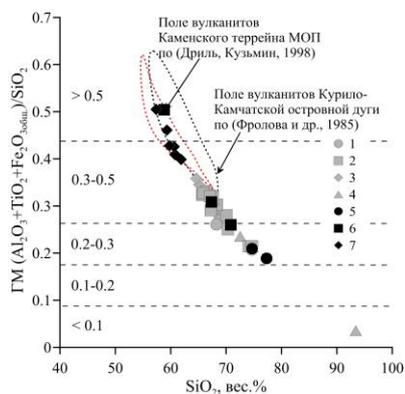


Рис 2.5. Диаграмма зависимости величины гидролизатного модуля ($(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3^*) / \text{SiO}_2$) от кремнекислотности метаосадочных пород ононской и чиндантской свит Оловянинско-Чиндантского участка Ононского террейна. Условные обозначения: 1, 2, 3, 4 – ононская свита (1 – полимиктовые песчаники; 2 – алевролиты; 3 – аргиллиты; 4 – микрокварциты (силициты); 5, 6, 7 – чиндантская свита (5 – полимиктовые песчаники; 6 – алевролиты; 7 – аргиллиты).

Гидролизатный модуль ($\text{GM} = (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3^*) / \text{SiO}_2$) информативен при изучении терригенно-глинистых отложений и дает возможность разделять породы, содержащие либо продукты гидролиза, например, каолинит, образующийся в результате глубокого химического выветривания калиевых полевых шпатов, либо зрелые осадки, обогащенные кварцем. Важной составной частью полимиктовых пород является присутствие в них обломков вулканитов основного и среднего состава. Для островных дуг, с которыми связано формирование аккреционных призм, аккумулирующих огромный объем терригенных осадков, поставщиками такого обломочного материала служат вулканы преимущественно известково-щелочной специфики. Поэтому, на диаграмму $\text{GM}-\text{SiO}_2$ (рис. 2.5) и последующие в качестве примера состава сноса вулканогенного материала островодужной природы нанесено поле составов известково-щелочных вулканических пород основного и среднего состава Курило-Камчатской островной дуги по данным [Фролова и др., 1985, 1989] и вулканитов Каменского островодужного террейна МОП [Дриль, Кузьмин, 1998]. Анализ вариаций гидролизатного модуля в зависимости от содержания кремния в породах показал, что метаосадки изученных свит соответствуют полимиктовым песчаникам, алевролитам и кремнисто-глинистым сланцам.

Зависимость вариаций величин фемического модуля от модуля титанового является в целом положительной, что может служить признаком того, что поведение фемических компонентов в метаосадочных породах определяется количеством темноцветных минералов. По-иному ведут себя эти параметры в силицитах, где величина фемического модуля близка к минимуму, а титанового – к максимуму. Вероятно, что этот эффект связан с перераспределением Ti-содержащей акцессорной фазы (титаномагнетит, ильменит, рутил) или низким его содержанием в исходном материале. Составы метаалевролитов более близки к составу верхней континентальной коры (ВКК). Однако в метаосадках чиндантской свиты местами наблюдается резкое обеднение TiO_2 и $Fe_2O_3^*$. Распределение MnO сложно, этот компонент может как обогащать породу, так и выноситься из нее, что связано возможными различными валентными состояниями Mn и с изменчивостью окислительно-восстановительных условий в среде осадконакопления. Увеличение MnO говорит о присутствии слоев, обогащенных железо-марганцевыми конкрециями, существовавшими на дне морского палеобассейна. В метаалевролитах ононской свиты в целом прослеживается обеднение MgO, что, вероятно, связано с преобладанием в области сноса средних и кислых пород. Весьма значимым в метакремнистых породах ононской свиты является увеличение содержания оксида марганца в 8 раз по сравнению с ВКК, отражающее, скорее всего, процессы осадочного и гидротермально-осадочного типа рудообразования в виде железо-марганцевых конкреций и корок на литифицированных осадках в пелагиальной области палеоокеана [Мурдмаа, 1987].

2.6. Литохимические особенности пород усть-борзинской свиты Агинского участка Ононского террейна

Диапазон вариаций величин алюмокремниевого модуля свидетельствует о том, что метаосадочные породы усть-борзинской свиты представлены, главным образом, песчаниками и алевролитами при полном отсутствии аргиллитов. Составы граувакк попадают в поле кислых вулканитов ККОД и Каменского террейна. Величины гидролизатного модуля (рис. 2.6) в породах позволяют детализировать состав исходных пород протолита: полимиктовые песчаники, алевролиты, кремнисто-глинистые и глинисто-кремнистые сланцы. Вариации величин фемического и титанового модулей, как и в породах ононской и чиндантской свит, коррелируются положительно. При этом тренд изменения состава метаалевролитов имеет больший наклон к оси титанового модуля по сравнению с трендом метапесчаников. Зависимость вариаций титанового модуля от содержания кремния всех типов пород в целом обратная, но большинство составов метапесчаников не образует отчетливого тренда.

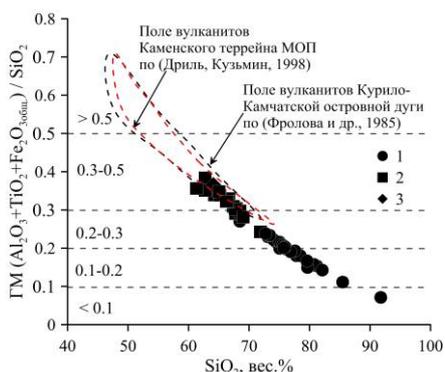


Рис. 2.6. Диаграмма зависимости величины гидролизатного модуля ($(Al_2O_3+TiO_2+Fe_2O_3^*)/SiO_2$) от кремнекислотности метаосадочных пород усть-борзинской свиты Агинского участка Ононского террейна. Предполагаемые протолиты исследуемых пород: 1 – полимиктовые песчаники; 2 – алевролиты; 3 – аргиллиты.

В составе метаалевролитов усть-борзинской свиты прослеживаются все тенденции, отмеченные выше для песчаных разновидностей пород: умеренный дефицит TiO_2 (фракционирование акцессорных фаз), резкие колебания в содержаниях $Fe_2O_3^*$ и, особенно, MnO (изменения окислительно-восстановительных свойств среды), дефицит CaO и K_2O при обогащении Na_2O (альбитизация плагиоклаза или участие кислых-средних вулканитов в области размыва). Спектры метаалевролитов усть-борзинской свиты характеризуются обогащением TiO_2 , Fe_2O_3 , MnO, MgO, Na_2O , в некоторых пробах P_2O_5 относительно эталона. Кроме того, в отдельных пробах отмечаются отрицательные пики TiO_2 , Fe_2O_3 , MnO, MgO, CaO, Na_2O .

2.7. Литохимические особенности пород метаосадочной толщи S?-D бассейна р. Тукси Янканского террейна

Диапазон вариаций величин алюмокремниевого модуля свидетельствует о том, что породы метаосадочной толщи S?-D бассейна р. Тукси представлены, главным образом, песчаниками и алевролитами, с небольшим количеством силицитов, при отсутствии аргиллитов. Величины гидролизатного модуля (рис. 2.7) в породах позволяют детализировать состав исходных пород протолита: полимиктовые песчаники, алевролиты и силициты (кремни). В метапесчаниках, как и в метаалевролитах и микрокварцитах Янканского террейна прослеживается тенденция обогащения MnO относительно состава ВКК, что связано с колебаниями окислительно-восстановительных условий среды осадконакопления.

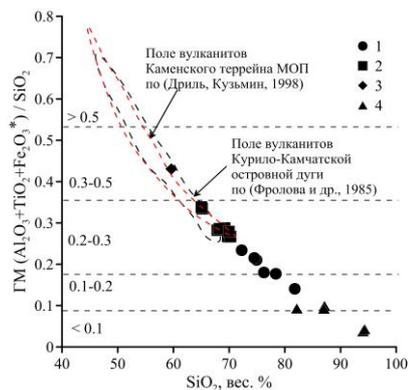


Рис. 2.7. Диаграмма зависимости величины гидролизатного модуля $(Al_2O_3+TiO_2+Fe_2O_3^*)/SiO_2$ от кремнекислотности метаосадочной толщи S?-D бассейна р. Тукси Янканского террейна. Условные обозначения: 1 – полимиктовые песчаники; 2 – алевролиты; 3 – аргиллиты, 4 – микрокварциты (силициты).

Также наблюдается дефицит TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , K_2O . Алевролиты характеризуются высокими содержаниями MnO по сравнению с ВКК, немного пониженными содержаниями CaO, Na_2O , P_2O_5 , но в общем их спектры приближены по составу к верхнекоровым. Микрокварциты обеднены содержаниями TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , K_2O и P_2O_5 относительно ВКК, но богаты MnO.

Краткие выводы. На основании проведенных литохимических исследований показано, что песчано-алевролитовые породы были ведущим литотипом исходного протолита исследованных метаосадочных толщ при почти полном отсутствии пелитов. Это свидетельствует о недостаточной зрелости данных толщ, что согласуется с близостью их составов с андезитоидами островных дуг и подтверждается тем, что на всех диаграммах петрохимических модулей кривые метаосадков непосредственно переходят в поля средних-кислых островодужных вулканитов. Литохимический состав пород отражает процессы осадочного фракционирования Ti-содержащих акцессорных фаз, контролирующих содержание TiO_2 в породах, вариации окислительно-восстановительных свойств среды осадконакопления, влияющих на характер распределения MnO и, отчасти, $Fe_2O_3^*$. Процессы альбитизации плагиоклаза и замещения темноцветных минералов влияют на распределение Al_2O_3 , $Fe_2O_3^*$, MgO , CaO , Na_2O , K_2O . Анализ распределения петрогенных компонентов в породах свидетельствует о том, что метаосадки чиндантской свиты наиболее близки составу ВКК и более зрелые. В то время как породы ононской, усть-борзинской свит и Янканского террейна сложены незрелыми осадками (типа first cycle), в которых нарушены четкие ритмы осадконакопления, что связано, видимо, с формированием по механизму аккреционной призмы. Таким образом, изучаемые породы Ононского и Янканского террейнов представлены в основном, песчано-алевролитовыми разностями, с подчиненным количеством кремнистых разновидностей и пелитов.

Первое защищаемое положение.

Исходным материалом при формировании изученных толщ Ононского и Янканского террейнов послужили породы среднего-кислого состава - вулканогенный материал зрелых островных дуг и, возможно, активных континентальных окраин, что подтверждается данными петрохимических модулей и мультикомпонентными диаграммами макрокомпонентов.

ГЛАВА 3. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МЕТАОСАДОЧНЫХ ПОРОД ОНОНСКОГО И ЯНКАНСКОГО ТЕРРЕЙНОВ

3.1. Редкоземельная характеристика метаосадочных пород ононской и чиндантской свит Оловянинско-Чиндантского участка Ононского террейна

Редкоземельные элементы являются важнейшими индикаторами осадочных процессов [Тейлор, Мак-Леннан, 1988 и др.]. Терригенные породы, с одной стороны, имеют смешанный, усредненный характер распределения REE. С другой, в них сохраняются некоторые черты преобладающих пород источника сноса материала осадков.

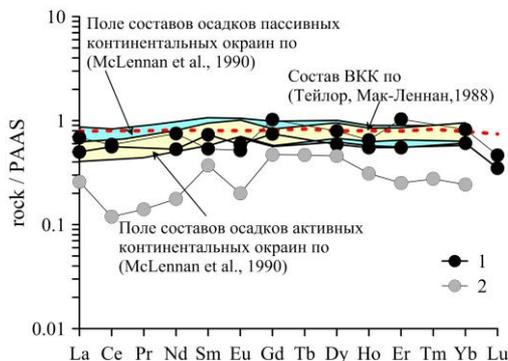


Рис. 3.1.1. Спектры распределения редкоземельных элементов в метапесчаниках чиндантской (1) и ононской (2) свит, нормированные к ПААС (постаршейский средний глинистый сланец Австралии [Тейлор, Мак-Леннан, 1988]).

Редкоземельные спектры метатерригенных пород чиндантской свиты (рис. 3.1.1) имеют однотипный характер и приближены к спектру верхней континентальной коры (ВКК). В спектрах РЗЭ практически отсутствует Eu-аномалия ($Eu/Eu^*_{nPAAS} = 0.67-0.80$), $Ce/Ce^*_{nPAAS} = 0.92-1.06$, $La/Yb_{nPAAS} = 0.82-0.83$, $Gd/Yb_{nPAAS} = 1.22-1.24$. Близость составов метапесчаников чиндантской свиты к ВКК предполагает, что их формирование происходило за счет разрушения пород зрелой континентальной коры. На график (рис. 3.1.1) также нанесены поля составов осадков пассивных и активных континентальных окраин в качестве возможных источников сноса материала. Для метапесчаников чиндантской свиты прослеживается тенденция близости редкоземельных спектров к ним. Метапесчаник ононской свиты отличается иным характером поведения редкоземельных элементов, более низкими содержаниями Се-группы РЗЭ по сравнению с чиндантскими метапесчаниками и редкоземельным составом ВКК. Для метапесчаника ононской свиты характерно наличие отрицательной Eu-аномалии ($Eu/Eu^*_{nPAAS} = 0.48$), Се-аномалии ($Ce/Ce^*_{nPAAS} = 0.59$), $La/Yb_{nPAAS} = 1.05$. Отношение $Gd/Yb_{nPAAS} = 1.93$ характеризует полого-наклонное распределение в области тяжелых РЗЭ.

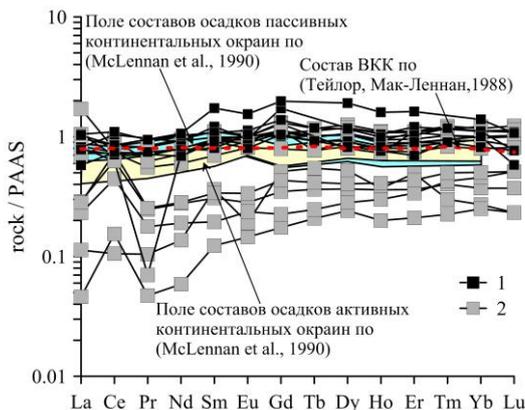


Рис. 3.1.2. Спектры распределения редкоземельных элементов в метаалевролитах чиндантской (1) и ононской (2) свит, нормированные к ПААС (постаршейский средний глинистый сланец Австралии [Тейлор, Мак-Леннан, 1988]).

В слабо дифференцированных спектрах распределения РЗЭ метаалевролитов чиндантской свиты также прослеживается сходство с поведением РЗЭ в среднем составе ВКК, и даже превышен уровень их накопления в последней (рис. 3.1.2). Видимо, источником их обломочного материала служили также породы близкого к ВКК состава, что было отмечено при анализе положения метаалевролитов этой свиты на петрохимических диаграммах. Характерно наличие отрицательной Eu-аномалии (величина $Eu/Eu^*_{nPAAS} = 0.65-1.14$), $Ce/Ce^*_{nPAAS} = 0.91-1.12$, $La/Yb_{nPAAS} = 0.58-0.95$, $Gd/Yb_{nPAAS} = 1.04-1.56$.

В метаалевролитах ононской свиты отмечаются более низкие концентрации РЗЭ в сравнении с ВКК. Присутствие Се-максимумов объясняется подвижностью этого элемента в условиях теплого, влажного климата в бассейнах осадконакопления. Величина $Eu/Eu^*_{nPAAS} = 0.44-1.12$, $Ce/Ce^*_{nPAAS} = 0.95-3.31$, $La/Yb_{nPAAS} = 0.18-1.05$, $Gd/Yb_{nPAAS} = 0.49-1.89$.

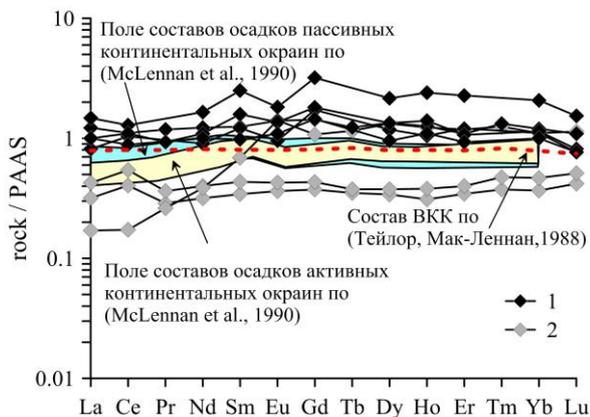


Рис. 3.1.3. Спектры распределения редкоземельных элементов в метааргиллитах чиндантской (1) и ононской (2) свит, нормированные к PAAS (постархейский средний глинистый сланец Австралии [Тейлор, Мак-Леннан,1988]).

Прослеживается обогащение тяжелыми редкоземельными элементами, а также близость к спектрам распределения РЗЭ в базальтах. Видимо, немаловажную роль при накоплении осадков этой

свиты играли основные магматические породы. Спектры РЗЭ в метааргиллитах чиндантской свиты также слабо дифференцированы (рис. 3.1.3). Содержания РЗЭ в них заметно выше уровня ВКК и выше эталонных полей осадков континентальных окраин. Для метааргиллитов чиндантской свиты величина $Eu/Eu^*_{nPAAS} = 0.64-1.04$, $Ce/Ce^*_{nPAAS} = 0.93-1.11$, $La-Yb_{nPAAS} = 0.71-1.02$, $Gd/Yb_{nPAAS} = 1,19-1,58$. Метааргиллиты ононской свиты имеют более низкий уровень накопления РЗЭ в сравнении с ВКК и аргиллитами чиндантской свиты. Величина $Eu/Eu^*_{nPAAS} = 0.99-1.59$, $Ce/Ce^*_{nPAAS} = 0.79-1.39$, $La-Yb_{nPAAS} = 0.15-0.91$, $Gd/Yb_{nPAAS} = 0,92-1,01$.

Метакремни ононской свиты характеризуются слабовыраженной Eu-аномалией ($Eu/Eu^*_{nPAAS} = 0,92-1,49$), $Ce/Ce^*_{nPAAS} = 0.69-0.97$, $La-Yb_{nPAAS} = 0.69-0.93$. Одна проба близка к спектру распределения РЗЭ в ВКК, при этом незначительно превышает его. Другая проба идентична глубоководным кремнистым осадкам, формирующимся вдали от континентальных склонов [Plank, Langmuir,1998]. В ней отмечается преобладание тяжелых РЗЭ над легкими ($Gd/Yb_{nPAAS} = 1,14-1,21$).

3.2. Редкоземельная характеристика метаосадочных пород усть-борзинской свиты Агинского участка Ононского террейна

В метапесчаниках усть-борзинской свиты тренды РЗЭ имеют деплетированный характер в отношении легких редкоземельных элементов (La/Sm_{nPAAS}) варьирует от 0,54 до 0,85 (рис. 3.2.1). Величина $Eu/Eu^*_{nPAAS} = 1.18-1.29$, $Ce/Ce^*_{nPAAS} = 0.92-1.08$, $La/Yb_{nPAAS} = 0.38-1.15$, $Gd/Yb_{nPAAS} = 0.76-1.12$. Концентрация легких РЗЭ ниже, чем в среднем составе ВКК.

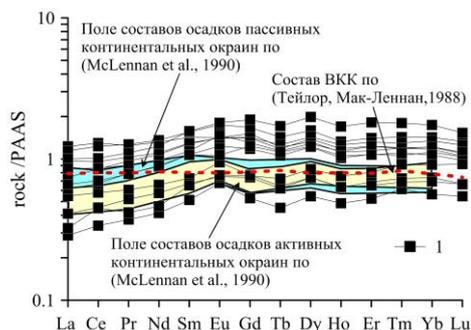
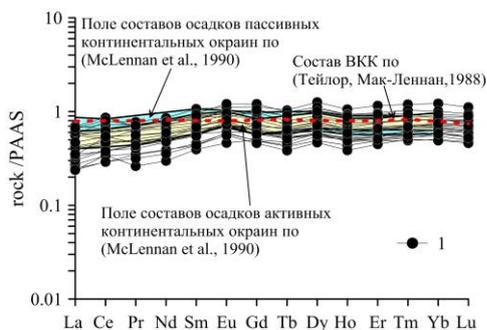


Рис. 3.2.1. Спектры распределения редкоземельных элементов в метапесчаниках усть-борзинской (1) свиты, нормированные к PAAS (постархейский средний глинистый сланец Австралии [Тейлор, Мак-Леннан,1988]).

Рис. 3.2.2. Спектры распределения редкоземельных элементов в метаалевролитах (1) усть-борзинской свиты, нормированные к PAAS (постархейский средний глинистый сланец Австралии [Тейлор, Мак-Леннан,1988]).

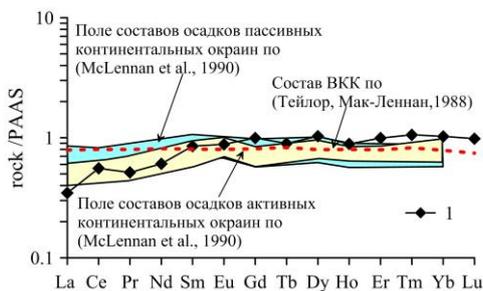


Рис. 3.2.3. Спектры распределения редкоземельных элементов в метааргиллите (1) усть-борзинской свиты, нормированные к PAAS (постархейский средний глинистый сланец Австралии [Тейлор, Мак-Леннан,1988]).

Часть спектров РЗЭ метапесчаников (рис. 3.2.1) попадает в эталонные поля осадков активных и пассивных континентальных окраин, а другая часть опускается существенно ниже их, что свидетельствует о добавке основного вулканогенного материала. В метаалевролитах (рис. 3.2.2) величина $Eu/Eu^*_{nPAAS} = 0.96-1.26$, $Ce/Ce^*_{nPAAS} = 0.96-1.05$, $La/Yb_{nPAAS} = 0.74-1.05$, $Gd/Yb_{nPAAS} = 1.04-1.29$. В некоторых пробах спектры РЗЭ превышают уровень накопления РЗЭ в ВКК, а также заметно выше эталонных полей. Наблюдается тенденция обеднения легкими редкоземельными элементами относительно тяжелой части спектра. Для метааргиллита (рис. 3.2.3) величина $Eu/Eu^*_{nPAAS} = 0.96$, $Ce/Ce^*_{nPAAS} = 1.29$, $La/Yb_{nPAAS} = 0.34$, $Gd/Yb_{nPAAS} = 0.97$. Спектр РЗЭ аргиллита характеризуется некоторым снижением Ce редких земель, сопоставимых с полем осадков АКО.

3.3. Редкоземельная характеристика пород метаосадочной толщи S-D бассейна р. Туksi Янканского террейна

Метапесчаники террейна характеризуются величинами $Eu/Eu^*_{nPAAS} = 0.48-0.94$, $Ce/Ce^*_{nPAAS} = 0.54-1.53$, $La/Yb_{nPAAS} = 0.37-1.11$, $Gd/Yb_{nPAAS} = 0.69-1.12$. Расположение спектров РЗЭ метапесчаников превышает уровень накопления РЗЭ в ВКК (рис. 3.3.1). Появление в спектрах REE Eu -минимума свидетельствует о преобладании гранитного материала в источнике сноса.

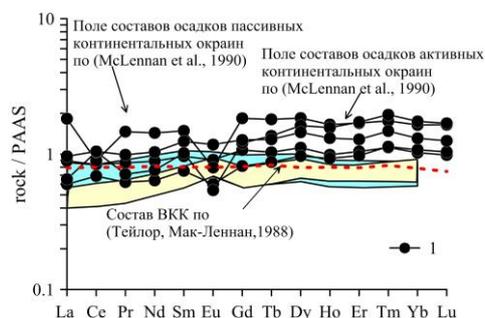


Рис. 3.3.1. Спектры распределения редкоземельных элементов в метапесчаниках (1) Янканского террейна, нормированные к PAAS (постархейский средний глинистый сланец Австралии [Тейлор, Мак-Леннан, 1988]).

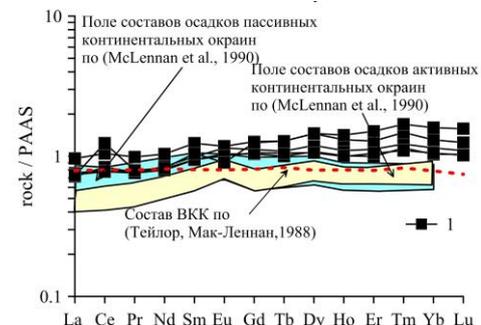


Рис. 3.3.2. Спектры распределения редкоземельных элементов в метаалевролитах (1) Янканского террейна, нормированные к PAAS (постархейский средний глинистый сланец Австралии [Тейлор, Мак-Леннан, 1988]).

Редкоземельные спектры метаалевролитов располагаются заметно выше уровня ВКК (рис. 3.3.2) и выходят за границы полей осадков континентальных окраин. Имеется тенденция обогащения в тяжелой части спектра ($Gd/Yb_{nPAAS} = 0.98-1.00$). Величина $Eu/Eu^*_{nPAAS} = 0.78-1.09$, $Ce/Ce^*_{nPAAS} = 1.03-1.21$, $La/Yb_{nPAAS} = 0.46-0.74$. Уровень накопления легких редкоземельных элементов в метакремнях Янканского террейна значительно ниже среднего состава ВКК, что характерно для глубоководных кремнистых осадков. Эти породы имеют величины $Eu/Eu^* = 0.82-1.00$, $Ce/Ce^* = 0.69-3.53$, $La/Yb_n = 0.22-0.99$, $Gd/Yb_n = 0.68-1.30$.

3.4. Многокомпонентная микроэлементная характеристика метаосадочных пород ононской и чиндантской свит Оловянинско-Чиндантского участка Ононского террейна

Метапесчаники ононской свиты по сравнению со средним составом ВКК обеднены Va , Nb , La , Ce , Sr , Nd , Gd , Ti , Dy , Er , Li , Y , Co , Sc , V , Cr (рис. 3.4.1). Превышают уровень ВКК концентрации Rb , Th , U , Pb . Низкие концентрации Co и V говорят об отсутствии примеси органического вещества в метапесчаниках ононской свиты. В метапесчаниках чиндантской свиты концентрации микроэлементов немного ниже, чем в среднем микроэлементном составе ВКК. Незначительно превышен уровень концентрации Gd и Li . В метаалевролитах ононской свиты наблюдается существенное обеднение всеми микрокомпонентами относительно ВКК, за исключением Rb , Th , U , La , Ce , Pb , Gd , Dy , Ni , Sc . В метаалевролитах чиндантской свиты концентрация Va превышает почти в два раза уровень накопления элементов в ВКК (рис. 3.4.2). Отмечены низкие содержания Rb , Nb , Sr , Co . Чем более отсортированные и созревшие осадки,

тем ближе их спектры к верхней континентальной коре. Соответственно, наиболее зрелая свита – чиндантская, менее зрелая – ононская. Большинство составов пород чиндантской и ононской свит на бинарной диаграмме TiO_2-Ni [Floyd et al, 1989] принадлежат полю кислых вулканитов, вероятно, послуживших исходным, материнским материалом для их формирования. Некоторые точки составов пород ононской свиты с содержанием Ni (менее 25 г/т) и TiO_2 соответственно, а также чиндантской свиты несколько тяготеют к осадочным трендам, а не к магматогенным. Это можно объяснить участием переотложенного карбонатного материала.

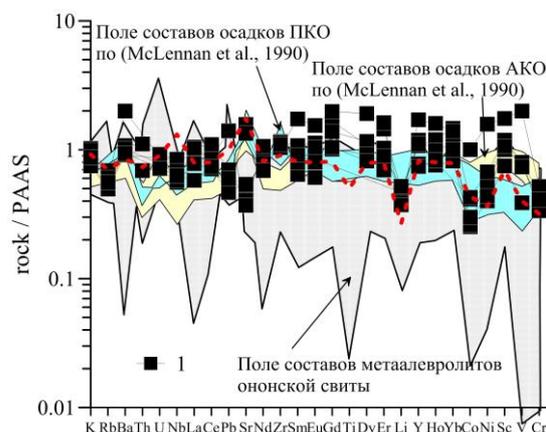
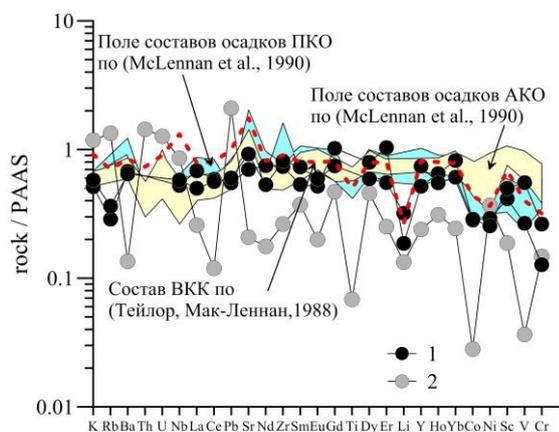
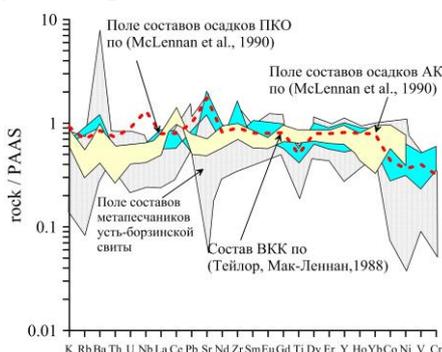


Рис. 3.4.1. Нормированный спектр распределения редких элементов в метапесчаниках чиндантской (1) и ононской (2) свит.

Рис. 3.4.2. Нормированный спектр распределения редких элементов в метаалевролитах чиндантской (1) и ононской (показана полем) свит. Пунктиром показан валовый состав верхней континентальной коры.

3.5. Многокомпонентная микроэлементная характеристика метаосадочных пород усть-борзинской свиты Агинского участка Ононского террейна



По сравнению со спектром ВКК в метапесчаниках усть-борзинской свиты наблюдаются пониженные относительно эталона концентрации элементов группы железа – Co , Ni , V , повышенная концентрация Ba , незначительно превышают уровень ВКК Pb , Zr , Eu , Gd (рис. 3.5.1).

Рис. 3.5.1. Нормированный спектр распределения редких элементов в метапесчаниках (показаны полем) усть-борзинской свиты.

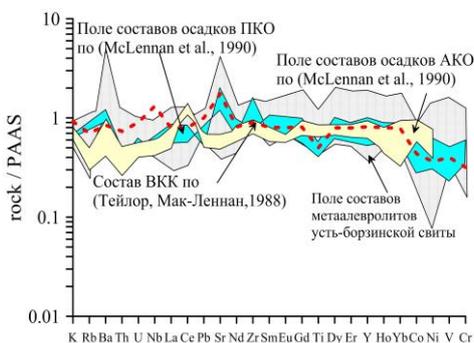
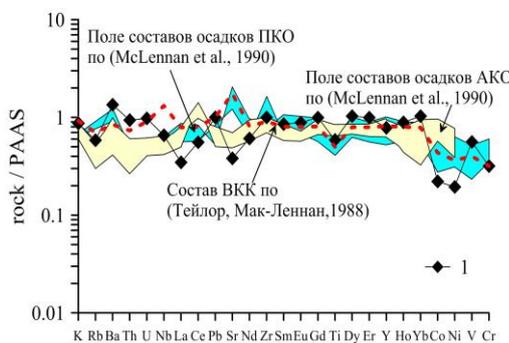


Рис. 3.5.2. Нормированный спектр распределения редких элементов в метаалевролитах (показаны полем) усть-борзинской свиты.

Рис. 3.5.3. Нормированный спектр распределения редких элементов в метааргиллите (1) усть-борзинской свиты.



В метаалевролитах этой свиты сохраняется положительная аномалия по Ba , но Sr наоборот дает глубокий минимум, также как и элементы группы железа (рис. 3.5.2). В

аргиллите концентрации почти всех элементов наиболее близки к составу ВКК (рис. 3.5.3). Соотношения TiO_2 и Ni в метаосадках свидетельствуют о том, что источником метатерригенных пород были кислые-средние магматические породы. То, что большинство точек группируется в поле магматических пород, не проходя по линии дифференциации осадочных пород, говорит, что это незрелые осадки (типа first cycle). Однако отклонение части составов пород в сторону осадочного карбонатного тренда свидетельствует о переотложении карбонатных пород при накоплении осадков (типа second cycle).

3.6. Многокомпонентная микроэлементная характеристика пород метаосадочной толщи S?-D бассейна р. Тукси Янканского террейна

В метапесчаниках Янканского террейна концентрации большинства элементов выше, чем в среднем составе ВКК. Прослеживается обогащение Th, U, Dy, Er, Y, Yb, но минимумы содержаний элементов группы железа (рис. 3.6.1). Микроэлементные спектры метаалевролитов Янканского террейна схожи с предыдущим типом пород (см. рис. 3.6.2).

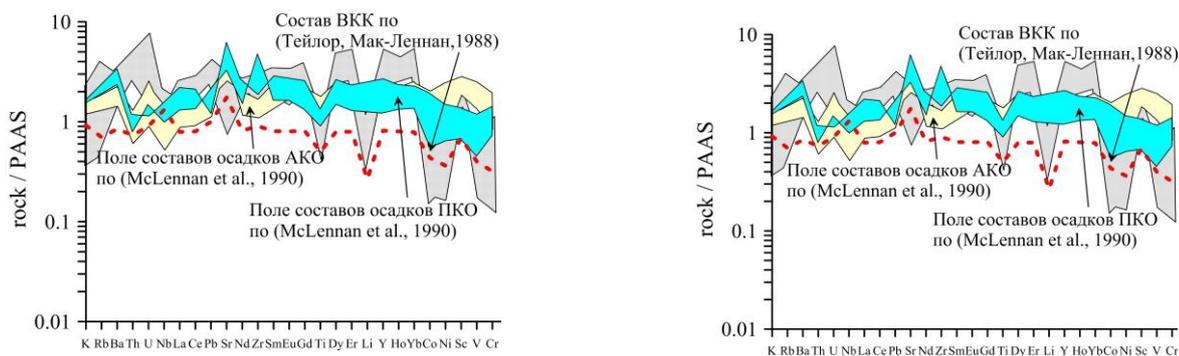


Рис. 3.6.1. Нормированный спектр распределения редких элементов в метапесчаниках (показаны полем) Янканского террейна.

Рис. 3.6.2. Нормированный спектр распределения редких элементов в метаалевролитах (показаны полем) Янканского террейна.

Относительно среднего состава ВКК мультикомпонентные спектры силицитов Янканского террейна характеризуются пониженными значениями концентраций литофильных и легких РЗЭ. При этом наблюдается близость к эталонному полю глубоководных осадков с более явным разбросом значений по некоторым пробам (минимумы по Sr, Zr, Ti и Li). На диаграмме TiO_2 -Ni для метаосадочных пород Янканского террейна наблюдается приуроченность большинства проб к полю магматических кислых и средних пород, а также к осадочному тренду карбонатных осадков.

Краткие выводы. Распределение микроэлементов в породах Ононского и Янканского террейнов свидетельствует, что последние формируют линзы флишoidных толщ разного состава. Ононская свита Ононского террейна является менее зрелой, так как представляет собой смесь разного по составу терригенного материала с вкладом средних - основных пород, а чиндантская свита Ононского террейна - более зрелая, состоящая из метаалевролитов и аргиллитов, близких по составу ВКК. Часть чиндантской свиты, обогащенная Mn и Fe, формировалась в более глубоководных условиях, о чем свидетельствует группа железо-марганцевистых сланцев в ее составе. Усть-борзинская свита Агинского участка также представлена смесью грубозернистого неотсортированного материала и алевролитов, в меньшей степени аргиллитов, близких по составу к ВКК. В толще метаосадочных пород Янканского террейна метапесчаники и метаалевролиты близки по редкоземельному составу к ВКК. Близость или удаленность редкоэлементного состава метаосадков к составу ВКК свидетельствует об изменении во времени роли различных источников материала при их формировании (зрелых островных дуг или активных континентальных окраин) и частично об участии переотложенного осадочного материала (second cycle).

Второе защищаемое положение.

Распределение микроэлементов в главных разновидностях пород Ононского и Янканского террейнов показывает, что наиболее зрелый материал накапливался в чиндантской свите. В ононской и усть-борзинской свитах более низкие по сравнению с ВКК значения и резкие колебания уровня редких элементов свидетельствуют о меньшей зрелости пород этих толщ и о вкладе разных источников сноса. Метаосадки Янканского террейна занимают промежуточное положение по степени зрелости осадков.

ГЛАВА 4. ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ МЕТАОСАДОЧНЫХ ПОРОД ОНОНСКОГО И ЯНКАНСКОГО ТЕРРЕЙНОВ МОНГОЛО-ОХОТСКОГО ОРОГЕННОГО ПОЯСА

4.1. Геодинамическая типизация метаосадочных пород ононской и чиндантской свит Оловянинско-Чиндантского участка Ононского террейна по литохимическим и геохимическим данным

Разработанные к настоящему времени дискриминационные диаграммы для геодинамической типизации осадочных пород опираются на вариации в последних как петрогенных компонентов, так микроэлементов [Bhatia, 1983; Bhatia, Crook, 1986]. Важной составной частью полимиктовых пород является присутствие в них обломков вулканитов основного и среднего состава. Для островных дуг, с которыми связано формирование аккреционных призм, аккумулирующих огромный объем терригенных осадков, поставщиками такого обломочного материала служат вулканы преимущественно известково-щелочной специфики. Поэтому, в качестве объекта сравнения на ряд диаграмм нанесено поле известково-щелочных вулканических пород основного и среднего состава Курило-Камчатской островной дуги [Фролова и др., 1985, 1989], а также поле вулканитов Каменского островодужного террейна Монголо-Охотского орогенного пояса [Дриль, Кузьмин, 1998]. На бинарной диаграмме М.Р. Бхатия [Bhatia, 1983] $Al_2O_3/SiO_2 - (Fe_2O_3^* + MgO)$ (рис. 4.1.1) составы метапесчаников и метаалевролитов обеих свит группируются главным образом внутри поля В или его ближайшей окрестности, что характерно для осадочных пород островных дуг. Это подтверждается и соответствием полю составов вулканитов Курило-Камчатской островной дуги и Каменского террейна в области умеренных величин Al_2O_3/SiO_2 и низких значений суммы $Fe_2O_3^* + MgO$, что отвечает составам кислых андезитов и дацитов. Следует отметить, что единичные составы метапесчаников и метаалевролитов как ононской, так и чиндантской свит тяготеют к полю С диаграммы М.Р. Бхатия, соответствующему осадкам активных континентальных окраин.

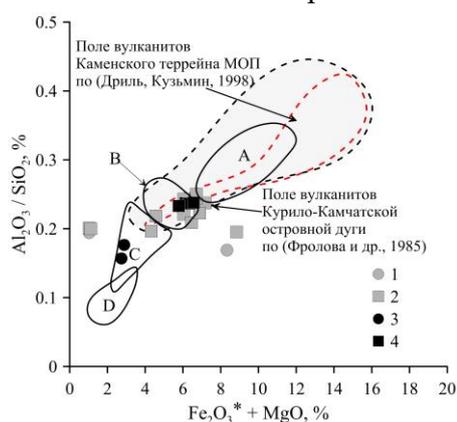


Рис. 4.1.1. Дискриминационная диаграмма М.Р. Бхатия $Al_2O_3/SiO_2 - (Fe_2O_3^* + MgO)$ (вес. %) для метапесчаников и метаалевролитов ононской и чиндантской свит Оловянинско-Чиндантского участка Ононского террейна. Условные обозначения: 1, 2 – ононская свита (1 – полимиктовые песчаники; 2 – алевролиты); 3, 4 – чиндантская свита (3 – полимиктовые песчаники; 4 – алевролиты). Поля, характеризующие песчаники из различных тектонических обстановок: А – океанические островные дуги, В – континентальные островные дуги, С – активная континентальная окраина, D – пассивная континентальная окраина.

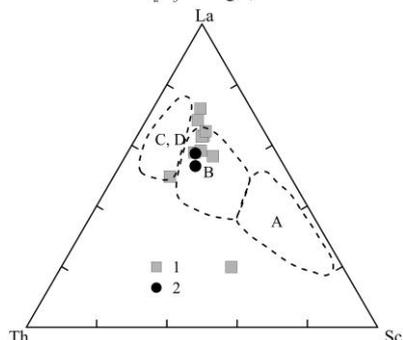


Рис. 4.1.2. Дискриминационная диаграмма Th-La-Sc [Bhatia, Crook, 1986] для метапесчаников и метаалевролитов ононской и чиндантской свит Оловянинско-Чиндантского участка Ононского террейна. Условные обозначения: 1 – метаалевролиты ононской свиты; 2 – метапесчаники чиндантской свиты. Поля, характеризующие песчаники из различных тектонических обстановок: см. рис. 4.1.1

На бинарной диаграмме $TiO_2 - (Fe_2O_3^* + MgO)$ наблюдается примерно сходное распределение проб метапесчаников и метаалевролитов обеих свит в полях В и С соответствующих геодинамическим обстановкам островных дуг и континентальных окраин. Причем большая часть составов метаосадков группируются именно в поле составов осадочных пород островных дуг. Принадлежность метапесчаников и метаалевролитов к геодинамической обстановке островных дуг и, в меньшей степени, активных континентальных окраин, выявленная на основе их петрохимического состава с помощью диаграмм М.Р. Бхатия, подтверждается и особенностями микроэлементного состава пород. Тройная диаграмма Th-La-Sc (рис. 4.1.2) показывает, что большинство составов исследованных метаосадочных пород онойской и чиндантской свит находятся в области составов осадков островных дуг, хотя намечающийся тренд составов в область обогащения легкими редкими землями – La, указывает на привнос в осадки обогащенного сиалического материала. На диаграмме [Bhatia, Crook, 1986], использующей индикаторные геохимические параметры Ti/Zr и La/Sc, большая часть пород онойской свиты расположена в области С, соответствующей активной континентальной окраине, тогда как породы чиндантской свиты в большей мере локализованы в области В, отвечающей островной дуге. Таким образом, использование комплекса петрохимических и геохимических дискриминационных диаграмм для выяснения геодинамических условий формирования комплекса метаосадочных пород онойской и чиндантской свит позволяет сделать вывод о том, что последние формировались в геодинамической обстановке склона зрелой (континентальной) островной дуги и/или активной континентальной окраины.

4.2. Геодинамическая типизация метаосадочных пород усть-борзинской свиты Агинского участка Онойского террейна по литохимическим и геохимическим данным

Составы метапесчаников и метаалевролитов усть-борзинской свиты на дискриминационной диаграмме М.Р. Бхатия (рис. 4.2.1) располагаются в пределах трех полей – А, В и С. При этом метапесчаники принадлежат исключительно полю составов, соответствующих осадочным породам активных континентальных окраин, тогда как метаалевролиты группируются в поле зрелых (континентальных) островных дуг, а три состава метаалевролитов попадают в поле осадков океанических островных дуг. Кроме того, все составы метаалевролитов находятся в поле вулканитов Курило-Камчатской островной дуги и Каменского террейна.

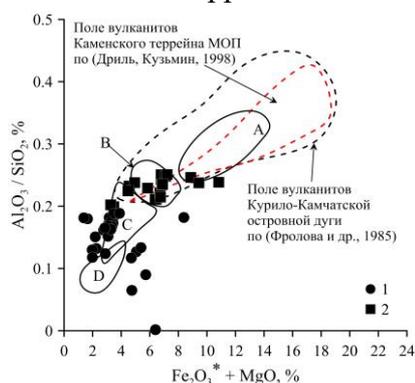


Рис.4.2.1. Дискриминационная диаграмма Бхатия $Al_2O_3/SiO_2 - (Fe_2O_3^* + MgO)$ (вес. %) для метапесчаников и метаалевролитов усть-борзинской свиты Агинского участка Онойского террейна. Условные обозначения: 1 – полимиктовые песчаники, 2 – алевролиты. Поля, характеризующие песчаники из различных тектонических обстановок: А – океанические островные дуги, В – континентальные островные дуги, С – активная континентальная окраина, D – пассивная континентальная окраина.

Таким образом, можно предположить, что метаалевролиты усть-борзинской свиты содержат в своем составе добавку материала, поступившего из области сноса с континентальной и, отчасти, внутриокеанической островной дуги. В составе метапесчаников в большей степени проявлен источник кислого магматического материала, связанного с активной континентальной окраиной. Распределение составов пород на диаграмме в координатах $TiO_2 - (Fe_2O_3^* + MgO)$ подтверждает сделанные выводы. Дискриминационная диаграмма [Bhatia, Crook, 1986] в координатах La-Th демонстрирует широкие вариации в метаосадочных породах как концентраций La и Th, так и степени вариаций величины отношения La/Th. Так, в метаалевролитах содержания La достигают 48 мкг/г по сравнению с метапесчаниками, где максимальное содержание La не превышает 28 мкг/г. Метаалевролиты также несколько более обогащены Th по сравнению с метапесчаниками. Большая часть составов метапесчаников и метаалевролитов усть-борзинской свиты, имеющих величины La/Th=2-4, группируются в поле В составов осадочных пород зрелых (континентальных) островных дуг. Таким образом,

метапесчаники усть-борзинской свиты обнаруживают связь с геодинамической обстановкой активной континентальной окраины, тогда как метаалевролиты группируются в поле составов осадков зрелых (континентальных) островных дуг.

4.3. Геодинамическая типизация метаосадочных пород толщи S?-D бассейна р. Тукси Янканского террейна по литохимическим и геохимическим данным

Составы метапесчаников и метаалевролитов ранне-среднедевонской метаосадочной толщи Янканского террейна на дискриминационной диаграмме М.Р. Бхатия в координатах $Al_2O_3/SiO_2 - (Fe_2O_3^* + MgO)$ (рис. 4.3.1) располагаются в пределах двух полей – В и С. При этом отчетливо проявлена тенденция к накоплению фемической составляющей и росту глиноземистости пород с увеличением в последних доли тонкозернистой составляющей. Так, составы метапесчаников группируются в поле С (активные континентальные окраины), характеризующимся повышенной кремнекислотностью и умеренной фемичностью осадков. Тогда как составы метаалевролитов группируются в поле В диаграммы, соответствующем осадкам зрелых (континентальных) островных дуг. Аналогичный характер распределения составов метаосадков пород толщи S?-D бассейна р. Тукси Янканского террейна наблюдается и на дискриминационной диаграмме $TiO_2 - (Fe_2O_3^* + MgO)$.

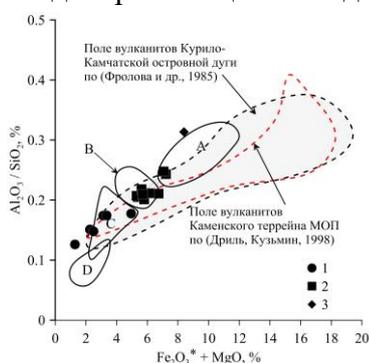


Рис. 4.3.1. Дискриминационная диаграмма Бхатия $Al_2O_3/SiO_2 - (Fe_2O_3^* + MgO)$ (вес. %) для метапесчаников и метаалевролитов метаосадочной толщи S?-D бассейна р. Тукси Янканского террейна. Условные обозначения: 1 – полимиктовые песчаники, 2 – алевролиты, 3 – аргиллит. Поля, характеризующие песчаники из различных тектонических обстановок: А – океанические островные дуги, В – континентальные островные дуги, С – активная континентальная окраина, D – пассивная континентальная окраина.

Вариации La и Th [Bhatia, Crook, 1986] в метапесчаниках рассматриваемой осадочной толщи значительны. Концентрации La лежат в пределах от 20 до 70 мкг/г, а Th - от 15 до 25 мкг/г. Величина La/Yb лежит в пределах 1.0 – 2.5. Столь широкий масштаб вариаций химического состава метапесчаников, вызванный, вероятно, существенным осадочным фракционированием аксессуарных фаз, либо турбидитным осадконакоплением исключает возможность их уверенной геодинамической типизации по выбранным геохимическим критериям. Составы метаалевролитов более однородны и соответствуют зрелых (континентальных) островных дуг. На трехкомпонентной диаграмме Th-La-Sc (рис. 4.3.2) эта закономерность выражено более отчетливо, т.к. в пределах поля В кроме метаалевролитов оказывается и большинство составов метапесчаников. На дискриминационной диаграмме $Ti/Zr - La/Sc$ составы как метапесчаников, так и метаалевролитов осадочной толщи S?-D лежат в поле В составов осадочных пород зрелых (континентальных) островных дуг, подтверждая все выводы, сделанные выше.

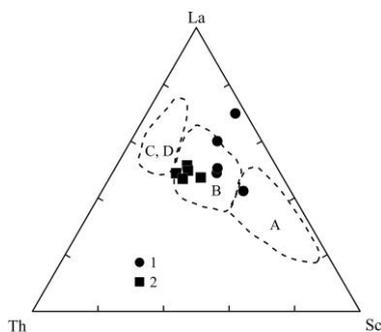


Рис. 4.3.2. Дискриминационная диаграмма Th-La-Sc [Bhatia, Crook, 1986] для метапесчаников и метаалевролитов метаосадочной толщи S?-D бассейна р. Тукси Янканского террейна. Условные обозначения см. на рис. выше.

Таким образом, составы метапесчаников осадочной толщи S?-D бассейна р. Тукси группируются в поле В и в меньшей степени в поле С (активные континентальные окраины), характеризующимся повышенной кремнекислотностью и умеренной фемичностью осадков. Тогда как составы метаалевролитов группируются в поле В диаграммы, соответствующем осадкам зрелых континентальных островных дуг.

Краткие выводы. Таким образом, использование комплекса петрохимических и геохимических дискриминационных диаграмм для выяснения геодинамических условий

формирования исследованных метаосадочных пород показало следующее. Породы онойской и чиндантской свит формировались в геодинамической обстановке склона зрелой (континентальной) островной дуги и/или активной континентальной окраины. Метапесчаники усть-борзинской свиты обнаруживают связь с геодинамической обстановкой активной континентальной окраины, тогда как метаалевролиты группируются в поле составов осадков зрелых (континентальных) островных дуг. Геохимические особенности метаосадков осадочной толщи S?-D бассейна р. Тукси указывают на их принадлежность к геодинамической обстановке зрелых континентальных островных дуг.

Третье защищаемое положение.

Метаосадочные породы Онойского и Янканского террейнов формировались из терригенного материала при разрушении вулканитов зрелых континентальных островных дуг и активной континентальной окраины, а также при переотложении осадочных пород.

ГЛАВА 5. ИЗОТОПНЫЕ Sm-Nd ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТАОСАДОЧНЫХ ПОРОД ОНОЙСКОГО И ЯНКАНСКОГО ТЕРРЕЙНОВ МОНГОЛО-ОХОТСКОГО ОРОГЕННОГО ПОЯСА

Первыми работами по исследованию изотопного состава Nd в терригенных осадочных породах [McCulloch, Wasserburg, 1978; O'Nions et al., 1983; Nelson, DePaolo, 1988] было показано, что отношения Sm/Nd терригенных осадочных породах – песчаниках, алевролитах, аргиллитах изменяются крайне незначительно и сходны с таковыми в магматических и метаморфических породах, из которых произошли осадки [Фор, 1989]. Исходя из этого был сделан вывод, что отношения Sm/Nd не претерпевают существенных изменений в результате процессов выветривания, переноса, отложения осадков и их диагенеза. Это свойство может быть использовано для выявления источников терригенного осадочного материала. Изотопные Sm-Nd системы магматических пород и осадочных образований широко используются для выявления изотопной структуры и особенностей формирования вещественного состава континентальной коры [Nelson, DePaolo, 1988; Liew, Hofmann, 1988; Коваленко и др., 1999; Pfander et al., 2002; Yamamoto et al., 2009]. Для Центрально-Азиатского орогенного пояса разработана схема изотопного Sm-Nd районирования континентальной коры [Коваленко и др., 1996; Коваленко и др., 1999; Jahn et al., 2000; Kovalenko et al., 2004; Gordienko, 2021], где выделены следующие возрастные провинции (T(DM)Nd млн.лет): архейская (>2600), раннепротерозойская (2000-2600), рифейская (1100-1650), раннекаледонская (600-950), герцинская (500-700), раннемезозойская (300-400) [Коваленко и др., 1999, Kovalenko et al., 2004]. Величины модельных возрастов $T_{Nd}(DM-2)$ для пород онойской, чиндантской и усть-борзинской свит демонстрируют некоторое уменьшение величин модельных Sm-Nd возрастов с омоложением геологического возраста пород: 1050-1570 Ma, 1080-1100 Ma и 755-1350 Ma соответственно. Это свидетельствует о закономерной смене изотопных составов источников осадочного материала от более «древних» к более «молодым». Подобная тенденция намечается и в поведении величины $\epsilon Nd(t)$ пород (рис. 5.1). Изотопный состав Nd в исследованных метаосадочных породах характеризуется главным образом слабоотрицательными величинами $\epsilon Nd(t) = -7.0 - (+0.7)$, но присутствуют и слабоположительные значения $\epsilon Nd(t) = 0.7 - (+4.8)$. Последние наблюдаются только в отложениях чиндантской и усть-борзинской свит и могут свидетельствовать о привносе более молодого вулканогенного материала. Исследованные метатерригенные породы тунгалинской и дугдинской свит Янканского террейна имеют изотопные Sm-Nd характеристики, аналогичные породам Онойского террейна (рис. 5.2). Величины модельных возрастов $T_{Nd}(DM-2)$ лежат в пределах 1075-1263 MA при слабой изменчивости величин $\epsilon Nd(t) = (-1.2) - (+1.1)$. В целом очевидно, что Sm-Nd изотопные характеристики метаосадочных пород Онойского и Янканского террейнов МОП, обладая величинами $\epsilon Nd(t) = -7.0 - (+0.7)$, 1050-1570 Ma, соответствуют области эволюции изотопного состава Nd неопротерозойской коры Центрально – Азиатского орогенного пояса (ЦАОП). Можно заключить, что главным источником осадочного материала, поступавшего в Монголо-

Охотский палеоокеанический бассейн, служила континентальная кора сопредельных орогенных образований ЦАОП.

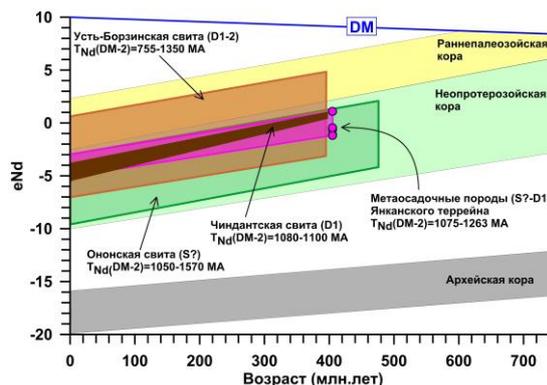
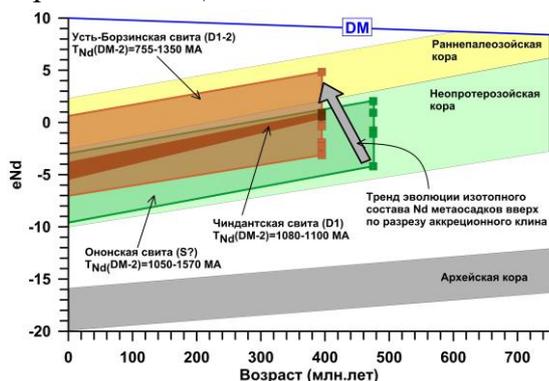


Рис. 5.1. Диаграмма eNd – "Возраст" для метаосадочных пород Ононского террейна аккреционного клина МОП. Условные обозначения: 1 – метаосадочные породы ононской свиты; 2 – метаосадочные породы усть-борзинской свиты; 3 – метаосадки чиндантской свиты.

Рис. 5.2. Диаграмма eNd – "Возраст" для метаосадочных пород Янканского террейна аккреционного клина МОП. Условные обозначения: 1 – метаосадочные породы толщи S?-D бассейна р.Тукси.

Имеющиеся к настоящему времени региональные Sm-Nd изотопные данные [Сорокин и др., 2012; Смирнова и др., 2013; Сорокин и др., 2015; Дриль и др., 2017, 2018] - $T_{Nd(DM-2)}=1210-1470$ Ma, позволяют связать источник сноса осадочного материала с южной группой террейнов, обрамляющих МОП и прежде всего с Аргунским супертеррейном. Породы террейнов северного обрамления МОП, например, Западно-Станового, обладают существенно иными Sm-Nd изотопными характеристиками - $T_{Nd(DM-2)}>1800$ Ma [Сорокин и др., 2015; Дриль и др., 2018] и поэтому не могут рассматриваться в качестве значимого источника осадочного материала. Исходя из проведенного выше анализа вариаций изотопного состава Nd в породах Ононского и Янканского террейнов аккреционного клина МОП можно сделать вывод, являющийся защищаемым положением.

Четвертое защищаемое положение.

Изотопные Sm-Nd характеристики метаосадочных пород Ононского и Янканского террейнов МОП, обладавая величинами $eNd(t) = -7.0 (+0.7)$, 1050-1570 Ma, соответствуют области эволюции изотопного состава Nd неопротерозойской коры Центрально-Азиатского орогенного пояса. Источник сноса осадочного материала, поступавшего в палеобассейн, был связан с южной группой террейнов, обрамляющих МОП и прежде всего с Аргунским супертеррейном.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Произведено петрографическое, геохимическое описание пород Ононского и Янканского террейнов МОП. Оно показало, что в составе этой крупной аккреционной призмы преобладают метаосадочные породы, ближе всего сопоставимые с флишеидными толщами с разным соотношением метатерригенного и вулканогенного материала. Показано, что метаосадки ононской, чиндантской и усть-борзинской свит Ононского и ранне-среднедевонской метаосадочной толщи Янканского террейнов метаморфизованы в условиях серицит-хлоритовой субфации зеленосланцевой фации регионального метаморфизма. Судя по наличию в породах стильпномелана и отсутствию биотита, температуры метаморфизма не превышали 350-360 °С. Все свиты сложены близкими литотипами метаосадков. Свиты различаются только соотношением пород разной зернистости и количеством прослоев вулканитов и линз известняков и яшмоидов. Поэтому для уточнения условий их формирования и изотопных характеристик является актуальным петрогеохимическое изучение метатерригенных пород данной аккреционной структуры. Диаграммы петрохимических модулей, в частности АМ и ГМ, и мультикомпонентные диаграммы макрокомпонентов свидетельствуют о том, что исходным материалом при формировании изучаемых толщ

послужили островодужные породы, вероятнее всего среднего-кислого состава (вулканогенный материал зрелых островных дуг). Распределение редких элементов в главных разновидностях пород Ононского и Янканского террейнов показывает, что наиболее зрелый материал накапливался в чиндантской свите, тогда как в ононской и усть-борзинской свитах более низкие по сравнению с ВКК значения и резкие колебания уровня редких элементов свидетельствуют о меньшей зрелости пород этих толщ. Метаосадки Янканского террейна занимают промежуточное положение по степени зрелости осадков. Метаосадочные породы ононской, чиндантской и усть-борзинской свит Ононского террейна, а также метаосадков осадочной толщи S²-D бассейна р. Тукси Янканского террейна формировались из терригенного материала при разрушении вулканитов зрелых островных дуг, и возможно, в обстановке активной континентальной окраины. Изотопные Sm-Nd характеристики метаосадочных пород Ононского и Янканского террейнов МОП, обладая величинами $eNd(t) = -7.0 - (+0.7)$, 1050-1570 МА, соответствуют области эволюции изотопного состава Nd неопротерозойской коры Центрально-Азиатского орогенного пояса. Источник сноса осадочного материала в палеобассейн был связан преимущественно с южной группой террейнов, обрамляющих МОП, и прежде всего с Аргунским супертеррейном.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых журналах:

1. **Носкова Ю.В.**, Дриль С.И., Сасим С.А., Зарубина О.В. Литохимические характеристики и геодинамическая природа метаосадочных пород ононской и чиндантской свит (Восточное Забайкалье) // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле». – 2016. – Т.18. – с. 105-127.
2. Дриль С.И., **Носкова Ю.В.**, Ковач В.П., Сасим С.А. Гранит-лейкогранитная серия пород Олёкминского комплекса Восточного Забайкалья: U-Pb LA-ICP-MS геохронология по цирконам и Sm-Nd изотопная систематика пород // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле». – 2020. – Т. 32. – с.32-41. DOI: 10.26516/2073-3402.2020.32.32
3. Dril S.I., **Noskova Yu.V.**, Wang K.-L., Belyaev V.A., Skuzovatov S.Yu., Grigoriev D.A., Belkov D.A. Geochronology and Sr-Nd isotope geochemistry of Late Paleozoic collisional granitoids of Undinsky complex (Eastern Transbaikalian region) // Geodynamics & Tectonophysics. – 2017. – V. 8 (3) – p.455-459. DOI: 10.5800/GT-2017-8-3-0261
4. Skuzovatov S. Yu., **Noskova Yu. V.**, Dril S. I., Wang K.-L., Iizuka Y. Geochemistry, zircon U-Pb geochronology, Nd-Hf isotopic characteristics and tectonic implications of the South Muya block metasediments (Northeastern Central Asian Orogenic Belt) // Geodynamics & Tectonophysics. – 2017. – V. 8 (3) – p. 565-568. DOI: 10.5800/GT-2017-8-3-0292.

В прочих изданиях:

1. **Носкова Ю.В.**, Дриль С.И., Сасим С.А. Природа протолита и источники сноса метаосадочных пород усть-борзинской свиты Восточного Забайкалья по литогеохимическим данным // Материалы совещания «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту)»: 11-14 октября 2016 г., Иркутск: Институт земной коры СО РАН. – Выпуск 14. – с. 209-211.
2. Дриль С.И., **Носкова Ю.В.**, Бельков Д.А. Изотопные Sm-Nd характеристики субдукционно-аккреционных комплексов Монголо-Охотского пояса и роль последних в процессах гранитообразования // Материалы Всероссийского совещания «Современные направления развития геохимии», посвященного 60-летию Института геохимии СО РАН и 100-летию со дня рождения академика Л.В.Таусона.: 18-23 сентября 2017 г. Иркутск, Изд-во «Оттиск». – 2017. – с. 59.
3. Григорьев Д.А., Дриль С.И., **Носкова Ю.В.**, Сасим С.А. Изотопные Sm-Nd характеристики метаосадочных пород Ононского и Янканского террейнов Монголо-Охотского орогенного пояса // Материалы совещания «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту)»: 16-19 октября 2018 г., Иркутск: Институт земной коры СО РАН. – Выпуск 16. – с. 71-73.