

**ПЕТРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ И ИЗОТОПНЫЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА
ФОРМИРОВАНИЯ ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ОСТРОВОДУЖНОЙ
ОБСТАНОВКЕ (НА ПРИМЕРЕ ПРЕДИВИНСКОГО ТЕРРЕЙНА
ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА)**

А.Д. Ножкин¹, Н.В. Дмитриева¹, А.В. Маслов², П.А. Серов³

¹*Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск,
nozhkin@igm.nsc.ru*

²*Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург, amas2004@mail.ru*

³*Геологический институт КНЦ РАН, Анапты, tozay@nm.ru*

Цель настоящего сообщения — выявление на примере неопротерозойских комплексов Предивинского террейна петрогеохимической и изотопной специфики терригенных пород, находящихся в тесной парагенетической ассоциации с островодужными магматическими комплексами. Указанный террейн расположен в юго-западной части Енисейского кряжа и входит в состав Саяно-Енисейского аккреционно-коллизийного пояса. Он состоит из ряда тектонических пластин, надвинутых в северо-восточном направлении по Приенисейскому надвигу (Черных, 2001; Верниковский и др., 2009). В пределах террейна выделяется два крупных тектонических блока, различающихся набором и составом породных ассоциаций: Западный и Восточный.

Западный блок включает метаморфизованные в условиях эпидот-амфиболитовой фации метаплагиориолит-базальтовую и метаандезитбазальт-андезит-дацитовую ассоциации, петрогеохимический состав которых соответствует вулканитам, характеризующим раннюю стадию островодужного магматизма. Метавулканиты содержат пачки и горизонты метатерригенных биотит-кварц-полевошпатовых сланцев и кальцитовых мраморов, а также апогаббровые амфиболиты и жильные гранитоиды и относятся к юдинской серии (толще) (Ножкин, 1997; Легенда..., 2002).

Восточный блок сложен метаморфизованными в эпидот-амфиболитовой и зеленосланцевой фации эффузивами известково-щелочной металейкобазальт-андезит-дацит-

риолитоидной и бимодальной субщелочной базальт-риолитоидной ассоциациями. В сравнении с метавулканитами Западного блока они более обогащены щелочами, другими крупноионными (Rb, Ba, U, Th), высокозарядными и редкоземельными элементами (РЗЭ) и характеризуют более развитую стадию островодужного магматизма и начальную стадию рифтинга островной дуги. Основные и кислые метавулканиды чередуются здесь с плагиоклазовыми и слюдястыми кварцитами, двуслюдяными плагиоклаз-кварцевыми±амфибол алевросланцами, включают горизонт железистых кварцитов (50-60 м), а также пачки тонкослоистых зеленых сланцев и объединены в предивинскую серию (толщу) (Ножкин, 1997; Легенда..., 2002). Среди тектонизированных пород этой серии наблюдаются линзы и маломощные пластины динамометаморфизованных апогарцбургитовых серпентинитов и апогаббровых амфиболитов в ассоциации с толеитовыми базальтами типа N-MORB, соответствующие офиолитам. В южной части Восточного блока обнажаются габброиды шиверского и плагиогранитоиды ягуновского комплексов. U-Pb возраст циркона риолитов этого блока 637 ± 5.7 млн лет, а плагиогранитов Ягуновского массива — 628 ± 3 млн лет. Таким образом, формирование островодужных ассоциаций происходило в позднем неопротерозое (Верниковский и др., 2009).

На диаграмме (Herron, 1988) точки составов метасланцев юдинской толщи соответствуют глинистым сланцам и ваккам, а на диаграмме (Неелов, 1980) — полимиктовым и граувакковым алевролитам. Зеленые сланцы и алевросланцы предивинской толщи на этих диаграммах отвечают Fe-сланцам, граувакковым алевролитам и карбонатистым алевропелитам. Составы кварцитов находятся в поле вакк и аркозов.

В целом терригенные образования Предивинского террейна характеризуются выраженной положительной корреляцией между модулями ЖМ-ФМ и отрицательной корреляцией между ГМ и НКМ. В соответствии с представлениями (Юдович, Кетрис, 2000), это указывает на принадлежность их к петрогенным («first cycle»-тип) породам. Источниками сноса для зеленых сланцев предивинской толщи выступали изверженные породы среднего и основного состава, а для кварцитов предивинской и биотит-кварц-полевошпатовых сланцев юдинской толщ — кислые и средние породы.

В сравнении с РААС биотит-кварц-полевошпатовые сланцы юдинской и зеленые сланцы предивинской толщ имеют более низкие содержания Rb, Ba, U, Th, Zr, Hf, Nb, La, а также Cr, Co и Ni. Кварциты обеднены крупноионными литофилами, а также Sc, V, Cr, Co, Ni (элементами характерными для базитов), но отличаются повышенными концентрациями Zr, Hf, Nb, Y, La. В целом содержания элементов-примесей в метатерригенных породах имеют промежуточные значения в сравнении с составами андезибазальтов и риолитоидов, широко представленных среди островодужных ассоциаций Предивинского террейна.

Спектры распределения РЗЭ в биотит-кварц-полевошпатовых сланцах юдинской толщи характеризуются слабо выраженной отрицательной Eu аномалией (0,8–1,0) и варьирующим отношением La_N/Yb_N (2,8–22). Подобное распределение наблюдается в породах метаандезибазальт-андезит-дацитовой и диорит-плагиогранитной ассоциаций Западного блока. Среди спектров РЗЭ в кварцитах предивинской толщи выделяется два типа. Первый с выраженной отрицательной Eu аномалией (0,5–0,6) и невысокими La_N/Yb_N (2,0–4,1). Подобный тип распределения наблюдается в метариодацитах и метариолитах этой толщи. Второй тип характеризуется слабой отрицательной Eu аномалией (0,83–0,87) и повышенным La_N/Yb_N (4,5–9,9) и сходен с распределением РЗЭ в тоналитах. Спектры распределения РЗЭ в зеленых сланцах предивинской толщи свидетельствуют о том, что наряду с породами риолитового и тоналитового состава размыты подвергались и вулканиды металекобазальт-андезит-риолитоидной ассоциации. Таким образом, осадочные образования Предивинского террейна сформированы за счет локального источника сноса — ассоциирующих с ними надсубдукционных магматических комплексов. Подтверждением этому служит распределение точек метаосадочных пород на диаграмме $SiO_2-(K_2O/Na_2O)$ (Roser, Korsch, 1986) в полях, характеризующих субдукционные обстановки.

Важную информацию о характере и возрасте пород, размытых на палеоводосборах, дают данные по изотопному составу Sm и Nd, полученные в ГИ КНЦ РАН (г. Апатиты) по методике (Баянова, 2004). Для четырех образцов метатерригенных пород обеих толщ установлен

модельный возраст $T_{Nd}(DM)$ в диапазоне от 753 до 845 млн лет (на $T=640$ млн лет) при величине ϵNd от +6,6 до +7,5. Метаандезиты и метадациты этих толщ характеризуются $T_{Nd}(DM)$ 819 и 872 млн. лет и ϵNd +6,6 и +6,7. Близкие значения $T_{Nd}(DM)$ и ϵNd указывают на образование осадков в результате эрозии ювенильного корового вещества, то есть магматических пород, подобных развитым в Предивинском террейне. Исключение представляет образец биотит-кварц-полевошпатового сланца юдинской толщи с содержанием Th ~ 10 г/т. Значение $T_{Nd}(DM)$ для него составляет 1564 млн. лет, ϵNd равен $-2,1$. Это может указывать на наличие в осадочной породе примеси кратонного материала — продуктов разрушения ториеносных гранулитов Ангаро-Канского выступа.

U-Pb LA-ICP-MS изотопное датирование детритовых цирконов, выделенных из биотит-кварц-полевошпатовых сланцев юдинской толщи (правобережье р. Енисей, $56^{\circ} 59.890'$ с.ш., $93^{\circ} 22.488'$ в.д.), выполнено в Отделе наук о Земле университета Гонконга. В качестве внешнего стандарта использован циркон 91 500. Погрешности единичных анализов (отношения и возраст) приняты на уровне $\pm 1\sigma$. Исследованные цирконы представлены в основном прозрачными слабо окрашенными светло-коричневыми зёрнами с сохранившимися в той или иной мере удлиненно-призматическими очертаниями. Судя по катодолюминесцентным изображениям, больше половины из них имеет осцилляторную зональность. На гистограмме U-Pb-изотопных возрастов (конкордантность $>95\%$), вычисленных по отношению $^{206}Pb/^{238}U$, наблюдается два отчетливо выраженных пика (620–630 и 610–620 млн лет), согласующихся с U-Pb возрастом циркона риолитов ($637 \pm 5,7$ млн лет).

Приведенные результаты позволяют отметить следующие петрогеохимические и изотопные особенности метатерригенных пород, являющиеся свидетельством формирования их в островодужной обстановке. Составы биотит-кварц-полевошпатовых и зеленых сланцев соответствуют полимиктовым и граувакковым алевролитам, глинистым и железистым сланцам, а составы кварцитов — аркозам и ваккам. По петрохимическому составу метаосадки являются петрогенными породами, образованными в результате непосредственного размыва островодужных магматических ассоциаций среднего и кислого, в меньшей мере основного состава. Это подтверждается сходством свойственных терригенным и магматическим породам значений $T_{Nd}(DM)$ и величин ϵNd , а также совпадением U-Pb возраста цирконов магматических пород и максимума на гистограмме распределения U-Pb возрастов детритовых цирконов. Характер распределения редких и редкоземельных элементов в метаосадках указывает на формирование их за счет локального источника сноса (ассоциирующие магматические комплексы), а соотношение в них SiO_2 и K_2O/Na_2O предполагает накопление в надсубдукционных обстановках.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (грант 12-05-00591) и интеграционного проекта «Субдукционные и орогенные осадочные бассейны Северной Евразии: индикаторные литологические и изотопно-геохимические характеристики отложений, минерализации» (проекты: СО РАН 68-С-5-1014, УрО РАН 12-С-5-1014).

Литература

- Баянова Т.Б. Возраст реперных геологических комплексов Кольского региона и длительность процессов магматизма. СПб.: Наука, 2004. 174 с.
- Верниковский В.А., Казанский А.Ю., Матушкин М.Ю., Метелкин Д.В., Советов Ю.К. Геодинамическая эволюция складчатого обрамления и западная граница Сибирского кратона в неопротерозое: геолого-структурные, седиментологические, геохронологические и палеомагнитные данные // Геология и геофизика. 2009. Т. 50, № 4. С. 502–519.
- Легенда Енисейской серии Государственной геологической карты Российской Федерации м-ба 1:200 000 (2-е изд.). Красноярск: Красноярскгеолсъемка, 2002. 200 с.
- Неелов А.Н. Петрохимическая классификация метаморфизованных осадочных и вулканических пород. Л.: Наука, 1980. 100 с.
- Ножкин А.Д. Петрогеохимическая типизация докембрийских комплексов юга Сибири: Дис. ... докт. геол.-мин. наук. Новосибирск: ОИГГМ СО РАН, 1997. 98 с.
- Черных А.И. Докембрийские офиолитовые и островодужные комплексы Енисейского кряжа // Актуальные вопросы геологии и минерализации юга Сибири. Новокузнецк: ФГУГП Запсибгеолсъемка, 2001. С. 183–188.

Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.

Herron M.M. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data // J. Sed. Petrol. 1988. V. 58. P. 820–829.

Roser B.D., Korsch R.J. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio // J. Geol. 1986. V. 94. P. 635–650.