

## **Геохимия терригенных пород как индикатор геодинамических обстановок седиментации Западно-Сахалинского террейна**

*А.И. Малиновский*

*Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток, 690022;*

*e-mail: [malinovsky@fegi.ru](mailto:malinovsky@fegi.ru)*

На основании обобщения и интерпретация полученных данных по геохимическому составу терригенных пород Западно-Сахалинского террейна делается вывод об их формировании на активной континентальной окраине в бассейне, связанном с крупными сдвиговыми дислокациями по трансформным разломам.

Одним из важнейших направлений при литологическом исследовании в седиментационных бассейнах, расположенных на восточной окраине Азиатского континента, является изучение геохимических особенностей терригенных пород, позволяющее с достаточно высокой достоверностью установить положение, тип и породный состав областей их питания, а также реконструировать геодинамическую природу самих бассейнов седиментации [3; 6-8, и др.].

### **Региональная геологическая позиция**

Современная тектоническая структура южной части Дальнего Востока России представляет собой коллаж различных по возрасту и происхождению террейнов, причлененных к восточной окраине Азиатского континента в палеозое и мезозое. Большинство террейнов имеют раннемеловой возраст, а их формирование тесно связано с режимом взаимодействия Азиатского континента и прилегающей океанической плиты Иванаги [1, 2]. Западно-Сахалинский террейн входит в состав мезозойско-кайнозойского Сахалинско-Камчатского орогенного пояса [1]. В его пределах широко развиты терригенные меловые отложения, вещественный состав и, в частности, геохимические особенности которых, изучены крайне слабо.

Западно-Сахалинский террейн протягивается полосой шириной до 70 км вдоль побережья Татарского пролива на 650 км. Границами его являются Западно-Сахалинская на западе и Тымь-Поронайская на востоке системы разломов (рис.). Южным продолжением террейна является пояс (террейн) Сорачи-Йезо на о. Хоккайдо. В строении террейна принимают участие в различной степени дислоцированные и достаточно хорошо датированные меловые и кайнозойские образования суммарной мощностью до 17000 м.

Изученные меловые (берриас-датские) отложения представлены главным образом морскими терригенными и вулканогенно-осадочными породами (алевролитами, песчаниками, гравелитами, конгломератами, туфами, тефроидами) айской, найбинской, быковской и красноярковской свит – на юге, и побединской, тымовской, верблюжегорской, арковской, жонкьерской и красноярковской – на севере.

Особенности строения разрезов террейна свидетельствуют о накоплении осадков, как в мелководно-морских, так и в значительно более глубоководных обстановках. Глубоководные отложения слагают нижнюю, альб-коньякскую, часть разреза, а мелководно-морские отложения фиксируются преимущественно на сантон-кампанском уровне. В целом же наблюдается тенденция относительного обмеления Западно-Сахалинского палеобассейна при перемещении с юга на север и снизу вверх по разрезу при значительном увеличении мощности отложений.

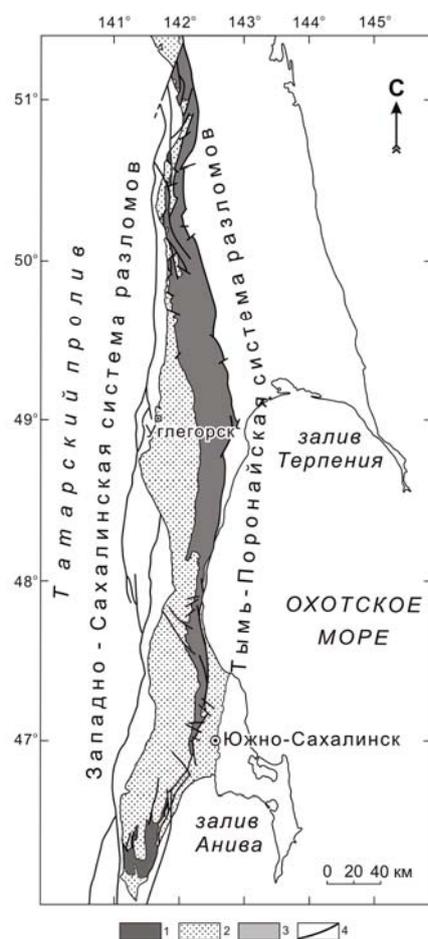


Рис. Схематическая геологическая карта Западно-Сахалинского террейна: 1 – меловые терригенные образования; 2 – палеоцен-плиоценовые терригенные и вулканогенные образования; 3 – террейны и перекрывающие комплексы Восточного Сахалина; 4 – разломы.

### Геохимический состав терригенных пород

Основными объектами изучения были песчаные породы поскольку они несут наиболее богатую информацию о типе и составе питающих провинций, а также о геодинамических обстановках областей питания и осадконакопления. Как дополнительная привлекалась информация по глинисто-алевритовым породам.

По химическому составу песчаники Западно-Сахалинского террейна однородны. Заметны лишь несколько более высокие содержания  $\text{SiO}_2$  в породах его северной части (в среднем по свитам от 65,54 до 75,70%), в то время как в южной части  $\text{SiO}_2$  от 62,74 до 70,24%. Вместе с тем, на севере более низкие содержания  $\text{TiO}_2$  (0,43-0,64% и 0,49-0,71%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (11,67-14,81% и 13,99-15,40%),  $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$  (1,33-5,30% и 3,50-5,91%),  $\text{MgO}$  (0,69-1,88% и 1,01-1,11%),  $\text{CaO}$  (1,12-1,74% и 1,19-2,87%). Кроме того, во всех песчаниках  $\text{Na}_2\text{O}$  (2,18-3,62% и 3,02-3,98%) преобладает над  $\text{K}_2\text{O}$  (1,43-2,99% и 2,28-2,71%) что характерно для граувакк. По классификации Ф. Петтиджона [4] песчаники террейна относятся, главным образом, к грауваккам и лишь часть – к литоаренитам. Глинисто-алевритовые породы близки к песчаникам, отличаясь меньшими содержаниями  $\text{SiO}_2$  (в среднем 62,84 – 66,94% на севере и 63,56 – 64,92% на юге) и  $\text{CaO}$  (0,28-1,92% и 0,95-2,38%), но большими –  $\text{TiO}_2$  (0,63-0,76% и 0,59-0,66),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (15,32-16,92%),  $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$  (3,01-5,66% и 4,85-5,88%) и  $\text{MgO}$  (0,88-2,44% и 1,72-2,15%). Кроме того, в глинисто-алевритовых породах  $\text{K}_2\text{O}$  (2,75-3,70% и 2,20-2,91%), как правило, преобладает над  $\text{Na}_2\text{O}$  (1,57-2,55% и 2,13-3,42%).

По литохимическим параметрам [5] песчаные породы характеризуются 1) невысоким уровнем зрелости, что свидетельствует об их образовании за счет преимущественно механического разрушения материнских пород при подчиненной роли химического выветривания, 2) по показателю фемичности они соответствуют граувакками, 3) невысокой титанистостью, что связано, с одной стороны, присутствием в песчаниках островодужной вулканокластике низкотитанистых (но высокоглиноземистых) серий, а с другой – обломков кислых изверженных пород, в свою очередь отличающихся низкими значениями ТМ; 4) несколько повышенными значениями НКМ за счет примеси сиалического материала. В глинисто-алевритовых породах, по сравнению с песчаными, как правило, выше значения гидролизатного, фемического и титанового модулей, но значения модуля нормативной щелочности, что позволяет относить рассматриваемые отложения к петрогенным, при формировании которых не происходит какой либо существенной динамической сортировки обломочного материала. Анализ положения точек песчаных и глинисто-алевритовых пород на модульных диаграммах [5], где они образуют два самостоятельных поля, свидетельствует об их петрогенной природе.

Суммарные содержания РЗЭ в песчаниках относительно невелики и варьируют в среднем по свитам от 82 г/т до 139 г/т. Спектры распределения РЗЭ во всех свитах близки и характеризуются нормальными трендами распределения с умеренной степенью фракционирования и невысоким отношением легких лантаноидов к тяжелым ( $La_N/Yb_N=5,79-12,15$ ). Кроме того, спектры распределения характеризуются отчетливо выраженной отрицательной европиевой аномалией ( $Eu/Eu^*=0,68-0,84$ ). По сравнению с РААС все песчаники незначительно обеднены как легкими, так и тяжелыми элементами (от 1,1 до 2,8 раза). В глинисто-алевритовых породах суммарные содержания РЗЭ несколько выше, чем в песчаниках, и находится в пределах 104-164 г/т. Вместе с тем, общий характер их распределения в целом аналогичен таковому в песчаниках ( $La_N/Yb_N=6,17-11,19$ ,  $Eu/Eu^*=0,59-0,84$ ). По сравнению с РААС в глинисто-алевритовых породах содержания большинства РЗЭ в основном равно либо несколько ниже (до 1,9 раза).

### **Палеогеодинамическая интерпретация**

Палеогеодинамическая интерпретация химического состава песчаных и глинисто-алевритовых пород осуществлена при помощи ряда известных диаграмм М. Бхатиа, Дж. Мейнарда, Б. Роузера и Р. Корша [7, 10, 11]. Полученные результаты интерпретации свидетельствуют о формировании отложений в бассейнах, сопряженных с окраинно-континентальными магматическими дугами (например, Японские острова), либо в бассейнах активных континентальных окраин андийского типа, включающих в себя, в том числе, и окраины, осложненные сдвиговыми дислокациями по трансформным разломам.

Относительно невысокие концентрации в породах Западно-Сахалинского террейна редкоземельных элементов, при незначительной их обогащенности легкими элементами по сравнению с тяжелыми, умеренно выраженная отрицательная Eu аномалия свидетельствуют о формировании отложений как за счет размывавшихся гранитно-метаморфических пород, так и основных вулканитов. Анализ положения точек пород на диаграммах, предназначенных для реконструкции состава пород питающих провинций [8, 9], свидетельствует, что область питания представляла собой глубоко расчлененную энсиалическую дугу, в которых эрозия вскрыла батолиты гранитоидов, подстилающие вулканиты. Отложения формировались за счет разрушения как собственно вулканических образований дуги, так и ее гранитно-метаморфического фундамента. Кроме того, в качестве дополнительного источника не

исключаются гранитно-метаморфические породы древней сиалической суши. Интерпретация состава редких и редкоземельных элементов на диаграммах М. Бхатиа и К. Крука [7], предназначенных для реконструкции палеогеодинамических обстановок самих бассейнов седиментации, подтверждает результаты полученные по петрогенным элементам.

Таким образом, обобщение и интерпретация данных по составу и характеру распределения петрогенных, редких и редкоземельных элементов в терригенных породах свидетельствует, что седиментация происходила вдоль границы континент-океан в бассейне связанном с крупномасштабными левосторонними трансформными скольжениями плиты Изагаги относительно Евразийского континента [1, 2]. В состав области питания, поставившей обломочный материал в седиментационный бассейн Западно-Сахалинского террейна на протяжении берриас-датского времени, вероятно, входила сиалическая суша, сложенная гранитно-метаморфическими и осадочными породами, и зрелая глубоко расчлененная энсиалическая островная дуга, в которой эрозия вскрыла гранитоидные батолиты, подстилающие вулканы.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-05-00857-а и проекта ДВО РАН № 15-1-2-001 о.

### Список литературы

1. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России / Под ред. Ханчука А.И. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 1. 981 с.
2. Голозубов В.В. Тектоника юрских и нижнемеловых комплексов северо-западного обрамления Тихого океана. Владивосток: Дальнаука, 2006. 239 с.
3. Маслов А.В., Подковыров В.Н., Гареев Э.З. К оценке палеогеодинамических обстановок формирования осадочных последовательностей нижнего и среднего рифея Учуро-Майского региона и Башкирского мегантиклинория // Тихоокеан. геология. 2012. Т. 31. № 5. С. 55-68.
4. Петтиджон Ф.Дж., Поттер П., Сивер Р. Пески и песчаники. М.: Мир, 1976. 535 с.
5. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.
6. Bhatia M.R. Plate tectonics and geochemical compositions of sandstones // J. Geol. 1983. V. 91. P. 611-627.
7. Bhatia M.R., Crook A.W. Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins // Contrib. Mineral. Petrol. 1986. V. 92. P. 181-193.
8. Cullers R.L. Implications of elemental concentrations for provenance, redox conditions. And metamorphic studies of shales and limestones near Pueblo, CO, USA // Chem. Geol. 2002. V. 191. P. 305-327.
9. Floyd P.A., Leveridge B.E. Tectonic environment of the Devonian Gramscatho basin, south Cornwall: framework mode and geochemical evidence from turbiditic sandstones // J. Geol. Soc. London. 1987. V. 144. P. 531-542.
10. Maynard J.B., Valloni R., Yu H.S. Composition of modern deep-sea sands from arc-related basins // Trench-Forearc Geology. Sedimentation and tectonics of modern and ancient plate margins. Oxford; London; Edinburgh; Melbourne, 1982. P. 551-561.
11. Roser B.P., Korsch R.J. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO<sub>2</sub> content and K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O ratio // J. Geol. 1986. V. 94. № 5. P. 635-650.