

**ГЛИНИСТЫЕ СЛАНЦЫ РИФЕЯ УЧУРО-МАЙСКОГО РЕГИОНА:
ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И СООТНОШЕНИЕ ПЕТРОГЕННЫХ И
ЛИТОГЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ**

В.Н. Подковыров, А.В. Маслов

На примере осадочных последовательностей рифея Башкирского мегантиклинория с использованием комплекса литогеохимических подходов ранее было показано, что до 70-80 % терригенных пород имеют литогенную природу, т.е. слагающий их материал испытал перед окончательным захоронением не менее одного цикла переотложения [Маслов и др., 2005], и только при формировании ряда песчано-глинистых и конгломерато-песчано-глинистых послед-

ду, т.е. слагающий их материал испытал перед окончательным захоронением не менее одного цикла переотложения [Маслов и др., 2005], и только при формировании ряда песчано-глинистых и конгломерато-песчано-глинистых послед-

довательностей можно предполагать существенную роль в них «first cycle» материала. Информация о том, какова ситуация с соотношением литогенных и петрогенных пород в других областях развития отложений рифея, таких как, например, Енисейский кряж или Учуро-Майский регион, до настоящего времени в литературе практически отсутствует. В связи с этим при подготовке настоящего сообщения перед нами стояли две задачи: во-первых, реконструировать исходный состав глинистых пород рифея и, во-вторых, попытаться проанализировать соотношение литогенных и петрогенных образований в одном из указанных выше регионов, а именно – в Учуро-Майском.

В разрезе рифея Учуро-Майского региона выделяются учурская, аймчанская, керпыльская, лахандинская и уйская серии. Учурская серия отвечает нижнему рифею, аймчанская и керпыльская принадлежат среднему рифею, а лахандинская и уйская – верхнему [Семихатов, Серебряков, 1983].

Учурская серия объединяет в Учурской впадине гонамскую, омахтинскую и эннинскую свиты, а в пределах Юдомо-Майского прогиба – трехгорную и димскую свиты. Гонамская свита складывается преимущественно пестро- и красноцветными песчаниками, алевролитами и глинистыми сланцами. Омахтинская свита представлена пакетами чередования песчаников, алевролитов, аргиллитов и доломитов пестрой окраски. Эннинская свита объединяет пестроцветные кварцевые и полевошпато-кварцевые песчаники, пачки ритмичного чередования пестроцветных песчаников и песчанистых, микрофитолитовых или строматолитовых доломитов. Трехгорная свита также складывается пачками тонко, часто ритмично чередующихся песчаников, алевролитов и аргиллитов, среди которых в ряде разрезов присутствуют песчанистые и онколитовые доломиты. Димская свита включает глинистые сланцы, алевролиты и песчаники с подчиненными им песчанистыми и алевроито-песчанистыми доломитами.

Аймчанская серия объединяет талыньскую и светлинскую свиты. Талыньская свита представлена кварцевыми песчаниками, глауконит-содержащими алевролитами и глинистыми сланцами; резко подчиненную роль в составе свиты играют доломитистые песчаники и песчанистые доломиты. Светлинская свита объединяет хемогенные и строматолитовые доломиты. В средней ее части наблюдается пачка темноокрашен-

ных аргиллитов с прослоями алевролитов, песчаников и строматолитовых доломитов.

Керпыльская серия объединяет тотгинскую, малгинскую и цыпандинскую свиты. Тотгинская свита складывается пестроцветными и темно-зелеными алевролитами и аргиллитами с подчиненными им прослоями мелкозернистых песчаников; в средней части свиты известны мергели, карбонатные алевролиты и песчаники. Малгинская свита объединяет преимущественно пестроцветные тонкоплитчатые известняки, часто «водорослево»-слоистые, переходящие вверх по разрезу в сероцветные и битуминозные разности. Глинистые сланцы на данном уровне рифея встречаются только в виде тонких пропластков. Цыпандинская свита представлена светлыми плитчатыми, хемогенными и «водорослево»-слоистыми или строматолитовыми доломитами и темными, часто битуминозными их разностями.

Ляхандинская серия включает две свиты – неруенскую и игниканскую. Первая представлена пестроцветными тонкослоистыми аргиллитами, хемогенными и фитогенными карбонатными породами. Вторая складывается катаграфиевыми и строматолитовыми известняками и доломитами, обломочными и, реже, хемогенными их разностями.

В состав уйской серии входят кандыкская и усть-кирбинская свиты. Кандыкская свита складывается алевролитами, глинистыми сланцами и песчаниками; в виде единичных прослоев на данном уровне разреза можно видеть песчанистые доломиты. Усть-кирбинская свита представлена пакетами тонкого чередования серо- и зеленоцветных алевролитов, аргиллитов и редко – мелкозернистых песчаников.

Главными источниками тонкозернистой алюмосиликокластики для осадочных последовательностей рифея Учуро-Майского региона выступали магматические (гранодиориты, граниты, реже диориты и их вулканогенные аналоги) и метаморфические комплексы пород, близкие по составу к «верхней континентальной коре» [Подковыров и др., 2001, 2002; Худолей, 2003].

В общем виде формирование кластических осадков контролируется процессами рециклинга и привносом т.н. «first cycle» материала [Тейлор, МакЛеннан, 1988; Veizer, 1984; Veizer, Jansen, 1985; Michard et al., 1985, и др.]. В результате конкуренции указанных процессов формируются породы, которые могут быть определены, соответственно, как литогенные и петрогенные [Юдович, Кетрис, 2000]. Многократ-

ное переотложение (рециклинг) обломочного материала способствует обогащению кластических осадков химически и механически зрелыми компонентами (кварц, иллит, ряд акцессорных минералов). Разграничение литогенных и петрогенных алюмосиликокластических пород возможно как в рамках петрографических, так и литохимических подходов. Так, по представлениям Р. Кокса с соавторами [Cox, Lowe, 1995; Cox et al., 1995], в рециклированных тонкозернистых терригенных отложениях величина отношения K_2O/Al_2O_3 не превышает 0,3. В породах же, где преобладает «first cycle» материал, калий содержится преимущественно в полевых шпатах и вследствие этого величина отношения K_2O/Al_2O_3 составляет в них более 0,4. По данным Я.Э. Юдовича и М.П. Кетрис [2000], в «first cycle» породах обычно сохраняются исходные корреляции химических компонентов и петрохимических модулей. Так, петрогенные породы имеют положительную корреляцию титанового ($TM=TiO_2/Al_2O_3$) и железного ($JM=(Fe_2O_3+FeO+MnO)/(TiO_2+Al_2O_3)$) модулей, тогда как между модулями общей щелочности ($NKM=(Na_2O+K_2O)/Al_2O_3$) и гидролизатным ($GM=(Al_2O_3+TiO_2+Fe_2O_3+FeO+MnO)/SiO_2$) такая взаимосвязь отсутствует.

По данным В.Н. Подковырова [Подковыров, 2001; Подковыров и др., 2001, и др.], расчеты первичного минерального состава глинистых пород рифея Учуро-Майского региона и выборочный микрозондовый анализ состава реликтовых обломочных минералов глинистых сланцев показывают, что на нижнерифейском уровне в них доминировали высококалийный (9-11% K_2O) иллит, кварц и микроклин, при подчиненной роли плагиоклаза, гетита и серпентина, замещенного Fe-Mg хлоритом. Для среднерифейского уровня были типичны составы с повышенными, относительно раннерифейских образований, содержаниями гидрослюда и гетита. В отдельных пробах глинистых сланцев тоттинской свиты, согласно расчетам, должен был изначально присутствовать и монтмориллонит, который, по данным микрозондовых анализов, замещен эпигенетическим Mg-Fe хлоритом. В тонкозернистых терригенных породах лахандинского уровня верхнего рифея в расчетном минеральном составе наблюдаются гидрослюда, каолинит, хлорит и (редко) монтмориллонит; по данным микрозондовых и рентгеновских анализов, в аргиллитах лахандинской серии кроме преобладающих гидрослюда и каолинита распространены глиноземистый хлорит, пирофиллит, сме-

шанно-слоистые фазы смектит-гидрослюдистого состава и гематит [Cullers, Podkovyrov, 2000]. Для глинистых пород уйской серии характерна ассоциация гидрослюда-кварц-плагиоклаз-хлорит. На диаграмме АКМ В.К. Головенка подавляющее большинство фигуративных точек составов глинистых пород рифея Учуро-Майского региона локализовано в поле гидрослюдистых глин. Общий тренд изменения состава тонкозернистых алюмосиликокластических пород в учуро-майском разрезе рифея определяется сменой нижнерифейских высококалийных гидрослюдистых разностей менее калиевыми гидрослюдистыми составами в среднем рифее и гидрослюдисто-каолинистыми в основании верхнего рифея, и вновь преимущественно гидрослюдистыми составами в уйской серии верхнего рифея [Подковыров, 2001].

В настоящей работе мы использовали для реконструкции первичного состава глинистых пород рифея Учуро-Майского региона модульную диаграмму НКМ–ФМ Я.Э. Юдовича и М.П. Кетрис [2000]. На данной диаграмме фигуративные точки составов глинистых сланцев трехгорной и димской свит нижнего рифея локализованы в поле VI (рис. 1), отвечающем со-

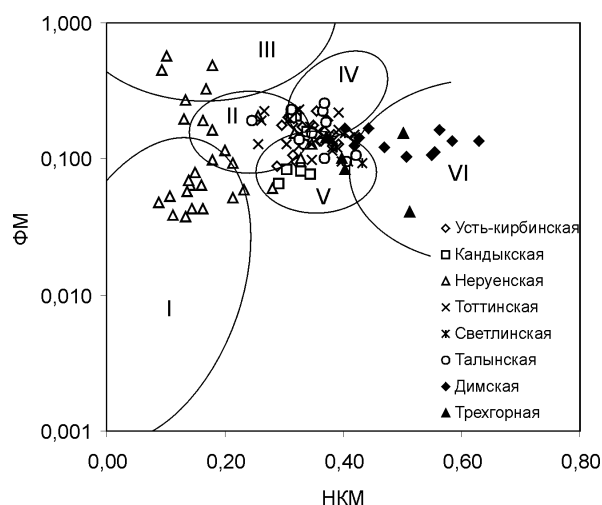


Рис. 1. Положение фигуративных точек составов глинистых сланцев рифея Учуро-Майского региона на диаграмме НКМ–ФМ.

I – глинистые породы, в которых доминирует каолинит; II – породы с преобладанием монтмориллонита и подчиненным количеством каолинита и гидрослюда; III – глинистые породы, в составе которых доминирует хлорит, а в виде примеси присутствует Fe-гидрослюда; IV – глинистые породы преимущественно гидрослюдистого состава со значительной примесью тонкозернистых обломков полевых шпатов; V – глинистые породы, состоящие из хлорита, монтмориллонита и гидрослюда; VI – гидрослюдистые глинистые породы с примесью тонкодисперсного полевого шпата.

ставам пород, в которых преобладает гидрослюда с тем или иным количеством тонкодисперсных полевых шпатов. По мнению авторов диаграммы, подобные породы типичны для аридных кор выветривания позднего докембрия. Точки составов глинистых сланцев талынской и светлинской свит среднего рифея расположены преимущественно в полях V и VI – т.е. исходный состав этих тонкозернистых терригенных образований можно определить как «стандартную смесь» хлорита, монтмориллонита и гидрослюда с тем или иным количеством полевых шпатов, формировавшуюся, также как и нижележащие образования, в условиях климата, близкого к аридному. Существенно иной, по всей видимости, исходный состав имели глинистые породы неруенского уровня. На диаграмме НКМ-ФМ фигуративные точки глинистых сланцев неруенской свиты расположены в полях I–III. По представлениям Я.Э. Юдовича и М.П. Кетрис [2000], поле I отвечает глинистым породам, в составе которых преобладает каолинит, в поле II концентрируются породы с доминированием монтмориллонита, а поле III представлено породами, в составе которых преобладает хлорит при подчиненной роли Fe-гидрослюда. Наконец, точки составов кандыкских и усть-кирбинских сланцев локализованы преимущественно в поле V, т.е. исходные осадки состояли, по всей видимости, из смеси хлорита, монтмориллонита и гидрослюда и не были связаны непосредственно с корами выветривания.

При анализе особенностей изменения снизу вверх по разрезу рифея Учуро-Майского региона медианных (для свит) значений параметров НКМ и ФМ видно, что в целом тонкозерни-

стые терригенные образования гипостратотипа рифея характеризуются примерно постоянной величиной фемического модуля, тогда как вариации значений НКМ подчеркивают некий общий тренд изменения состава глинистых сланцев от разностей с достаточно высокими значениями НКМ ($\sim 0,4-0,5$), характерных для разрезов нижнего рифея, до составов с «промежуточными» величинами НКМ ($\sim 0,32-0,35$). Последние присутствуют как среди отложений среднего рифея, так и в верхнерифейских последовательностях. Особое положение в этом ряду занимают глинистые сланцы неруенской свиты, характеризующиеся низкими значениями суммы щелочей и весьма высокими содержаниями Al_2O_3 . Медианное значение алюмокремниевое модуля в них составляет 0,41, при минимуме 0,29 и максимуме 0,50, что позволяет классифицировать указанные породы как супер- и гиперсиаллиты, формировавшиеся за счет переотложения платформенных кор глубокого химического выветривания. При этом максимальные величины НКМ, обусловленные повышенным содержанием гидрослюда, характерны для сланцев основания лахандинского разреза, тогда как наиболее глиноземистые аргиллиты, часто обогащенные железом (до 12 % Fe_2O_3 и более), распространены в средних и верхних частях разреза. Эти параметры, а также повышенные (до 24–26) значения Al/Ti модуля свидетельствуют об определенной гумидизации климата на водосборах лахандинского времени.

Величина отношения K_2O/Al_2O_3 снизу вверх по гипостратотипическому разрезу рифея демонстрирует отчетливую тенденцию к уменьшению (рис. 2). Так, если в глинистых сланцах трехгорной, димской, талынской и светлинской свит медианные значения указанного параметра варьируют в пределах 0,36–0,50, то во всех выше лежащих литостратиграфических подразделениях отношение K_2O/Al_2O_3 не превышает 0,27, а в глинистых сланцах неруенской свиты составляет всего 0,15. Исходя из приведенных выше данных Р. Кокса с соавторами, такое поведение названного параметра позволяет предполагать существенное нарастание примерно с середины среднего рифея до начала верхнего рифея (неруенская свита) степени рециклирования поступавшей в бассейны седиментации тонкой алюмосиликокластики.

Обратимся теперь к анализу взаимосвязи в глинистых сланцах рифея Учуро-Майского региона петрохимических модулей. С учетом при-

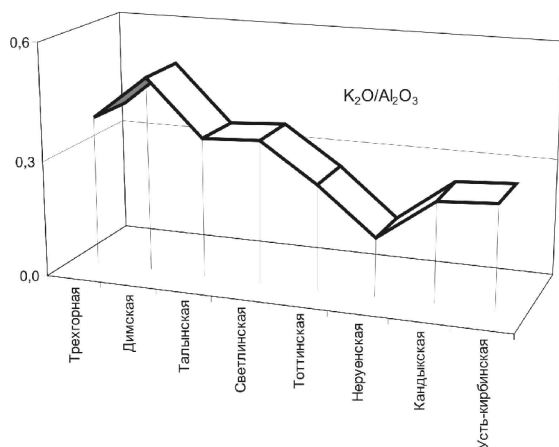


Рис. 2. Вариации медианных значений отношения K_2O/Al_2O_3 в глинистых сланцах рифея Учуро-Майского региона.

**Коэффициенты корреляции литохимических модулей
в глинистых сланцах рифея Учуро-Майского региона**

Свиты	Усть-кирбинская	Кандыкская	Неруенская	Тоттинская	Светлинская	Талынская	Димская	Трехгорная
ТМ-ЖМ	0,44	-0,19	-0,04	0,08	-0,29	0,79	0,28	0,54
НКМ-ГМ	0,03	-0,22	-0,23	-0,28	-0,08	-0,62	-0,56	0,18

веденных выше критериев Я.Э. Юдовича и М.П. Кетрис для распознавания петрогенных и литогенных образований, к несомненно петрогенным породам, т.е. породам с доминированием «first cycle» материала, в гипостратотипе рифея могут быть отнесены глинистые сланцы димского и талынского уровней, в которых между значениями модулей ТМ и ЖМ наблюдается выраженная положительная, а между модулями НКМ и ГМ – выраженная отрицательная корреляция (табл. 1). Возможно, условно к этой же категории могут быть отнесены глинистые сланцы трехгорной и усть-кирбинской свит, в которых присутствует достаточно хорошо выраженная взаимосвязь между титановым и железным модулями (соответственно, 0,54 и 0,44), тогда как между гидролизатным модулем и модулем общей щелочности какая-либо корреляция практически не выражена (соответственно, 0,18-0,03). Подобная достаточно типичная взаимосвязь петрохимических модулей обусловлена уже и влиянием процессов рециклирования внутри отдельных крупных циклов седиментации рифея.

Таким образом, подводя итог проведенным исследованиям, с определенной долей уверенности можно считать, что в составе глинистых сланцев нижнего и низов среднего рифея в Учуро-Майском регионе преобладает петрогенный компонент, т.е. компонент не претерпевший скольконибудь существенного рециклирования ни в области питания, ни в конечных водоемах стока. В соответствие с этим, состав тонкозернистой алюмосиликокластики данных уровней гипостратотипа рифея с достаточно большей степенью вероятности отражает условия, существовавшие на палеоводосборах. В первую очередь это касается, например, палеоклиматических обстановок, и, следовательно, наблюдающееся увеличение значений индекса CIA от 63 к 71 от трехгорного уровня к талынскому может быть достаточно уверенно интерпретировано как отражение нарастания на палеоводосборах степени преобразования тонкой алюмосиликокластики и, соответственно, смены

семиаридного климата гумидным. Доминирование на более высоких уровнях гипостратотипа рифея в составе глинистых сланцев литогенного (в значительной степени рециклированного) компонента диктует большую осторожность при решении вопроса о палеоклимате на основе индекса CIA. Так, учитывая, что в знаменатель формулы CIA входят и Na_2O и K_2O , содержания которых в осадках в процессе рециклирования заметно снижаются, можно предполагать, что рассчитанные для глинистых сланцев светлинской, тоттинской, кандыкской и усть-кирбинской свит значения данного индекса, варьирующие от 68 до 70, несколько завышены. Следовательно, во второй половине среднего и начале позднего рифея на рассматриваемой нами территории, так же как и в начале раннего рифея доминировал климат семиаридного типа. Исключение составляют высокоглиноземистые глинистые сланцы неруенского уровня, медианное значение индекса CIA в которых достигает 83 и не противоречит сделанному на основании поведения петрохимических модулей выводу о гумидном характере климата в областях сноса неруенского времени.

Показательно, что снизу вверх по разрезу гипостратотипа рифея (т.е. с течением времени) содержания в глинистых сланцах такого относительно хорошо растворимого элемента, как U, несколько увеличиваются; также ведут себя и содержания плохо растворимого элемента – Th. Это не позволяет сделать какие-либо определенные выводы, однако можно предположить, что при формировании осадочных образований достаточно долгое время сохранялась циклически-направленная тенденция возрастания содержаний минералов-концентраторов Th как за счет процессов рециклирования осадков, так и постепенного возрастания на протяжении рифея доли гранитоидов в областях сноса [Маслов и др., 2006].

Исследования выполнены при финансовой поддержке интеграционного проекта УрО РАН и СО РАН «Докембрийские осадочные

последовательности Урала и Сибири: типы и характер источников сноса, долговременные вариации состава коры, проблема рециклинга» и Программы Президиума РАН № 25.

Список литературы

Маслов А.В., Гареев Э.З., Крупенин М.Т. Терригенные осадочные последовательности типового разреза рифея: соотношение процессов рециклинга и привноса «first cycle» материала // *Геохимия*. 2005. № 2. С. 158-181.

Маслов А.В., Подковыров В.Н., Ронкин Ю.Л. и др. Долговременные вариации состава верхней коры по данным изучения геохимических особенностей глинистых пород позднего докембрия западного склона Южного Урала и Учуро-Майского региона // *Стратиграфия. Геол. корреляция*. 2006. № 2. В печати.

Подковыров В.Н. Осадочные последовательности рифея и венда стратотипических регионов Сибири и Урала (литохимия, хемотратиграфия, геодинамические обстановки формирования). Автореф. докт. дисс. СПб.: ИГГД РАН, 2001. 37 с.

Подковыров В.Н., Ковач В.П., Котова Л.Н. Модели палеотектоники бассейнов сибирского типа рифея (Учуро-Майский регион): геохимические и Nd изотопные свидетельства по глинистым породам // *Суперконтиненты в геологическом развитии докембрия*. Мат-лы совещ. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2001. С. 189-192.

Подковыров В.Н., Ковач В.П., Котова Л.Н. Глинистые отложения Сибирского гипостратотипа рифея и венда: химический состав, Sm-Nd систематика источников и этапы формирования // *Литология и полезн. ископаемые*. 2002. № 4. С. 33-55.

Семихатов М.А., Серебряков С.Н. Сибирский гипостратотип рифея. М.: Наука, 1983. 224 с.

Тейлор С.Р., МакЛеннан С.М. Континентальная кора: ее состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 384 с.

Худoley А.К. Тектоника пассивных окраин древних континентов (на примере восточной окраины Сибирской и западной окраины Североамериканской платформ). Автореф. докт. дисс. М.: ГИН РАН, 2003. 35 с.

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

Cox R., Lowe D. A conceptual review of regional-scale controls on the composition of clastic sediment and the co-evolution of continental blocks and their sedimentary cover // *J. Sed. Res.* 1995. V. A65. P. 1-12.

Cox R., Lowe D.R., Cullers R.L. The influence of sediment recycling and basement composition on evolution of mudrock chemistry in the southwestern United States // *Geochim. Cosmochim. Acta*. 1995. V. 59. P. 2919-2940.

Cullers R.L., Podkovyrov V. N. Geochemistry of Mezoproterozoic Lakhanda shales in the southeastern Yakutiia, Russia: implication for mineralogical, provenance control and sedimentary recycling // *Precambrian Res.* 2000. V. 104. P. 77-93.

Michard A., Gurriet P., Soudant M., Albarede F. Nd isotopes in French Phanerozoic shales: external vs. internal aspects of crustal evolution // *Geochim. Cosmochim. Acta*. 1985. V. 49. P. 601-610.

Veizer J. Recycling on the evolving Earth: geochemical record in sediments // *Proc. 27th Int. Geol. Congress*. 1984. V. 11. Utrecht. VNU Sci. Press. P. 325-345.

Veizer J., Jansen L. Basement and sedimentary recycling-2: time dimension to global tectonics // *J. Geol.* 1985. V. 93. № 6. P. 625-643.