

УДК (552.517:550.4):551.72(292.48)

Т.М. Сокур

ДНЕСТРОВСКИЙ ПЕРИКРАТОН И ВЫЧЕГОДСКИЙ ПРОГИБ: НЕКОТОРЫЕ ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕРХНЕВЕНДСКИХ АРГИЛЛИТОВ

Приведены результаты сопоставления некоторых литогеохимических особенностей тонкозернистых обломочных пород (аргиллитов, алевроаргиллитов и мелкозернистых глинистых алевролитов) нескладчатой молассы венда Днестровского перикратона (юго-западная часть Восточноевропейской платформы, Украина) и Вычегодского прогиба (восточная и северо-восточная части Восточноевропейской платформы, Россия).

Ключевые слова: литогеохимия, тонкозернистые обломочные породы, венд, нескладчатая моласса, Днестровский перикратон, юго-запад, северо-восток и восток Восточноевропейской платформы.

Введение. Поздний докембрий представляет собой один из интереснейших этапов геологической истории Земли. С этим периодом связаны события, которые кардинально изменили ход истории. На границе раннего и позднего венда произошла перестройка структурного плана и перераспределение областей осадконакопления. В юго-западной части Восточноевропейской платформы (ВЕП) вследствие расширения областей погружения Волыно-Подольской плиты образовалась новая тектоническая структура – Днестровский перикратонный прогиб.

В это же время на подвижных участках в северо-восточных и восточных областях ВЕП закладывались глубокие прогибы, один из которых позже, в палеозое, оформился в обширную Московскую синеклизу, наложенную на Среднерусский авлакоген, Керецко-Лешуконско-Пинежскую рифтогенную зону и Притиманский перикратонный прогиб. Московская синеклиза (включая Мезенскую впадину) занимает огромную территорию от Воронежской антеклизы на юге до Тимана на севере, от Балтийского щита и Белорусского-Литовского выступа на западе до Волго-Камского массива на востоке. Вычегодский прогиб является структурой первого порядка Мезенской синеклизы.

Днестровский перикратон и Вычегодский прогиб по типу осадочного бассейна относятся к предгорным прогибам, по типу осадочных ассоциаций — к нескладчатой молассе [2].

С изучением моласс связан ряд теоретических и практических проблем. Это проблемы глобальной тектонической периодизации докембрия, стадийности формирования складчатых систем и ряд региональных аспектов тектонического порядка, а также образование специфических рудопроявлений цветных металлов (меди, цинка, свинца, золота, ртути, лития) и нерудного минерального сырья (фосфориты, флюорит, строительных материалов). В последнее время докембрийские молассы являются предметом специальных исследований как перспективные районы, связанные с нефтегазоносностью [3].

Объект, цель и задачи исследования. В настоящей работе ставится задача на основе детальной петрографической и литогеохимической характеристик провести сравнительный анализ верхневендских аргиллитов, алевроаргиллитов и мелкозернистых глинистых алевролитов, состава источников сноса, характера выветривания, зависимости состава отложений от вулканизма. Цель работы — реконструкция палеогеографических и палеогеодинамических обстановок в пределах Днестровского перикратона и Вычегодского прогиба.

© Т.М. Сокур, 2014

К верхневендским образованиям Днестровского перикратона относятся породы могилев-подольской и каниловской серий. Могилев-подольская серия впервые выделена В.А. Великановым [4] в 1979 г. в составе трех свит – могилевской, ярышевской и нагорянской. Эти свиты характеризуются общим структурным положением, наличием вулканомиктового материала, фосфатоносностью, специфическими геохимическими, минералогическими и фашиально-литологическими признаками, свидетельствующими о внутриплатформенном, преимущественно лагунообразном характере бассейна, наличии комплекса микрофитофоссилий [1] и многочисленных отпечатков Metazoa [9]. Каниловская серия залегает на могилев-подольской со структурным несогласием и объединяет четыре свиты – даниловскую, жарновскую, крушановскую, студеницкую.

Вычегодский прогиб расположен между Тиманской грядой и Волго-Уральской антеклизой и представляет собой крупную структуру северо-западного простирания. Размеры структуры – около 450x80 км. Поверхность фундамента погружается на северо-восток, где достигает глубины 10 км. Прогиб разделен Сторожевским поперечным поднятием на Сереговскую и Северо-Кельтминскую впадины. В западной части Сереговской впадины находится соляной купол, а на северо-востоке структура ограничена Западно-Тиманским взбросо-надвигом.

В Вычегодском прогибе наиболее полный разрез верхневендских отложений вскрыт скв. Кельтма 1, расположенной примерно в 420 км к востоку от Котласской скважины на юго-западном склоне Тиманского кряжа (южная часть Вычегодского прогиба). Он расчленяется на ряд интервалов: интервал 2312–1880 м — усть-пинезская свита, темноокрашенные алевролиты и аргиллиты с редкими прослоями алевролитов и алевропесчаников; интервал 1880–1725 м — красавинская свита, преимущественно аргиллиты и алевроаргиллиты с прослоями алевролитов и песчаников зеленовато-серой окраски; интервал 1725–1512 м — мезенская свита, переслаивание зелено- и пестроцветных аргиллитов, алевролитов и реже песчаников [6].

Материалы и методы исследования. В работе был использован массив из 250 химических силикатных анализов аргиллитов из коллекций автора, а также А.В. Сочавы и Л.В. Коренчук (банк литохимических данных Precsed, ИГГД РАН), отобранных из всех структурных единиц стратотипического разреза верхнего венда Днестровского перикратонного прогиба, а также 57 химических силикатных анализов аргиллитов, алевроаргиллитов и мелкозернистых глинистых алевролитов из вендских отложений Вычегодского прогиба [5] (см. таблицу).

Петрохимическая характеристика аргиллитов приведена с учетом классификации и литохимических приемов Я.Э. Юдовича и М.П. Кетрис [12]. Для оценки степени химического выветривания аргиллитов были использованы индекс химического выветривания ($CI_A = [Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + NaO + K_2O)] \times 100$) [13], отношение K_2O/Al_2O_3 .

Результаты исследований. Аргиллиты верхневендских отложений Днестровского перикратонного прогиба изучали многие исследователи. Были определены их минеральный состав, эпигенетические изменения, приуроченность к определенным стратиграфическим горизонтам. Сводная информация по истории изучения аргиллитов в данном регионе, а также новые данные, полученные с использованием современных методов исследования, рассмотрены автором в работах [10, 11].

Значения гидролизатного модуля $GM = (Al_2O_3 + TiO_2 + Fe_2O_3 + FeO + MnO) / SiO_2$ для всего разреза верхневендских аргиллитов Днестровского перикратона колеблется в значительных пределах — от 0,23 до 1,06. Для аргиллитов могилев-подольской серии минимальные и максимальные значения составляют от 0,34 до 1,06 и согласно модульной диаграмме $GM-FM-TM-NKM$ по классификации [12] аттестуются как сиаллиты и сиферсилы, а также и гидролизаты. GM аргиллитов каниловской серии варьируют в пределах 0,23-0,47 и аттестуются по классификации [12] как сиаллиты и сеферлиты, т.е. наблюдается определенная тенденция к уменьшению GM снизу вверх по разрезу. Наличие гидролизатов в могилев-подольской серии свидетельствует о значительном отделении продуктов гидролиза от кремнезема и о возможном присутствии

свободных окислов алюминия в породе, т.е. отложения являются дериватами кор выветривания.

Значения ГМ для алевроаргиллитов и аргиллитов венда Вычегодского прогиба варьируют от 0,31 до 0,52 (см. таблицу), что позволяет рассматривать их, в соответствии с представлениями [12], как сиаллиты и сиферлиты [5]. В изменении значений ГМ и АМ в усть-пинежско - падунском (кембрий) интервале венда в скв. 1 Кельтма намечается несколько заметно менее ярко выраженных, чем это характерно для тонкозернистых обломочных пород вычегодской свиты (нижний венд), вариаций. Так, в основании усть-пинежской свиты в интервале 2304–2251 м значение ГМ вначале растет от 0,33 до 0,43, а затем снижается до 0,36. Выше, примерно до глубины 1783 м, т.е. до кровли красавинской свиты, происходит весьма незначительный рост ГМ до 0,38–0,39. В нижних 45–50 м разреза мезенской свиты значения ГМ уменьшается от 0,37 до 0,33, а далее постепенно увеличивается до 0,39–0,40. Аналогичным образом изменяется в указанном интервале разреза и величина алюмокремниевого модуля [6].

Показатель титанового модуля ($TM = TiO_2/Al_2O_3$) для аргиллитов могилев-подольской серии Днестровского перикратона колеблется от 0,008 до 0,115, для аргиллитов каниловской серии ТМ составляет 0,026–0,057, т.е. в целом отмечается некоторое уменьшение показателя ТМ вверх по разрезу [11].

В усть-пинежско - красавинском интервале Вычегодского прогиба наблюдается рост ТМ от 0,038–0,053 в аргиллитах и алевроаргиллитах базальных уровней усть-пинежской свиты до 0,059–0,060 в тонкозернистых обломочных породах красавинской свиты (медиана $0,054 \pm 0,005$). Для мезенско-падунского уровня, напротив, намечается некоторое снижение значений титанового модуля (от 0,058 до 0,054–0,056) при медианном значении $0,056 \pm 0,002$.

Отношение K_2O/Al_2O_3 определяется интенсивностью процессов химического выветривания в области размыва. Для аргиллитов могилев-подольской серии Днестровского перикратона данная величина составляет от 0,05–0,46, каниловской серии – 0,10–0,24 [11].

Усть-пинежская свита характеризуется медианным значением отношения K_2O/Al_2O_3 равным $0,23 \pm 0,02$. В разрезе свиты также присутствует несколько микроциклов, в рамках которых величина K_2O/Al_2O_3 варьирует от 0,18 до 0,27 при общей тенденции к некоторому ее снижению вверх по разрезу. Тонкозернистые обломочные породы красавинской свиты, по всей видимости, продолжают указанную тенденцию (K_2O/Al_2O_3 медиана = $0,22 \pm 0,01$), тогда как для мезенско-падунского интервала наблюдается, напротив, постепенный рост значений K_2O/Al_2O_3 вверх по разрезу [7, 8].

Для индекса интенсивности химического выветривания ($CIA = [Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + NaO + K_2O)] \times 100$) [13] в усть-пинежско - мезенском разрезе скв. 1 Кельтма вырисовывается несколько более сложная картина, нежели для отношения K_2O/Al_2O_3 . Так, значения CIA в аргиллитах и алевроаргиллитах усть-пинежской свиты от ее подошвы (2312 м) и примерно до глубины 2120 м (мощность около 190 м) несколько растут, а выше, вплоть до кровли красавинской свиты (мощность порядка 360 м), немного снижаются. В разрезе же мезенской свиты (мощность 213 м) вначале наблюдается некоторый рост величины индекса химического изменения (от 65 до 67), а затем падение до 60, сменяющееся новым возростанием CIA до 69 [6 - 8].

Значения индекса интенсивности химического выветривания для аргиллитов могилев-подольской серии находятся в пределах от 63,3 до 91,3, для каниловской серии 72,2–82,6 [11].

Закономерности изменения химического состава глинистых пород изученных объектов, а также существующие черты их сходства и различия отчетливо прослеживаются на модульной диаграмме НКМ-ФМ (отношения натрий-калиевого модуля к фемическому модулю) [12]. Фигуративные точки, отвечающие аргиллитам слоев могилев-подольской серии, на диаграмме НКМ-ФМ расположились в полях II-VI (II – аргиллиты с преобладанием монтмориллонита с примесью каолинита и в подчиненном

количестве гидрослюд; III – с преобладанием хлорита и примесью железистых гидрослюд; IV – хлорит-гидрослюдистого состава; V – хлорит-монтмориллонит-гидрослюдистого состава; VI – аргиллиты с преимущественно гидрослюдистым составом с примесью дисперсных частиц полевых шпатов), тогда как для аргиллитов фигуративные точки, отвечающие слоям каниловской серии, локализованы в поле V и частично II. Более детальную информацию можно найти в [11].

Медианные, минимальные и максимальные содержания основных породообразующих оксидов (мас. %) в тонкозернистых обломочных породах венда и значения ряда индикаторных отношений модулей

Компонент/ индикаторное отношение	Днестровский перикратон	Вычегодский прогиб
SiO ₂	<u>59,72±6,19</u> 47,86-78,22	<u>62,25±2,63</u> 53,65-66,59
TiO ₂	<u>0,98±0,31</u> 0,30-1,78	<u>0,83±0,10</u> 0,56-1,13
Al ₂ O ₃	<u>18,04±3,02</u> 7,66-23,21	<u>15,50±1,33</u> 12,99-20,89
Fe ₂ O ₃ общ.	<u>7,87±2,23</u> 2,13-15,58	<u>7,53±1,12</u> 4,95-10,27
MnO	<u>0,05±0,03</u> 0,03-0,16	<u>0,10±0,04</u> 0,03-0,18
CaO	<u>0,59±0,62</u> 0,09-3,97	<u>0,83±0,69</u> 0,35-4,90
MgO	<u>2,34±0,61</u> 0,82-3,65	<u>2,95±0,53</u> 1,73-4,33
Na ₂ O	<u>0,98±0,51</u> 0,13-2,48	<u>1,50±0,47</u> 0,50-2,60
K ₂ O	<u>3,93±1,25</u> 1,24-6,60	<u>3,77±0,60</u> 2,53-5,21
P ₂ O ₅	<u>0,15±0,31</u> 0,01-2,03	<u>0,16±0,12</u> 0,04-0,97
Al ₂ O ₃ /SiO ₂	0,10-0,55	0,20-0,35
TiO ₂ /Al ₂ O ₃	0,008-0,11	0,036-0,060
Na ₂ O/K ₂ O	0,03-0,60	0,11-0,79
K ₂ O/Al ₂ O ₃	0,05-0,46	0,18-0,31
ГМ	0,23-1,06	0,31-0,52
ФМ	0,07-0,42	0,11-0,27
НКМ	0,085-0,54	0,25-0,42
СІА	63-91	47-72
n	270	57

Примечание. В числителе – медианное значение и величина стандартного отклонения, в знаменателе – минимальное и максимальное значение; для индикаторных отношений и модулей только минимальные и максимальные значения; n – число проанализированных образцов. Данные по Вычегодскому прогибу [5].

Алевроаргиллиты и аргиллиты мезенской свиты Вычегодского прогиба по своему составу тяготеет к полю VI, тогда как остальные локализованы в поле V [6, 7].

Заключение. Разрез позднего венда в обеих рассмотренных структурах представлен исключительно терригенными образованиями, среди которых присутствуют и отложения сравнительно глубоких и отдаленных от берега частей бассейнов глинистые толщи.

Приведенная выше сравнительная характеристика Днестровского перикратона и Вычегодского прогиба позволяет сделать ряд выводов.

Следует отметить общие закономерности, характерные для обеих структур: средние содержания основных породообразующих оксидов в тонкозернистых обломочных породах венда не выявили больших расхождений и находятся в почти одинаковых пределах. Для рассмотренных объектов характерно повышенное значение отношения K_2O/Al_2O_3 для отдельных циклов, превышающие 0,3 единицы. Это свидетельствует о том, что ряд породных последовательностей сложены материалом, прошедшим более одного седиментационного цикла, при одновременном выведении в зону денудации свежего материала (в том числе вулканогенного).

Присутствие гидролизатов в аргиллитах нижней части верхневендских отложений Днестровского перикратона говорит о том, что породы источников сноса претерпели сильное и глубокое выветривание на момент поступления в бассейн осадконакопления в отличие от аргиллитов венда Вычегодского прогиба, которые характеризуются более высокой химической зрелостью осадочной породы.

Повышенное содержание P_2O_5 и ТМ вдвое отмечается для аргиллитов Днестровского перикратона по сравнению с аналогичными породами Вычегодского прогиба. Очевидно, это связано с присутствием на размываемых территориях пород обогащенных фосфором и титаном.

Согласно модульной диаграмме НКМ—ФМ могилев-подольская серия отличается от каниловской серии многообразием химического состава глинистых пород, тогда как аргиллиты каниловской серии близки по составу с верхневендскими аргиллитами Вычегодского прогиба.

Величина индекса химического выветривания в верхнедокембрийском разрезе скв. 1 Кельтма тонкозернистой алюмосиликокластики значительно ниже для таких же отложений Днестровского перикратона и не превышает 70. Данное значение может свидетельствовать о том, что породы не претерпели существенных преобразований в условиях выраженного гумидного климата [6, 7].

1. *Асеева Е.А.* Микрофитофоссилии и водоросли из отложений верхнего докембрия Вольно-Подолки / Е.А. Асеева // Палеонтология и стратиграфия верхнего докембрия и нижнего палеозоя юго-запада Восточно-Европейской платформы. — Киев: Наук. думка, 1976. — С. 40-63.
2. *Беккер Ю.Р.* Молассы докембрия / Ю.Р. Беккер. — Л.: Недра, 1988. — 289 с.
3. *Вахнин М.Г.* Оценка перспектив поиска залежей нефти и газа на территории Вычегодского прогиба / М.Г. Вахнин // Материалы XVI Геологического съезда Республики Коми. 16 апреля 2014 г. — Коми НЦ УрО РАН. — С. 29-31.
4. *Великанов В.А.* Уточнение к стратиграфической схеме опорного разреза венда Подольского Приднестровья / В.А. Великанов, Е.А. Асеева, В.Я. Иванченко [и др.] // Докл. АН УССР. Сер. Б. — 1979. — № 2. — С. 987-991.
5. *Маслов А.В.* Некоторые литогеохимические особенности тонкозернистых обломочных пород складчатой и нескладчатой молассы венда (западная мегазона Южного и Среднего Урала, восток и северо-восток Русской платформы) / А.В. Маслов, В.Н. Подковыров, Д.В. Гражданкин, Ю.Н. Федоров, Э.З. Гареев // Литосфера. — 2013. — № 1. — С. 17–35.
6. *Маслов А.В.* Некоторые литохимические особенности верхнедокембрийских отложений, вскрытых скважиной 1 Кельтма (южная часть Вычегодского прогиба) / А.В. Маслов, В.Н. Подковыров // Ежегодник-2009. Тр. ИИГ УрО РАН. — 2010. — Вып. 157. — С. 161-167.
7. *Маслов А.В.* Особенности изменения ряда литогеохимических характеристик тонкозернистых обломочных пород позднего венда Мезенского палеобассейна / А.В. Маслов, Д.В. Гражданкин, В.Н. Подковыров, М.Т. Крупенин // Литосфера. — 2013. — № 3. — С. 25-42.
8. *Подковыров В.Н.* Литогеохимия тонкозернистых обломочных пород венда южной части Вычегодского прогиба / В.Н. Подковыров, Д.В. Гражданкин, А.В. Маслов // Литология и полез. ископаемые. — 2011. — № 5. — С. 484–504.

9. Рябенко В.А. Геологическая история территории Украины. Докембрий / В.А. Рябенко, Л.В. Коренчук, Е.А. Асеева [и др.]. – Киев: Наук. думка, 1992. – 186 с.
10. Сокур Т.М. Литологические и геохимические особенности аргиллитов верхнего венда и нижнего кембрия юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы / Т.М. Сокур // Наук. пр. ДНТУ. Сер. гірн.-геол. – 2012. – Вип. № 16 (206). – С. 12-19.
11. Сокур Т.М. Реконструкция условий формирования аргиллитов верхнего венда и нижнего кембрия на юго-западной окраине Восточно-Европейской платформы / Т.М. Сокур // Тектоніка і стратиграфія – 2013. – Вип. 40. – С. 12-19.
12. Юдович Я.Э. Основы литохимии / Юдович Я.Э., Кетрис М.П. – С.-Пб.: Наука, 2000. – 479 с.
13. Nesbitt H.W., Young G.M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites // Nature. – 1982. – Vol. 299. – P. 715–717.

T. Sokur

DNIESTER PERICRATON REGION AND VYCHEGODSK DEPRESSION: SOME LITHOGEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE UPPER VENDIAN OF ARGILLITES

The results of comparison of the lithogeochemical characteristics of fine-grained clastic rocks (argillites, shales and fine-grained clayey siltstones) from the Dniester pericraton region (the south-western part of the Russian Platform, Ukraine) and Vychegodsk depression (the eastern and north-eastern regions of Russian Platform, Russia) is done in the paper.

Key words: lithogeochemical characteristics of fine-grained rocks, unfolded molassa, Vendian, south-western, eastern and north-eastern regions of the East-European platform.

Т.М. Сокур

ДНІСТРОВСЬКИЙ ПЕРИКРАТОН ТА ВИЧЕГОДСЬКИЙ ПРОГІН: ДЕЯКІ ЛІТОГЕОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВЕРХНЬОВЕНДСЬКИХ АРГІЛІТІВ

Наведені результати зіставлення деяких літогеохімічних особливостей тонкозернистих уламкових порід (аргілітів, алевроаргілітів та дрібнозернистих глинистих алевролітів) нескладчастої моласи венду Дністровського перикратону (південно-західна частина Східноєвропейської платформи, Україна) та Вичегодського прогину (східна та північно-східна частина Східноєвропейської платформи, Росія).

Ключові слова: літогеохімія, тонкозернисті уламкові породи, венд, нескладчаста моласа, Дністровський перикратон, південно-західна, східна та північно-східна частини Східноєвропейської платформи.

Інститут геологічних наук НАН України, Київ
Сокур Тетяна Макарівна
e-mail: Sokur.1966@mail.ru

Стаття надійшла: 20.11.2014