

ЛИТОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОТЛОЖЕНИЙ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ КРУТИХИНСКОЙ ПОДСВИТЫ ЧЕРНОКАМЕНСКОЙ СВИТЫ КАК ОТРАЖЕНИЕ ПРОЦЕССОВ НЕОПРОТЕРОЗОЙСКОГО ПЕДОГЕНЕЗА

А. В. Маслов

Как указывает Г.А. Заварзин [4], в привычном нам виде почва появляется на поверхности Земли с конца силура. До этого момента процессы выветривания и выщелачивания контролировались микробиотой (собственно альго-бактериальными сообществами, в том числе вместе с сообществами грибов и водорослей). Современными аналогами циано-бактериальных матов, колонизировавших участки суши уже примерно 2 млрд. лет назад, являются сообщества пустынь, такыров и соров, в составе которых преобладают низшие растения. Около 1 млрд. лет назад появляются альго-бактериальный и альго-грибной наземные биоценозы.

По данным Г. Реталлака [16, 17 и др.], известного американского специалиста в области изучения палеопочв, докембрийские палеопочвы имеют горизонты, сходные (по цвету, текстуре, минеральному и химическому составу) с горизонтами современных почв. Чаще всего они представлены разнообразными по гранулометрии и минералогическому составу породами розовой, светло-, палево- и желтовато-коричневой, красной или коричневой окраски, то есть достаточно заметны в полевых условиях.

Процессы выветривания ведут к накоплению в почвах и их палеоаналогах SiO_2 , Fe_2O_3 и Al_2O_3 при параллельном выносе CaO , MgO , Na_2O и K_2O . Наиболее широко используемыми индикаторами разнообразных процессов химической трансформации материнских пород при почвообразовании являются выраженные в молекулярном виде отношения: 1) $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$, Ba/Sr (гидролиз); 2) $\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$, $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO})/\text{Al}_2\text{O}_3$, $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO})/\text{Al}_2\text{O}_3$ (окисление); 3) $\text{SiO}_2/(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3)$ (гидратация); 4) $(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ (засолонение) [17, 18]. Основной методический прием здесь – анализ изменения значений перечисленных выше отношений в детально (часто сантиметр за сантиметром) опробованных разрезах предполагаемых палеопочв и сопоставление полученных данных с известными моделями (Ultisol, Alfisol, Mollisol и др.).

При изучении в 2003–2005 гг. верхневендских отложений Среднего Урала (Кваркушко-Каменногорский мегантиклинорий), сформированных в обстановках периодически осушаемых приливно-отливных и дельтовых равнин, в песчаниках с признаками педогенной проработки была обнаружена

новая ископаемая экологическая ассоциация, представленная преимущественно остатками веероподобных организмов *Arumberia Glaessner et Walter* [3, 5]. Представляется, что комплексное изучение обстановок обитания и условий захоронения ее представителей позволит выяснить, насколько во времени были разнесены события, обусловившие формирование предполагаемых палеопочв и колонизацию их организмами.

Присутствие палеопочв в верхневендской осадочной последовательности западного склона Среднего Урала по данным детального литолого-фациального изучения можно предполагать в верхней части крутихинской подсвиты чернокаменной свиты (среднее течение р. Усьва, разрезы в районе Заячьих островов). Крутихинская подсвита представляет регрессивно построенную осадочную последовательность мощностью около 400 м (в обнажении Красная Гора на р. Усьва представлена нижняя часть подсвиты мощностью 230 м, а ниже по течению, в районе Заячьих островов, – верхняя, мощность которой составляет примерно 150 м [5]. В первом из названных обнажений можно видеть закономерное ритмичное чередование интервалов, сложенных зеленовато-серым, местами с бурым оттенком, тонким волнистым и линзовидным переслаиванием песчаников и аргиллитов (0.2–0.8 до 1 м), и пластов голубовато-серых и красно-коричневых тонкослоистых аргиллитов (0.2–0.8 до 2.5 м). Интервалы переслаивания песчаников и аргиллитов, в свою очередь, вмещают выдержанные по простиранию прослои среднезернистых зеленовато-серых песчаников (4–15 до 30 см) с многоэтажной косой слоистостью. На кровле песчаниковых прослоев сохраняются разнообразные знаки ряби с симметричными, асимметричными и двойными рифелями, а также знаки ряби, во впадинах которых сформировалась мелкая поперечная рябь. Иногда на одной поверхности напластования наблюдаются участки с различным направлением простирания знаков ряби [3]. Все это указывает на чрезвычайно мелководные обстановки накопления осадков.

В районе Заячьих островов верхняя часть крутихинской подсвиты представлена ритмичным чередованием пакетов пятнистых, зеленовато- и вишнево-серых алевролитов и аргиллитов (0.2–0.5 м), пластов темно-серых и зеленовато-серых тонкослоистых алевролитов (0.1–0.6 м) и



Рис. 1. Подошва пласта песчаников со следами трещин высыхания и глиптоморфозами по мелким кубическим кристаллам соли (разрез по левому берегу р. Усьва несколько выше скалы Мултык). Масштаб – монета достоинством 50 коп.

коричнево-серых песчаников без видимой слоистости, либо с косоволнистой слоистостью (0.1–0.4 м). Многоэтажная однонаправленная косая слоистость для этой части разреза крутихинской подсвиты не характерна. Подошва одного из пластов песчаников несет слепки трещин высыхания и глиптоморфозы по мелким кубическим кристаллам соли (рис. 1). Именно здесь в песчаниках присутствуют многочисленные остатки арумберий, которые сохранились внутри прослоев в виде объемных слепков, а на поверхностях напластования – ископаемые следы жизнедеятельности.

В настоящее время мы не располагаем данными по детально (на “сантиметровом” уровне) опробованным фрагментам разрезов верхней части крутихинской подсвиты, но можем выполнить сопоставление валовых химических анализов присутствующих здесь пестро- и красноцветных пород (алевролитов, алевроаргиллитов и аргиллитов) с зеленоцветными образованиями аналогичной гранулометрии из разрезов синекаменской подсвиты чернокаменской свиты, для которых признаки седиментации в сверхмелководных обстановках отсутствуют [3, 6], а также таким геохимическим эталоном как РААС (средний постархейский австралийский сланец [11]) и рядом других объектов.

Статистические данные по химическому составу тонкозернистых обломочных пород синекаменской и крутихинской подсвит чернокаменской сви-

ты, а также палеопочв Pronto (нижний протерозой, Онтарио, Канада, по данным [15]), приведены в табл. 1. Анализ положения фигуративных точек составов аргиллитов и алевроаргиллитов синекаменской и крутихинской подсвит на основных классификационных диаграммах показывает, что они достаточно близки друг к другу. Так, на диаграмме $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3) - \log(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})$ [14] (рис. 2а) составы обоих подсвит локализованы в основном в поле сланцев. Исходя из свойственных им величин ГМ (синеккаменская подсвита – медиана 0.42, минимум 0.32, максимум 0.52, крутихинская подсвита – 0.44, 0.40 и 0.49, соответственно), и те, и другие представлены преимущественно нормогидролизатами (классификация Я.Э. Юдовича и М.П. Кетрис); разброс же значений $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ относительно невелик и практически также сопоставим (синеккаменская подсвита – медиана 5.53 (4.61–7.25), крутихинская – медиана 5.64 (4.74–6.26) (рис. 2б). На диаграмме НКМ–ФМ [12] точки составов тонкозернистых обломочных пород обеих подсвит чернокаменской свиты расположены в полях V и VI, имея сходные значения как НКМ, так и ФМ (рис. 2в). Наконец, на диаграмме $\text{K}/\text{Al} - \text{Mg}/\text{Al}$ [19] точки составов аргиллитов и алевроаргиллитов синеккаменской и крутихинской подсвит локализованы также весьма компактно (рис. 2г), что указывает на существенное сходство их химического и минерального состава.

Таблица 1. Медианные, минимальные и максимальные содержания (мас. %) основных породообразующих оксидов в тонкозернистых терригенных породах синекаменской и крутихинской подсвит чернокаменской свиты и палеопочвах Pronto (нижний протерозой, Канада)

Объекты /компоненты	Синекаменская подсвита				Крутихинская подсвита				Палеопочвы Pronto			
	Мд	СО	Мин	Макс	Мд	СО	Мин	Макс	Мд	СО	Мин	Макс
SiO ₂	60.61	2.28	55.50	65.46	59.84	1.53	57.33	61.95	73.74	2.60	71.27	78.24
TiO ₂	0.88	0.09	0.67	1.10	0.89	0.03	0.85	0.95	0.13	0.02	0.09	0.15
Al ₂ O ₃	16.94	1.30	14.59	20.76	17.22	0.59	16.38	18.17	14.36	1.62	11.88	16.23
Fe ₂ O ₃	6.92	0.51	5.77	8.04	7.93	1.05	6.26	10.88	1.14	0.20	1.04	1.57
MnO	0.09	0.03	0.04	0.19	0.05	0.07	0.04	0.35	0.01	0.00	0.01	0.02
MgO	2.54	0.14	2.25	2.96	1.95	0.12	1.77	2.15	0.46	0.10	0.38	0.66
CaO	0.61	0.14	0.49	0.98	0.30	0.08	0.27	0.48	0.03	0.03	0.02	0.09
K ₂ O	4.19	0.51	3.50	5.81	4.26	0.42	3.19	4.82	7.36	0.91	5.83	8.28
Na ₂ O	1.30	0.42	0.60	2.20	1.47	0.15	1.34	1.76	0.13	0.39	0.10	1.09
P ₂ O ₅	0.17	0.03	0.13	0.27	0.14	0.06	0.08	0.35	0.02	0.01	0.01	0.04
ппп	4.40	0.50	3.30	5.40	5.50	0.67	4.30	6.70	1.64	0.24	1.23	1.90
n	43				17				6			

Примечание. Мд – медиана, СО – стандартное отклонение, Мин – минимум, Макс – максимум, n – число проанализированных образцов.

Медианная величина индекса химического изменения (CIA) для тонкозернистых обломочных пород синекаменского уровня составляет 68 (минимум 63, максимум 72). Аналогичные по гранулометрии образования крутихинского уровня имеют медианное значение CIA 69 (минимум 66, максимум 73). Если считать, что в данном случае величина CIA является именно палеоклиматическим сиг-

налом, то приведенные выше данные не позволяют рассматривать породы синекаменской и крутихинской подсвит как существенно преобразованные процессами химического выветривания. Следует также отметить, что в имеющейся в нашем распоряжении выборке алевроаргиллитов и аргиллитов синекаменской подсвиты корреляция между CIA и гидролизным модулем (оба параметра яв-

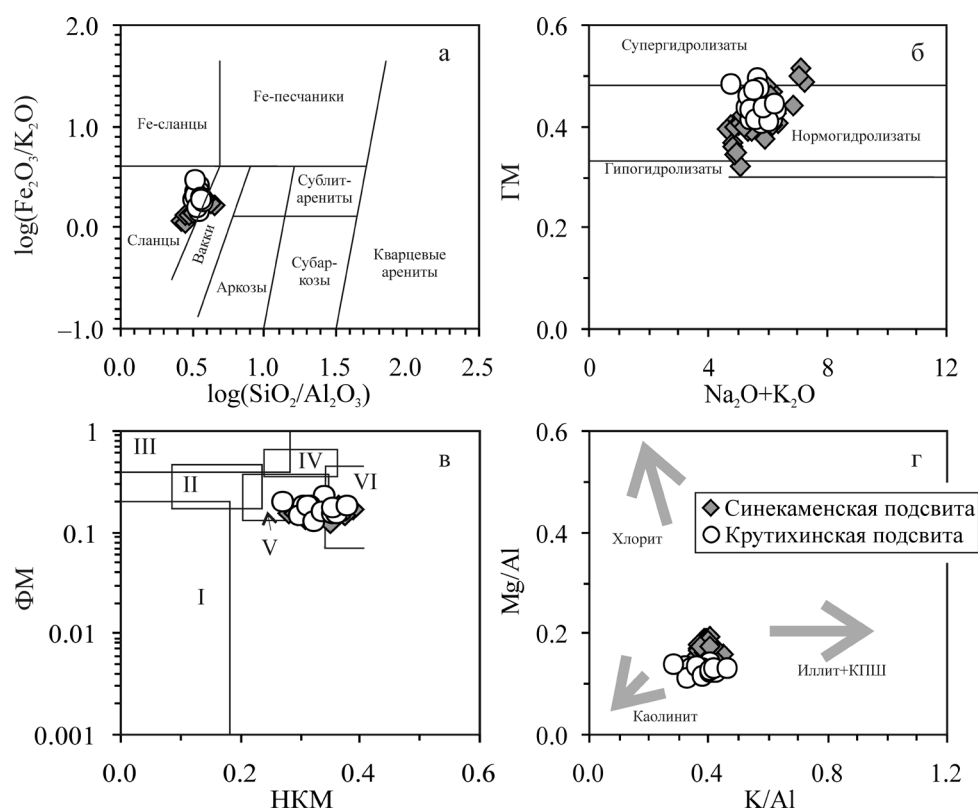


Рис. 2. Положение фигуративных точек состава тонкозернистых обломочных пород синекаменской и крутихинской подсвит чернокаменской свиты на диаграммах $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ – $\log(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})$ [14] (а), $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ –ГМ и НКМ–ФМ [12] (б, в) и K/Al – Mg/Al [19] (г).

Таблица 2. Соотношение основных породообразующих оксидов в тонкозернистых обломочных породах синекаменской и крутихинской подсвит чернокаменной свиты и палеопочвах Pronto с PAAS

Компоненты /параметры	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	ппп
Синекаменская подсвита											
Мд	0.97	0.88	0.90	1.06	0.83	1.15	0.47	1.13	1.08	1.06	0.73
Мин	0.88	0.67	0.77	0.89	0.35	1.02	0.38	0.95	0.50	0.81	0.55
Макс	1.04	1.10	1.10	1.24	1.71	1.35	0.75	1.57	1.83	1.69	0.90
Крутихинская подсвита											
Мд	0.95	0.89	0.91	1.22	0.43	0.89	0.23	1.15	1.23	0.89	0.92
Мин	0.91	0.85	0.87	0.96	0.32	0.81	0.21	0.86	1.12	0.50	0.72
Макс	0.99	0.95	0.96	1.67	0.51	0.98	0.37	1.30	1.47	1.38	1.12
Палеопочвы Pronto											
Мд	1.17	0.13	0.76	0.17	0.09	0.21	0.02	1.99	0.11	0.13	0.27
Мин	1.13	0.09	0.63	0.16	0.09	0.17	0.02	1.58	0.08	0.06	0.21
Макс	1.25	0.15	0.86	0.24	0.14	0.30	0.07	2.24	0.91	0.25	0.32

ляются индикаторами зрелости алюмосиликокластики) отсутствует ($r = 0.06$). Для выборки тонкозернистых обломочных пород крутихинской подсвиты величина коэффициента корреляции между значениями CIA и ГМ составляет 0.47, что, скорее всего, также можно рассматривать как отсутствие тесной взаимосвязи между названными параметрами. Еще один вопрос – насколько независимы значения CIA от состава размывавшихся на палеодосборах комплексов пород? Решить это можно пу-

тем анализа взаимосвязей между CIA и такими геохимическими индикаторами состава пород как Th/Sc и Th/Cr. Для синекаменского уровня корреляция между CIA и указанными индикаторными отношениями составляет, соответственно, 0.26 и 0.15, а для крутихинского –0.66 и –0.01. Это позволяет считать, что величина индекса химического изменения для тонкозернистых обломочных образований обоих уровней чернокаменной свиты в существенной мере контролируется составом пород на

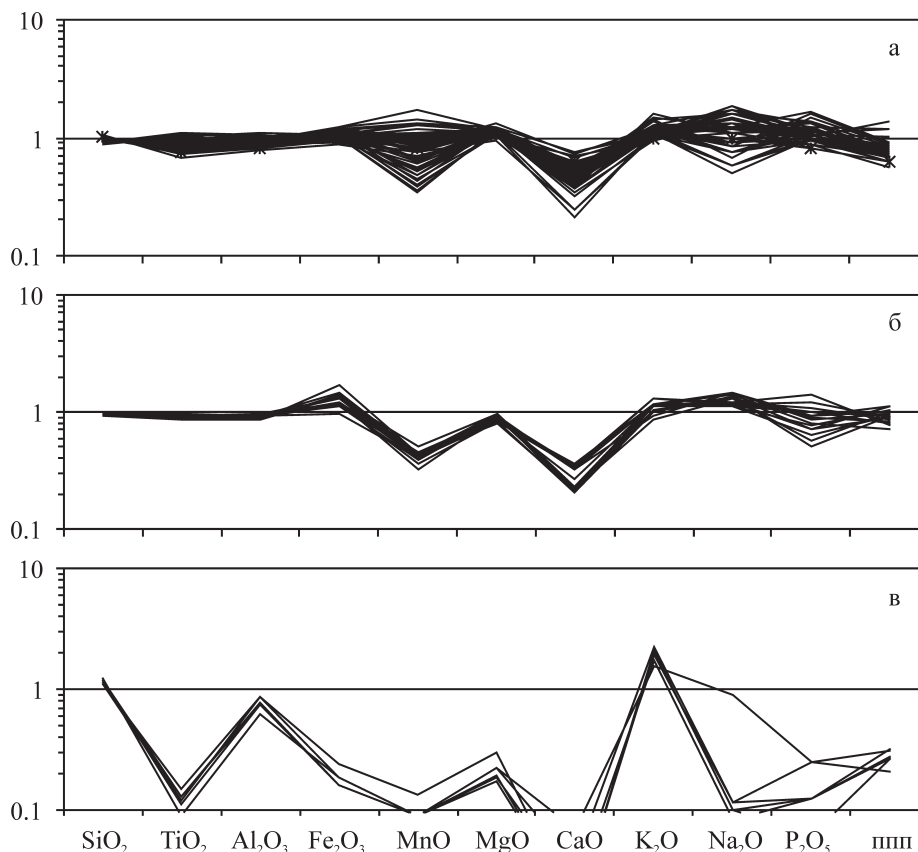
**Рис. 3.** Нормированные на PAAS содержания основных породообразующих оксидов в тонкозернистых обломочных образованиях синекаменской (а) и крутихинской (б) подсвит чернокаменной свиты верхнего венда Кваркушко-Каменногорского мегантиклинория и палеопочвах Pronto (нижний протерозой, Канада) (в).

Таблица 3. Некоторые статистические параметры ряда индикаторных отношений основных породообразующих оксидов в тонкозернистых обломочных породах синекаменской и крутихинской подсвит чернокаменской свиты

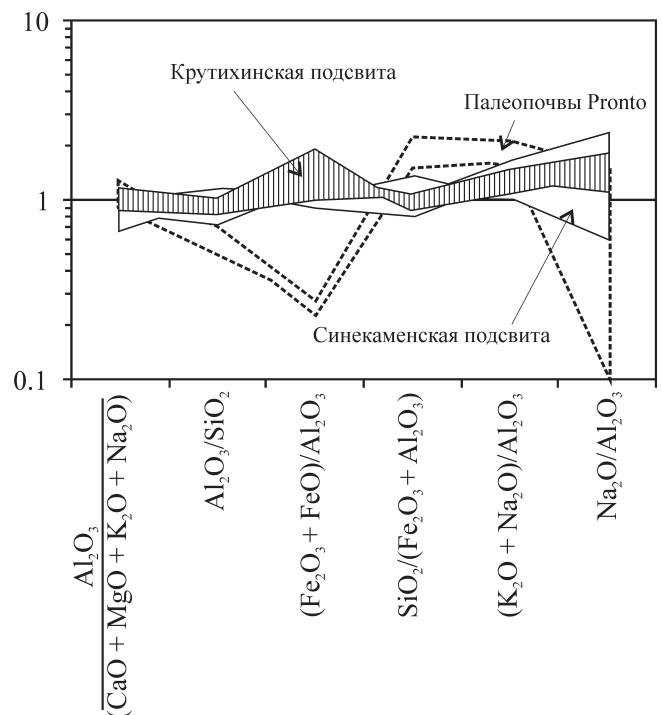
Отношения / параметры	$\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$	$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$	$(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO})/\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2/(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3)$	$(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$
Синекаменская подсвита						
Мд	1.19	0.16	0.26	4.81	0.39	0.13
Мин	0.99	0.13	0.19	3.76	0.33	0.06
Макс	1.35	0.22	0.31	6.09	0.50	0.22
Крутихинская подсвита						
Мд	1.35	0.17	0.30	4.56	0.40	0.14
Мин	1.25	0.16	0.22	4.16	0.34	0.12
Макс	1.53	0.18	0.42	4.86	0.46	0.17

палеоводосборах и не может рассматриваться как чисто палеоклиматический сигнал.

Сопоставление с PAAS [11] демонстрирует как достаточное сходство химического состава тонкозернистых обломочных образований синекаменской и крутихинской подсвит, так и выявляет некоторые отличия их друг от друга (табл. 2, рис. 3а, б). Наиболее общими особенностями алевролитов и аргиллитов обеих подсвит являются весьма близкие или достаточно сопоставимые с PAAS содержания SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , MgO , K_2O , P_2O_5 и ппп. Содержания Fe_2O_3 в тонкозернистых обломочных породах крутихинской подсвиты несколько выше, чем в аналогичных образованиях синекаменского уровня (медианные значения составляют, соответственно, 1.22 и 1.06) и в PAAS; содержания оксида марганца варьируют от 0.32 до $0.51 \times \text{PAAS}$, тогда как в синекаменских алевроаргиллитах и аргиллитах данный оксид присутствует как в больших, так и в меньших, чем в PAAS, концентрациях. Содержание оксида кальция в тонкозернистых обломочных породах крутихинской подсвиты составляет $0.21\text{--}0.37 \times \text{PAAS}$, а в породах синекаменского уровня несколько выше ($0.38\text{--}0.75 \times \text{PAAS}$). Наконец, алевроаргиллиты и аргиллиты крутихинской подсвиты характеризуются немного более высокими, чем в PAAS, содержаниями оксида натрия (медиана 1.23, минимум 1.12, максимум 1.47), тогда как минимальное содержание Na_2O в породах синекаменского уровня составляет $0.50 \times \text{PAAS}$, а максимальное – $1.83 \times \text{PAAS}$. Если же обратиться к составу палеопочв Pronto, сформированных на гранитном субстрате, то можно видеть, что по сравнению с PAAS они резко (почти и более чем на порядок) деплетированы TiO_2 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO , Na_2O , P_2O_5 и ппп. Содержания же SiO_2 и Al_2O_3 в них более или менее близки к содержаниям в PAAS (рис. 3в). Однако, палеопочвы Pronto подверглись интенсивному преобразованию процессами химического выветривания, что в значительной мере отличает их от рассматриваемых нами верхневендских образований.

Сходство состава тонкозернистых обломочных образований синекаменской и крутихинской

подсвит наблюдается и при рассмотрении собственных им значений ряда индикаторных отношений породообразующих оксидов, используемых Г. Реталлаком [17, 18] при анализе палеопочв и близких к ним образований (табл. 3, рис. 4). Так, медианные значения отношений $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ и $(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ и $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ в алевроаргиллитах и аргиллитах обеих подсвит сопоставимы, тогда как величины $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$, $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO})/\text{Al}_2\text{O}_3$ и $\text{SiO}_2/(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3)$ несколько различаются (соответственно, для синекаменской подсвиты – 1.19, 0.26 и 4.81, а для крутихинской – 1.35, 0.30 и 4.56). Исходя из сказанного, для тонкозернистых обломочных образований крутихинско-

**Рис. 4.** Вариации значений ряда индикаторов процессов химической трансформации материнских пород при почвообразовании для тонкозернистых обломочных образований синекаменской и крутихинской подсвит чернокаменской свиты и палеопочв Pronto.

го уровня, по сравнению с аналогичными образованиями синекаменского уровня, можно видеть признаки некоторого накопления Fe_2O_3 и выноса CaO , однако уменьшения содержаний MgO , Na_2O и K_2O , как это типично для выраженных процессов выветривания, не наблюдается.

Возможной причиной присутствия в разрезах крутихинской подсвиты пестро- и красноцветных алевроаргиллитов и аргиллитов может быть и синхронный процессам седиментации вулканизм, что достаточно характерно для верхневендских отложений на востоке и северо-востоке Восточно-Европейской платформы [1, 2, 8, 9 и др.]. Достаточно вспомнить, что среди красноцветных алевроаргиллитов вилухинской подсвиты чернокаменной свиты установлены прослои вулканических пеплов [7]. Так это или нет на самом деле, можно проверить с помощью хорошо известных геохимических модулей – титанового $(\text{Fe} + \text{Mn})/\text{Ti}$ [10] и алюминиевого $\text{Al}/(\text{Al} + \text{Fe} + \text{Mn})$ [13]. Для осадков, содержащих эксгальвативные компоненты, значения указанных модулей составляют, соответственно, более 25 и менее 0.40. Как показывают расчеты, тонкозернистые обломочные породы синекаменской подсвиты характеризуются медианным значением модуля Страхова 12 ± 1 , а модуль Бострёма составляет для них 0.59 ± 0.03 . Алевроаргиллиты и аргиллиты крутихинской подсвиты имеют значения модуля Страхова 14 ± 2 ; модуль Бострёма в них варьирует от 0.47 до 0.62, что указывает на отсутствие взаимосвязи процессов седиментации и вулканизма во время накопления отложений как синекаменской, так и крутихинской подсвит чернокаменной свиты.

Таким образом, проведенный анализ литохимических особенностей пород верхней части крутихинской подсвиты чернокаменной свиты дает некоторые основания предполагать, что они затронуты в относительно небольшой степени процессами педогенеза, однако реальную картину протекания последних и соотношения с процессами колонизации осадка арумбериоморфными организмами можно будет получить только при детальном изучении наиболее представительных фрагментов данного литостратиграфического подразделения сыльвицкой серии верхнего венда.

Исследования выполнены в рамках проекта “Эволюция процессов выветривания и педогенез в неопротерозое” Программы РАН № 15 “Происхождение биосферы и эволюция гео-биологических систем”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксенов Е.М. Венд Восточно-Европейской платформы // Вендская система. Историко-геологическое и палеонтологическое обоснование. Т. 2. Стратиграфия и геологические процессы. М.: Наука, 1985. С. 3–34.
2. Аксенов Е.М., Волкова С.А. Вулканогенно-осадочные горизонты редкинской свиты валдайской серии // Докл. АН СССР. 1969. Т. 188, № 3. С. 635–638.
3. Гражданкин Д.В., Маслов А.В., Крупенин М.Т. Строение и этапы формирования верхнепротерозойских (вендских) отложений сыльвицкой серии западного склона Среднего Урала // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2009. Т. 17, № 5. В печати.
4. Заварзин Г.А. Лекции по природоведческой микробиологии. М.: Наука, 2004. 348 с.
5. Маслов А.В., Гражданкин Д.В., Крупенин М.Т. Чернокаменная свита бассейна р. Усьва на Среднем Урале (особенности строения, седиментология, условия формирования) // Ежегодник-2003. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2004. С. 65–87.
6. Маслов А.В., Гражданкин Д.В., Крупенин М.Т. К характеристике отложений чернокаменной свиты в окрестностях дд. Верхняя и Нижняя Ослянки (бассейн р. Чусовой) // Ежегодник-2006. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2007. С. 88–94.
7. Маслов А.В., Гражданкин Д.В., Ронкин Ю.Л. и др. Пепловые туфы в отложениях сыльвицкой серии верхнего венда (Кваркушско-Каменногорский мегантиклинорий, Средний Урал) // Литосфера. 2006. № 3. С. 45–70.
8. Станковский А.Ф., Веричев Е.М., Гриб В.П., Добейко И.П. Венд юго-восточного Беломорья // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1981. № 2. С. 78–87.
9. Станковский А.Ф., Веричев Е.М., Константинов Ю.Г. и др. Первая находка эффузивов среди редкинских отложений венда на севере Русской платформы // Докл. АН СССР. 1977. Т. 234, № 3. С. 661–664.
10. Страхов Н.М. Проблемы геохимии современного океанского литогенеза. М.: Наука, 1976. 299 с.
11. Тейлор С.Р., МакЛеннан С.М. Континентальная кора: ее состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 384 с.
12. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.
13. Bostrom K. The origin and fate of ferromanganoan active ridge sediments // Stockholm Contrib. Geol. 1973. V. 27, № 2. P. 148–243.
14. Herron M.M. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data // J. Sed. Petrol. 1988. V. 58. P. 820–829.
15. Nedachi Y., Nedachi M., Bennett G., Ohmoto H. Geochemistry and mineralogy of the 2.45 Ga Pronto paleosols, Ontario, Canada // Chem. Geol. 2005. V. 214. P. 21–44.
16. Retallack G.J. How to find a Precambrian paleosol // Early organic evolution: implication for mineral and energy resources / Eds. M. Shidlowski et al. N.Y.: Springer, 1990. P. 84–97.
17. Retallack G.J. A colour guide to paleosols. Chichester: John Wiley & Sons, 1997. 175 p.
18. Retallack G.J. Soils of the past. An introduction to paleopedology. Oxford: Blackwell, 2001. 404 p.
19. Turgeon S., Brumsack H.-J. Anoxic vs dysoxic events reflected in sediment geochemistry during the Cenomanian–Turonian Boundary Event (Cretaceous) in the Umbria–Marche basin of central Italy // Chem. Geol. 2006. V. 234. P. 321–339.