ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ПОРОД ПИЖЕМСКОЙ СВИТЫ ВЕРХНЕГО РИФЕЯ НА ВОЗВЫШЕННОСТИ ОЧПАРМА (ЮЖНЫЙ ТИМАН)

Н. Ю. Никулова

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

nikulova@geo.komisc.ru

Приведены результаты изучения вещественного состава метатерригенных пород среднего рифея Южного Тимана. Изучение литологических и геохимических характеристик песчано-сланцевой толщи позволило установить, что ее образование проходило на континентальном шельфе в условиях мелководного бассейна со слабой гидродинамикой и сезонными изменениями климата. В составе пород преобладают рециклированные обломки, переотложенные из древних метасадочных толщ, присутствуют слабоизмененный вулканомиктовый и пирокластический материал.

Ключевые слова: рифей, метатерригенные породы, вещественный состав, обломочный материал, условия осадконакопления.

LYTHOLOGICAL AND CHEMICAL COMPOSITION AND DEPOSITIONAL CONDITIONS OF THE MIDDLE RIPHEAN METACLASTIC ROCKS IN THE OCHPARMA UPLAND (SOUTH TIMAN)

N. Y. Nikulova

Institute of Geology Komi SC UB RAS, Syktyvkar

The results of studying the composition of the Middle Riphean metaclastic rocks from the South Timan are summarized in the article. Lithological features and geochemical parameters of sandy shales allow us to conclude that sedimentation occurred on the continental shelf in a shallow marine basin with weak hydrodynamic regime and seasonal climate variations. Sandy interlayers are dominated by mineral and rock fragments redeposited from eroded older metasedimentary rocks. They also contain slightly altered volcanic and pyroclastic material.

Keywords: Riphean, metaclastic rock, composition, clastic material, sedimentation conditions.

Введение

В среднем течении р. Воль на возвышенности Очпарма находится один из немногочисленных в юго-восточной части Тиманского кряжа естественных выходов рифейских пород (рис. 1).

В геологическом строении этой возвышенности принимают участие средне-, верхнерифейские и палеозойские образования¹. Рифейские отложения, выведенные на поверхность в пределах Вольской тектонической зоны на юго-востоке возвышенности Очпарма, представлены среднерифейскими клеоновской (RF_2kl), пижемской (RF_2p) свитами и вымской (RF_2vm) серией, верхнерифейские – павьюгской (RF_3pv) и паундской (RF_3pn) свитами (рис. 2). В объяснительной записке к геологической карте отложения пижемской свиты описаны как однородная толща темно-серых кварц-серицит-хлоритовых сланцев, содержащих порфиобласты сидерита, с тонкими (1–2 мм) прослойками кварцитопесчаников. Рифейские отложения с угловым несогласием перекрыты терригенными и карбонатными образованиями верхнего девона, на закарстованной поверхности которых со стратиграфическим несогласием залегают каменноугольные отложения.

Рифейские отложения на Среднем Тимане являются вмещающими для многочисленных метасоматических редкометалльно-редкоземельных рудопроявлений, обусловленных внедрением ордовикских щелочных и основных интрузивных образований, а изучение разреза на р. Воль позволяет охарактеризовать исходные, не затронутые метасоматическими процессами породы.

Рис. 1. Расположение разреза (1)

Fig. 1. Section location (1)

Объект и методы исследования

Объектом исследования являются метатерригенные отложения пижемской (RF_2p) свиты среднего рифея, описанные и опробованные в естественном обнажении в среднем течении р. Воль (рис. 2). Отложения упомянутой свиты вскрыты на правом берегу реки на протяжении около 30 м. Азимут падения слоев 75° , угол падения 35° . Целью

¹Описание геологического строения района приводится по Государственной геологической карте Российской Федерации масштаба 1:200 000, серия Тиманская, лист Р-39-ХVIII. 1991 г.

Рис. 2. Схематическая геологическая карта возвышенности Очпарма (по Н. В. Опаренкову, 1991 г.). 1, 2 — палеозой: 1 — каменноугольная система (глины, аргиллиты, алевролиты, известняки, доломиты), 2 — девонская система, верхний отдел (алевролиты, глины, песчаники, известняки, доломиты); 3, 4 — верхний рифей: 3 — павьюгская свита (доломиты), 4 — паундская свита (сланцы кварц-серицит-хлоритовые, известковистые, доломиты, известняки); 5–7 — средний рифей: 5 — клеоновская свита (алевролиты и сланцы серицит-хлоритовые, кварцевые и хлорит-серицит-кварцевые), 6 — пижемская свита (сланцы хлорит-серицит-кварцевые), 7 — вымская серия (переслаивание сланцев серицит-хлорит-кварцевых, хлорит-кварцевых, углисто-серицит-кварцевых и кварцитов); 8, 9 — границы между стратиграфическими подразделениями: 8 — согласные (а — достоверные, б — предполагаемые), 9 — несогласные; 10, 11 — разломы предполагаемые: 10 — взбросо-надвиги, 11 — другие разломы; 12 — местоположение изученного разреза

Fig. 2. Schematic geological map of Ochparma uplift (according to N. V. Oparenkov, 1991). 1, 2 — Paleozoic: 1 — Carboniferous system (clays, argillites, aleurolites, limestones, dolomites), 2 — Devonian system, upper section (aleurolites, clays, sandstones, limestones, dolomites); 3–4 — Upper Riphean: 3 — pavyugskaya suite (dolomites), 4 — paundskaya suite (quartz-sericite-chlorite, calcareous shales, dolomites, limestones); 5–7 — Middle Riphean: 5 — kleonovskaya suite (aleurolites and sericite-chlorite, quartz and chlorite-sericite-quartz shales), 6 — pizhemskaia suite (chlorite-sericite-quartz shales), 7 — vymskaya series (interbedding of sericite-chlorite-quartz, chlorite-quartz, carbonaceous sericite-quartz shales and quartzites); 8, 9 — boundaries between stratigraphic units: 8 — conformable (a — reliable, b — prospective), 9 — unconformable; 10, 11 — prospective faults: 10 — overthrust reversed faults, 11 — other faults; 12 — studied section

изучения данной свиты является выяснение особенностей вещественного состава пород, установление источников и способов поступления обломочного материала, условий осадконакопления и характера постдиагенетических преобразований, определивших современный облик толщи.

Петрографический состав пород пижемской свиты изучен в шлифах. Выделенная по стандартной методике (дробление, разделение) тяжелая фракция протоличных

проб просматривалась под биноклем. Микронзондовый анализ проводился на сканирующем электронном микроскопе JSM-6400 с энергетическим спектрометром Link (оператор В. Н. Филиппов). Фазовый состав пород был определен при помощи рентгенодифрактометрического анализа неориентированных образцов (дифрактометр Shimadzu XRD-6000, CuK α -излучение, 30 kV/30 mA, оператор к. г.-м. н. Ю. С. Симакова). Содержания породообразующих оксидов определены весовым химическим методом в лаборатории Института геологии Коми НЦ УрО РАН (Сыктывкар). Интерпретация результатов химических анализов проведена с помощью известных методик, позволяющих установить генетическую принадлежность пород, источники терригенного материала и условия накопления отложений [2–4, 7, 8, 11–17].

Особенности строения и литолого-геохимическая характеристика терригенных пород

Пижемская свита представляет собой тонкое чередование темно-серых сланцев и тонкозернистых песчанников или алевролитов (рис. 3, а). Для сланцевых слоев, сложенных микронзернистым агрегатом кварца, полевого шпата, серицита и хлорита, характерны микролепидогранобластовая структура и сланцеватая текстура. Песчано-алевритовые слои имеют гранобластовую структуру и содержат многочисленные полости ромбической формы, характерной для доломита. Часть из них пустые, некоторые частично, на периферии, а некоторые нацело выполнены буроватым микрокомковатым агрегатом гидроокислов железа (рис. 3, б). Ромбические полости, вероятно, появились в результате выщелачивания хемогенного доломита, образовавшегося синхронно или близко по времени к накоплению терригенной части породы. Крупные ромбы сложены более мелкими ромбическими индивидами и имеют конформные границы с окружающими обломочными зернами (рис. 3, в).

По данным А. А. Годовикова, «прямое осаждение доломита... может происходить лишь в отшнуровавшихся от моря замкнутых бассейнах в условиях сухого жаркого климата, повышающего до необходимой концентрации различных солей...» [1, с. 444]. В стадии катагенеза доломит был растворен элизонными водами, отжатыми из глинистых слоев, и частично замещен гидроокислами железа.

Акцессорные минералы в шлифах редки. Они представлены мельчайшими зернами циркона, эпидота и турмалина. Минералогический анализ тяжелых фракций протоличных проб показал присутствие кроме перечисленных выше минералов единичных окатанных зерен граната и кубических кристаллов пирита. В образце В-4 обнаружено зерно, состоящее из двух шариков самородного железа, заключенных в тонковолокнистую скрытокристаллическую с раковистым изломом основную массу (рис. 3, г), представляющую собой тонкую механическую смесь неиндивидуализируемых минеральных фаз с общим составом (по результатам четырех анализов): SiO₂ 11.47–32.66, TiO₂ 19.29–56.05, Al₂O₃ 3.95–11.47, Fe₂O₃ 6.70–10.36, MgO 2.97–4.84, CaO 2.42–8.04, Na₂O 1.13–2.82, K₂O 2.06–5.34, MnO 10.85–13.36 (мас. %).

Содержания главных породообразующих оксидов, литохимические модули, химические индексы и индикаторные соотношения, применяемые при реконструкциях условий образования отложений и использованные

Рис. 3. Особенности строения отложений пижемской свиты: а — чередование песчано-алевритовых и сланцевых слоев (обр. В-6, сканированное изображение шлифа); б — микрополости в песчано-алевритовых слоях, в разной степени заполненные гидроксидами железа (обр. В-7); в — выполненные гидроксидами железа ромбические полости (обр. В-7); г — сферические образования самородного железа в обломке породы (обр. В-4)

Fig. 3. Characteristics of pizhemskaia suite: а — alternation of sandstone-aleurite and shale layers, sample B-6, scanned image of thin section; б — variously filled cavities in sandstone-aleurite layers with iron hydroxide, sample B-7; в — rhombic voids filled by iron hydroxide, sample B-7; г — native iron spheres in rock debris, sample B-4

при построении соответствующих диаграмм, приведены в таблицах 1 и 2.

По результатам нормативного минерального подсчета породы в среднем содержат (об. %): кварц — 34.2, мусковит — 23.9, кислый (№1) плагиоклаз — 18.5, хлорит — 14.5, калиевый полевой шпат — 5.6, гематит — 2.6, лейкоксен — 1, апатит — 0.3, титанит — 0.2 и доломит — 0.2.

На классификационной диаграмме $\log(\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{общ}}/\text{K}_2\text{O}) - \log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ [15] фигуративные точки пород пижемской свиты попали в поле глинистых сланцев (рис. 4, а). По показателю нормированной щелочности (значению НКМ, эквиваленту коэффициента Миддлтона [17]), превышающему пороговое значение 0.3, все фигуративные точки, за исключением точек обр. 2, расположены в области пород, в составе которых, по мнению Я. Э. Юдовича и М. П. Кетрис [8], имеется неизменный калиевый полевой шпат, то есть присутствует вулканогенная примесь (табл. 2; рис. 4, б). Фемический модуль (ФМ), отражающий интенсивность выветривания и захоронения вещества, составляет 0.12–0.15 (табл. 2) и соответствует вулканокластическим грауваккам [7]. На классификационной диаграмме НКМ — ФМ (рис. 4, б), используемой для разделения пород, различающихся по составу глинистой фракции, фигуративные точки пород пижемской свиты попали в поле V, соответствующее осадкам хлорит-монтмориллонит-гидрослюдистого состава [8]. На диаграмме

K/Al — Mg/Al [20] точки расположены в области значений, свойственных породам, в составе которых преобладает иллит-мусковитоподобная диоктаэдрическая слюда и содержащих незначительную примесь каолинита (рис. 4, в). Рентгендифрактометрический анализ показал присутствие в породе диоктаэдрической слюды (мусковита) и железистого хлорита. Поскольку при построении обсуждаемой диаграммы не учитываются содержащиеся в породе железо и натрий, то она, соответственно, не отражает присутствие альбита и железистой составляющей хлорита, а небольшой сдвиг фигуративных точек в область каолинита связан, вероятно, с присутствием в породах продуктов разложения вулканического пепла. На треугольной диаграмме с вершинами ($\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$) — ($\text{Na}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{MnO} + \text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{ППП}$) — ($\text{SiO}_2 + \text{K}_2\text{O}$) [3] фигуративные точки составов пород располагаются в центральной части поля, соответствующего морским глинам и глинам засоленных лагун и озер аридной зоны, и одновременно на пересечении границ полей континентальных глин тропического и холодного климатов (рис. 4, г).

Значения CIA — индекса химического выветривания, показателя климата в области размыва [18] — около 70, что указывает на среднюю степень переработки материала на палеоводосборах в условиях теплого климата (табл. 2). Индекс выветривания CIW [14] 82–83 также со-

Таблица 1. Содержание породообразующих оксидов, мас. %
Table 1. Content of rock-forming oxides, wt. %

N п/п	N обр. N sample	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	ППП poi	Сумма Total
1	1	61.99	0.86	17.95	3.06	4.26	0.058	1.73	0.40	1.93	3.70	0.092	4.29	100.32
2	2	61.18	0.84	18.04	3.45	4.09	0.039	1.74	0.40	1.69	3.76	0.140	4.38	99.75
3	3	63.12	0.91	17.93	2.78	3.93	0.049	1.56	0.30	1.91	3.79	0.065	3.98	100.32
4	4	61.78	1.03	19.04	2.57	3.69	0.032	1.54	0.40	1.87	4.18	0.059	4.19	100.38
5	5	64.07	0.86	17.89	1.85	4.63	0.051	1.50	0.30	2.04	3.64	0.061	3.41	100.30
6	6	63.21	0.95	18.49	1.94	4.22	0.052	1.43	0.40	1.95	4.06	0.083	3.70	100.49
7	7	63.08	0.86	17.85	2.88	3.94	0.053	1.52	0.40	1.87	3.65	0.069	4.02	100.19
8	9	63.90	0.88	17.86	1.91	4.68	0.059	1.53	0.30	1.96	3.59	0.076	3.59	100.34

Таблица 2. Литохимические модули и индикаторные соотношения
Table 2. Lithochemical modules and indicator ratios

N п/п	N обр.	$\log(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})$	$\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$	HKM NPM	ФМ FM	F3	F4	K/Al	Mg/Al	CIA	CIW	ICV	Fe/Mn	(Fe+Mn)/Ti	Al/(Al+Fe+Mn)	$\text{Na}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{Fe}_2\text{O}_3/\text{ППП}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$	$\text{SiO}_2 + \text{K}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$	F1	F2
1	1	-0.08	0.54	0.31	0.15	-0.73	-0.93	0.17	0.06	69.39	82.14	0.86	135.02	11.85	0.61	15.67	18.81	65.69	0.21	-0.99	-6.65
2	2	-0.04	0.53	0.30	0.15	-0.98	-1.02	0.17	0.06	70.39	83.72	0.85	208.05	12.54	0.60	15.75	18.88	64.94	0.21	-0.83	-6.12
3	3	-0.13	0.55	0.32	0.13	-0.12	-0.63	0.17	0.05	69.68	82.94	0.82	146.42	10.25	0.63	14.46	18.84	66.91	0.21	-1.32	-6.57
4	4	-0.21	0.51	0.32	0.13	0.70	0.00	0.18	0.05	69.54	83.34	0.80	209.06	8.43	0.66	14.26	20.07	65.96	0.21	-1.38	-6.63
5	5	-0.29	0.55	0.32	0.13	-0.26	-0.88	0.16	0.05	69.50	82.09	0.78	133.27	10.29	0.64	13.73	18.75	67.71	0.22	-0.86	-7.38
6	6	-0.32	0.53	0.33	0.12	0.62	-0.35	0.18	0.05	68.91	82.45	0.78	124.80	8.90	0.66	13.64	19.44	67.27	0.20	-0.92	-7.07
7	7	-0.10	0.55	0.31	0.13	-0.57	-0.99	0.16	0.05	69.68	82.43	0.82	137.75	11.05	0.62	14.63	18.71	66.73	0.22	-1.29	-6.34
8	9	-0.27	0.55	0.31	0.13	-0.44	-0.83	0.16	0.05	69.97	82.57	0.78	117.23	10.24	0.64	13.97	18.74	67.49	0.20	-0.85	-7.15

Примечание: ГМ= $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO}/\text{SiO}_2$; HKM = $\text{N}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$; TM = $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$; ФМ = $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO} + \text{MgO})/\text{SiO}_2$; ЖМ = $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO})/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2)$, массовые проценты.

CIA = $100 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$, ICV + $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{Ca}_2\text{O} + \text{Mg}_2\text{O} = \text{TiO}_2)/\text{Al}_2\text{O}_3$ CIW = $100 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O})$, молекулярные количества.

Note: ГМ = $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO}/\text{SiO}_2$; HKM = $\text{N}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$; TM = $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$; ФМ = $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO} + \text{MgO})/\text{SiO}_2$; ЖМ = $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO})/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2)$, weight percent.

CIA = $100 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$, ICV + $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{Ca}_2\text{O} + \text{Mg}_2\text{O} = \text{TiO}_2)/\text{Al}_2\text{O}_3$ CIW = $100 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O})$, molecular quantities.

ответствует средней степени разложения исходных пород (табл. 2). Индекс изменения состава ICV [10] 0.78–0.86 характеризует породы как достаточно однородные, содержащие большое количество глинистых минералов (табл. 2). На диаграмме ICV – CIA [16] фигуративные точки занимают промежуточное положение между линиями, соответствующими составам размываемых основных и кислых пород (рис. 4, д). На диаграмме F3 – F4 [19] точки пород пижемской свиты расположены в полях изверженных пород среднего и основного составов вблизи границы с областью богатых кварцем осадочных образований (рис. 4, е).

Значения соотношения Fe/Mn — фациального индикатора для осадочных отложений [2] — соответствуют отложениям, сформированным в прибрежно-морских условиях с доминированием терригенного материала (табл. 2). Титановый модуль (Fe + Mn)/Ti [5] в интервале 8.43–11.85 и алюминиевый модуль Al/(Al + Fe + Mn) [12] в интервале 0.61–0.66 характеризуют породы как не содержащие примесь экзальтативного материала (табл. 2). Значения калиевого модуля $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ [13] 0.2–0.22 соответствуют породам, сформированным преимущественно за счет рециклированного материала (табл. 2).

Для отражения зависимости содержания и соотношения петрогенных оксидов от палеогеодинамической обстановки формирования отложений использованы диаграммы (рис. 5), при построении которых учитывается максимальное количество оксидов [19, 10]. На обеих диаграммах фигуративные точки пород пижемской свиты попали в поля активных континентальных окраин.

Обсуждение результатов

Анализ полученных данных позволяет предположить существование нескольких источников обломочного материала. Накопление рассматриваемых отложений, вероят-

но, проходило за счет размыва и переотложения как метаморфических пород древнего континента, так и образований протоуралид-тиманид. Выявленные петрохимические особенности, однако, свидетельствуют о преобладании рециклированного обломочного материала метаморфических пород древнего континента. На это указывают, в частности, значения калиевого ($\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$) модуля. Но при этом значении модуля нормированной щелочности (HKM), учитывающего также содержание натрия, дают основания предполагать присутствие в породах незначительного количества слабоизмененного вулканокластического материала. В качестве подтверждения такого присутствия можно рассматривать обнаруженный в протоочной пробе обломок, содержащий сферические образования самородного железа и имеющий, очевидно, пирокластическое происхождение. Подобные железные сферулы, приросшие к стенкам пустот (газовых полостей) основных, средних и кислых эффузивов, известны в пределах современных высокотемпературных гидротермальных систем Камчатки и Курильской гряды [4]. Сферулы (в ассоциации со стекловатыми и рудными шлакоподобными частицами) описаны в эксплозивно-кластических фациях взрывных структур Украинского щита, в разновозрастных туфоидных и вулканогенно-осадочных отложениях Волыни, Предкарпатья, Карпат и Крыма [9]. Проявлению вулканической активности сопутствовало образование в среднем рифе основных интрузий вдоль зоны Центрально-Тиманского разлома, а рубеж 1100 млн лет, зафиксированный магматическими породами основного состава Северного Тимана, является началом магматизма не только на данной территории, но и во всем регионе [6].

На диаграммах, позволяющих установить палеогеодинамическую обстановку формирования пород (см. рис. 5), расположение фигуративных точек в полях активных континентальных окраин обусловлено тем, что одним из источ-

Рис. 4. Положение точек составов пород пижемской свиты на диаграммах: а — $\log(\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{общ}}/\text{K}_2\text{O}) - \log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ (по [15]); б — НКМ–ФМ (по [8]), где: I — преобладает каолинит, II — преобладает монтмориллонит, меньше каолинита, может присутствовать гидрослюда, III — преобладает хлорит с подчиненной примесью железистых гидрослюдов, IV — хлорит + гидрослюда, V — хлорит + монтмориллонит + гидрослюда, VI — гидрослюда с примесью полевых шпатов; в — $\text{K}/\text{Al} - \text{Mg}/\text{Al}$ (по [20]); г — $(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2) - (\text{Na}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{MnO} + \text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{ППП}) - (\text{SiO}_2 + \text{K}_2\text{O})$ (по [3], где: I — морские глины и глины засоленных лагун и озер аридной зоны; II — континентальные глины тропического климата; III — континентальные глины холодного и умеренно-холодного климата; д — ICV — CIA (по [16]); е — F3 — F4 (по [19])

Fig. 4. Location of composition points of enganepeyskaya suite: а — $\log(\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{ген}}/\text{K}_2\text{O}) - \log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ [15]; б — NPM–FM [8] where: I — kaolinite dominated, II — montmorillonite dominated, less kaolinite, hydromica may be present, III — chlorite dominated,

with secondary admixture of glandular hydromica, IV — chlorite + hydromica, V — chlorite + montmorillonite + hydromica, VI — hydromica with admixture of feldspars; в — $\text{K}/\text{Al} - \text{Mg}/\text{Al}$ ([3]); г — $(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2) - (\text{Na}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{MnO} + \text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{poi}) - (\text{SiO}_2 + \text{K}_2\text{O})$ ([3]), where: I — marine clays and clays of saline lagoons and lakes in arid zone; II — continental clays of tropical climate; III — continental clays of cold and moderately cold climate; д — ICV–CIA ([16]); е — F3 — F4 ([19])

Рис. 5. Положение точек составов пород пижемской свиты на диаграммах: а — SiO_2 – $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ (по [19]; б — F1 – F2 (по [10])
Fig. 5. Location of composition points of pizhemskaia suite: а — SiO_2 – $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ ([19]; б — F1 – F2 ([10])

ников обломочного материала были разрушающиеся магматические и метаморфические породы древних комплексов фундамента Восточно-Европейской платформы, развитые в области питания. В состав этих комплексов входили в том числе образования активных континентальных окраин и коллизионных орогенов [11].

На треугольной диаграмме $(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2) - (\text{Na}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{MnO} + \text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{ППП}) - (\text{SiO}_2 + \text{K}_2\text{O})$ [3], используемой для диагностики генетического типа отложений, фигуративные точки находятся в области перекрытия полей морских глин и глин засоленных лагун и озер аридной зоны, континентальных глин тропического климата и континентальных глин холодного и умеренно-холодного климата. Вариант холодного и умеренного холодного климата отпадает, так как значения индекса CIA около 70 указывают на то, что осадки формировались в обстановке теплого климата. Для континентальных глин тропического пояса характерно преобладание каолинита, т. е. на диаграмме ФМ–НКМ соответствующие точки должны были попасть в поле I и располагаться в левой нижней части диаграммы K/Al – Mg/Al (рис. 4, б, в). Для гумидного тропического климата характерно отсутствие дифференциации химически зрелого осадка, а наблюдаемая в изученных породах слоистость указывает на цикличность поступления средневыветрелого материала, выраженную изменениями гранулометрического и минерального составов. Индикатором аридного климата является доломит. В пользу того, что ромбические полости могли принадлежать доломиту, свидетельствует их специфическая форма, предполагающая присутствие только ромбоэдров. Наиболее вероятно, что областью образования изученных пород был мелководный водоем, располагавшийся в аридной климатической зоне.

Заключение

Анализ петрохимических коэффициентов, используемых в качестве индикаторов при палеогеографических реконструкциях, показал, что образование отложений пижемской свиты возвышенности Очпарма проходило в аридном

климате в условиях мелководного бассейна с незначительными, вероятно сезонными, колебаниями уровня. В относительно холодные и влажные периоды накапливались преимущественно глинисто-слюдистые с примесью алевроитового материала слои, в жаркие сезоны – более грубозернистые слои, а превышение испарения над стоком привело к образованию в них сингенетичного доломита. Обломочная часть пород сформирована из фрагментов метаосадочных и магматических пород фундамента древнего континента, слабоизмененного полевошпатового материала более молодых вулканитов протоуралит-тиманид, располагавшихся, судя по степени изменения, на небольшом удалении, а также незначительной примеси обломков пирокластического происхождения. Накопление осадка на континентальном шельфе сопровождалось эпизодом вулканической активности, связанной с эпиконтинентальным рифтогенезом. Преобразование вещественного состава отложений происходило под влиянием многостадийных постдиагенетических процессов – растворения, трансформации, аутигенного минералообразования и перекристаллизации, приведших к формированию их современного облика.

Литература

1. Годовиков А. А. Минералогия. М.: Недра, 1975. 520 с.
2. Розен О. М., Журавлев Д. З., Ляпунов С. М. Геохимические исследования осадочных отложений Тимано-Печерской провинции // Разведка и охрана недр. 1994. № 1. С. 18–21.
3. Ронов А. Б., Хлебникова З. В. Химический состав важнейших генетических типов глин // Геохимия. 1961. № 6. С. 449–469.
4. Рычагов С. Н., Главатских С. Ф., Сандимирова Е. И. Рудные и силикатные магнитные шарики как индикаторы структуры, флюидного режима и минералорудообразования в современной гидротермальной системе Баранского (о-в Итуруп) // Геология рудных месторождений. 1996. Т. 38. № 1. С. 31–40.
5. Страхов Н. М. Проблемы геохимии современного океанского литогенеза. М.: Наука, 1976. 300 с.

6. Тиманский кряж. Т. 2. Литология и стратиграфия, геофизическая характеристика земной коры, тектоника, минерально-сырьевые ресурсы: Монография. Ухта: УГТУ, 2010. 437 с.
7. Юдович Я. Э., Гареев Э. З., Кетрис М. П. Природа аномальных накоплений калия в глинистых породах // Геохимия. 1991. № 5. С. 689–700.
8. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.
9. Бекеша С., Яценко І, Білик Н., Дацюк Ю., Дручок Л. Особливості хімічного складу силікатних мікросферул із експлозивних та вулканогенно-осадових формацій України // Мінерал. збірник. 2011. № 61. Вип. 1–2. С. 134–145.
10. Bhatia M. R. Plate tectonic and geochemical composition of sandstones // The Journal of Geology. 1983. V. 91. № 6. P. 611–627.
11. Bogdanova S. V., Bingen B., Gorbatshev R. et al. The East European Craton (Baltica) before and during the assembly of Rodinia // Precam. Res. 2008. V. 160. P. 23–45.
12. Bostrom K. The origin and fate of ferromanganoan active ridge sediments // Stockholm Contrib. Geol. 1973. V. 27. No. 2. P. 148–243.
13. Cox R., Lowe D. R. Controls of sediment composition on a regional scale: a conceptual review // J. Sed. Res. 1995. V. 65. P. 1–12.
14. Harnois L. The CIW index: a new chemical index of weathering // Sed. Geol. 1988. V. 55. No. 3/4. P. 319–322.
15. Herron M. M. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data // J. Sed. Petrol. 1988. V. 58. P. 820–829.
16. Lee Y. I. Provenance derived from the geochemistry of late Paleozoic-early Mesozoic mudrocks of the Pyeongann Supergroup, Korea // Sedimentary Geology. 2002. V. 149. P. 219–235.
17. Middleton G. V. Chemical composition of sandstones // Geological Society of America Bulletin. 1960. V. 71. P. 1011–1026.
18. Nesbitt H. W., Young G. M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites // Nature. 1982. V. 299. P. 715–717.
19. Roser B. P., Korsch R. J. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO_2 content and $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ ratio // The Journal of Geology. 1986. V. 94. № 5. P. 635–650.
20. Tugeon S., Brumsack H.-J. Anoxic vs dysoxic events reflected in sediment geochemistry during the Cenomanian-Turonian boundary events (Cretaceous) in the Umbria-March Basin of central Italy // Chem. Geol. 2006. V. 234. P. 321–339.
4. Rychagov S. N., Glavatskich S. F., Sandimirova E. I. *Rudnye i silikatnye magnitnye schariki kak indikator struktury, flyidnogo regima i mineraloobrasovaniya b sovremennoy gidotermalnoisisteme baranskogo (o-b Iturup)* (Ore and silicate magnetic beads as indicators of structure and fluid regime and mineral formation in the modern hydrothermal system of Baransky (Iturup island)). *Geologiya rudnykh mestorogdeniy*, 1996, V. 38, No. 1, pp. 31–40.
5. Strachov N. M. *Problemy geochemii sovremennogo okeanskogo litogeneza* (Problems of Geochemistry of modern oceanic lithogenesis). Moscow: Nauka, 1976, 300 p.
6. Timansky kryag (Timan ridge). V. 2. *Litologiya i stratigrafiya, geofizicheskaya charakteristika Zemnoy kory, tektonika, mineralno-syryevye resursy* (Lithology and stratigraphy, geophysical characterization of the Earth's crust, tectonics, mineral resources). Ukhata, 2010, 437 p.
7. Yudovich Ya. E., Gareev E. Z., Ketris M. P. *Pripoda anomalnykh nakopleniy kaliya v glinistych porodach* (The nature of the anomalous accumulation of potassium in clay rocks). *Geochemistry*, 1991, No. 5, pp. 689–700.
8. Yudovich Y. E., Ketris M. P. *Osnovy litohimii* (Basics of lithochemistry). St. Petersburg: Science, 2000, 479 p.
9. Bekesha S., Yatsenko I., Bilyk N., Datsyuk Y., Druchok L. *Osoblivosti chimichnogo skladu silikatnykh mikrosferul is eksplosivnykh ta vukanogenno-osadovykh formaziy Ukrainy* (The features the chemical composition of silicate microspheres from explosive and volcanogenic-sedimentary formations of Ukraine). *Mineralogical collection*, 2011, No. 61, Vol. 1–2, pp. 134–145.
10. Bogdanova S. V., Bingen B., Gorbatshev R. et al. The East European Craton (Baltica) before and during the assembly of Rodinia. *Precam. Res.* 2008, V. 160, pp. 23–45.
11. Bhatia M. R. Plate tectonic and geochemical composition of sandstones. *The Journal of Geology*, 1983, V. 91, No. 6, pp. 611–627.
12. Bostrom K. The origin and fate of ferromanganoan active ridge sediments. *Stockholm Contrib. Geol*, 1973, V. 27, No. 2, pp. 148–243.
13. Cox R., Lowe D. R. Controls of sediment composition on a regional scale: a conceptual review. *J. Sed. Res.* 1995, V. 65, pp. 1–12.
14. Harnois L. The CIW index: a new chemical index of weathering. *Sed. Geol.* 1988. V. 55. No. 3-4. pp. 319–322.
15. Herron M. M. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data. *J. Sed. Petrol.* 1988. V. 58. pp. 820–829.
16. Lee Y. I. Provenance derived from the geochemistry of late Paleozoic-early Mesozoic mudrocks of the Pyeongann Supergroup, Korea. *Sedimentary Geology*, 2002, V. 149, pp. 219–235.
17. Middleton G. V. Chemical composition of sandstones. *Geological Society of America Bulletin*, 1960, V. 71, pp. 1011–1026.
18. Nesbitt H. W., Young G. M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. *Nature*, 1982, V. 299, pp. 715–717
19. Roser B. P., Korsch R. J. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO_2 content and $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ ratio. *The Journal of Geology*. 1986, V. 94, No. 5, pp. 635–650.
20. Tugeon S., Brumsack H.-J. Anoxic vs dysoxic events reflected in sediment geochemistry during the Cenomanian-Turonian boundary events (Cretaceous) in the Umbria-March Basin of central Italy. *Chem. Geol.* 2006, V. 234, pp. 321–339.

References

1. Godovikov A. A. *Mineralogia* (Mineralogy). Moscow: Nedra, 1975, 520 p.
2. Rozen O. M., Guravlev D. Z., Lyapunov S. M. *Geochemicheskie issledovaniya osadochnykh otlogov Timano-Pechorskoj provincii* (Geochemical studies of sedimentary deposits in the Timan-Pechora province). *Razvedka i ochrana neдр*, 1994, No. 1, pp. 18–21.
3. Ronov A. B., Chlebnikova Z. V. *Chimicheskiy sostav vagneyschikh geneticheskikh tipov glin* (Chemical composition of the main genetic types of clays). *Geochimiya*. 1961, No. 6, pp. 449–469.