

ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ, РЕКОНСТРУКЦИИ РЕДОКС-ОБСТАНОВОК И СОСТАВ ИСТОЧНИКОВ СНОСА ОТЛОЖЕНИЙ ВЕРХНЕГО ТРИАСА КУЛАР-НЕРСКОГО СЛАНЦЕВОГО ПОЯСА

Л.И. Полуфунтикова^{1,2}, В.Ю. Фридовский^{2,1}

¹ФГАОУВПО Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, ул. Белинского 58, г. Якутск, 677000; e-mail: pli07@list.ru

²ФГБУН Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, пр-т Ленина 39, г. Якутск, 677980; e-mail: 710933@list.ru

Поступила в редакцию 7 сентября 2015 г.

Выполнен комплексный литолого-геохимический анализ отложений норийского яруса центральной части Кулар-Нерского сланцевого пояса. Отложения представлены переслаиванием песчаников и алевролитов. Петрохимическая типизация пород показала, что среди песчаников выделяются вакки, аркозы и субарениты, алевролиты относятся к группе сланцев. Формирование отложений происходило в дистальных частях Верхоянской пассивной континентальной окраины, в хорошо аэрируемом бассейне с преобладанием в области осадконакопления окислительной обстановки. Отложения характеризуются высокой степенью сортировки осадочного материала. Анализ корреляционных связей породообразующих элементов, а также широкий диапазон значений отношения $(La/Yb)_n$ указывают на присутствие в бассейне осадконакопления продуктов разрушения пород как кислого $[(La/Yb)_n = 10.52–27.26]$, так и основного $[(La/Yb)_n = 6.22–8.96]$ состава. Высокие значения отношений La/Sc и Th/Co типичны для пород кислого состава. Низкие значения K_2O/Al_2O_3 (0.16 ± 0.02) и высокие значения отношения Zr/Sc (10.1 ± 2.74) характерны для переотложенного материала. Установлено, что в процесс формирования отложений норийского яруса центральной части Кулар-Нерского сланцевого пояса было вовлечено нескольких питающих провинций. В бассейн осадконакопления поступали как многокомпонентная обломочная кластика, так и хорошо отсортированный, рециклированный материал.

Ключевые слова: литология, геохимия, верхний триас, песчаники, алевролиты, литохимические модули, окислительно-восстановительные обстановки, питающие провинции, Кулар-Нерский сланцевый пояс, Восточная Якутия.

ВВЕДЕНИЕ

Верхнетриасовые терригенные толщи широко распространены к востоку от Сибирской платформы. В Верхоянском складчато-надвиговом поясе это мелководные прибрежно-морские и шельфовые осадки, которые сменяются отложениями склона и подножия континентальной окраины Кулар-Нерского сланцевого пояса [13]. В последние годы триасовые отложения Восточной Якутии изучались многими исследователями [2, 3, 8–10, 14], однако ряд вопросов их формирования и последующего изменения, особенно для толщ дистальной части бассейна седиментации, где происходит смена шельфовых отложений глубоководными, исследованы недостаточно. Внимание к ним связано не только с возможностью анализа условий триасо-

вого осадконакопления, проведения палеогеографических реконструкций на обширных пространствах северо-востока России, но также с тем, что триасовые толщи вмещают многочисленные, нередко крупные месторождения благородных металлов [15–17, 27, 28].

В работе охарактеризованы литологические особенности и степень постседиментационных преобразований терригенных толщ, проведены анализ и реконструкция состава источников сноса и условий формирования поздне триасовых отложений Кулар-Нерского сланцевого пояса, накопившихся в Оймяконском седиментационном бассейне. Бассейн начал формироваться в карбоне в процессе среднепалеозойского рифтогенеза на восточной окраине Северо-Азиатского кратона; в позднем триасе–ранней юре

происходит сокращение бассейна, изменение условий осадконакопления [11, 13].

Для типизации отложений, реконструкции источников сноса и определения обстановок накопления терригенного материала проанализированы содержания породообразующих, редких и редкоземельных элементов (табл. 1–3), использованы современные классификационные диаграммы и наиболее информативные геохимические коэффициенты и модули. При анализе использованы средние химические составы дацитов, базальтов, риолитов, песчаников [12]. Сравнительная характеристика проведена для различных стратиграфических уровней и литологических типов пород. В нижнем и среднем отделе норийского яруса верхнего триаса проанализированы песчаники и алевролиты, верхний отдел представлен алевролитами.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Исследования проведены в бассейне р. Тарын (правый приток р. Индигирка). На рассматриваемой территории верхний отдел триасовой системы представлен двумя ярусами: карнийским (T_3k) и норийским (T_3n) [1] (рис. 1). Образования карнийского яруса сложены слоистыми алевролитами от темно-серого до черного цвета с маломощными прослоями мелкозернистых рыжевато-серых песчаников. Видимая мощность около 800 м.

Отложения норийского яруса развиты наиболее широко и разделены на три подъяруса. Нижний подъярус (T_3n_1) представлен переслаиванием алевролитов, кварцево-полевошпатовых и кварцевых песчаников с линзами мелко-галечного конгломерата. Толщи нижнего подъяруса, общей мощностью 900–1200 м, картируются на северо-западном фланге междуречья Большого и Малого Тарынов. Отложения среднего отдела (T_3n_2), мощность которых составляет 400–500 м, вскрываются в полосе субмеридионального простирания на междуречье основных водотоков и в бассейнах левых притоков р. Большой Тарын. Это алевролиты, в меньшей степени мелкозернистые песчаники. Верхний отдел сложен алевролитами с редкими прослоями песчаников общей мощностью 450–600 м. Нижний отдел юрской системы представлен двумя нерасчлененными ярусами: геттангским и синемюрским (J_1g-s). Отложения вскрываются в Мало-Тарынской синклинали и представлены алевролитами и песчанистыми алевролитами. Залегание толщ согласное, мощность ее составляет 800–900 м.

ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД

Песчаники серые, темно-серые с буроватым оттенком, от тонко- до грубозернистых, в основ-

ном косо-линзовидно, тонко- и грубослоистые, реже массивные. В переходных разновидностях (алевропесчаниках) отмечается пятнистая текстура. В обломочном материале присутствуют кварц, плагиоклаз, полевой шпат, обломки эффузивных пород, мусковит, биотит. Форма обломочных минеральных зерен самая разнообразная от изометричных до резко удлинённых, от полуокатанных до угловатых. В песчаниках развит смешанный тип цементации: преимущественно контактово-базальный, а также пленочный крустификационный, коррозионный, регенерационный. Состав цемента кварцево-углисто-слюдистый, хлорит-серицит-карбонатный, слюдисто-хлоритово-железистый (рис. 2 А). По минеральному составу выделяются кварцево-полевошпатовые, полимиктовые и известковистые песчаники.

Алевролиты темно-серые, тонко-среднезернистые, алевритовой, псаммо-алевропелитовой и алевро-пелитовой структуры, тонко-, косо-линзовидно-слоистые (рис. 2 Б). Кластический материал представлен зернами кварца, плагиоклаза, пластинками слюд, обломками сланцев и эффузивных пород. Цемент базальный, контактовый, поровый, по составу – кварц-серицит-хлоритовый, хлорит-глинисто-железистый, содержит карбонатный и углистый материал. Из акцессорных минералов присутствуют апатит, рутил, циркон.

Редкие прослои средне- и мелкогалечных конгломератов (размер галек 8–16 мм) имеют темно-серую, пятнистую окраску и псефитовую структуру. В составе галек присутствуют кварц, кварцит, эффузивные породы, роговики, кремни, песчаники. Состав цемента – серицитово-железистый.

Преобразования песчанистых разновидностей достигли уровня глубокого катагенеза – начала метагенеза [23, 24]. В результате уплотнения и химического растворения обломочных зерен в породе сформировались структуры гравитационной коррозии и аутигенного минералообразования (рис. 2 В). На обломочных зернах кварца развиты аутигенные каемки регенерационного кварца, в межзерновом пространстве наблюдается кварц-серицитовый агрегат гипидиоморфной микроструктуры с характерным «шахматным» погасанием. В условиях стресса аутигенные слюды и хлориты образуют «бородатые» структуры вставания в кварцевые и полевошпатовые зерна. Более глубокие постседиментационные преобразования связаны с кристаллобластезом, который проявлен по периферии обломочных зерен кварца, и начальной стадией альбитизации плагиоклаза, сопровождающейся частичной коррозией и регенерацией зерен.

В зоне влияния разрывных нарушений проявлены процессы динамометаморфизма, для которых ха-

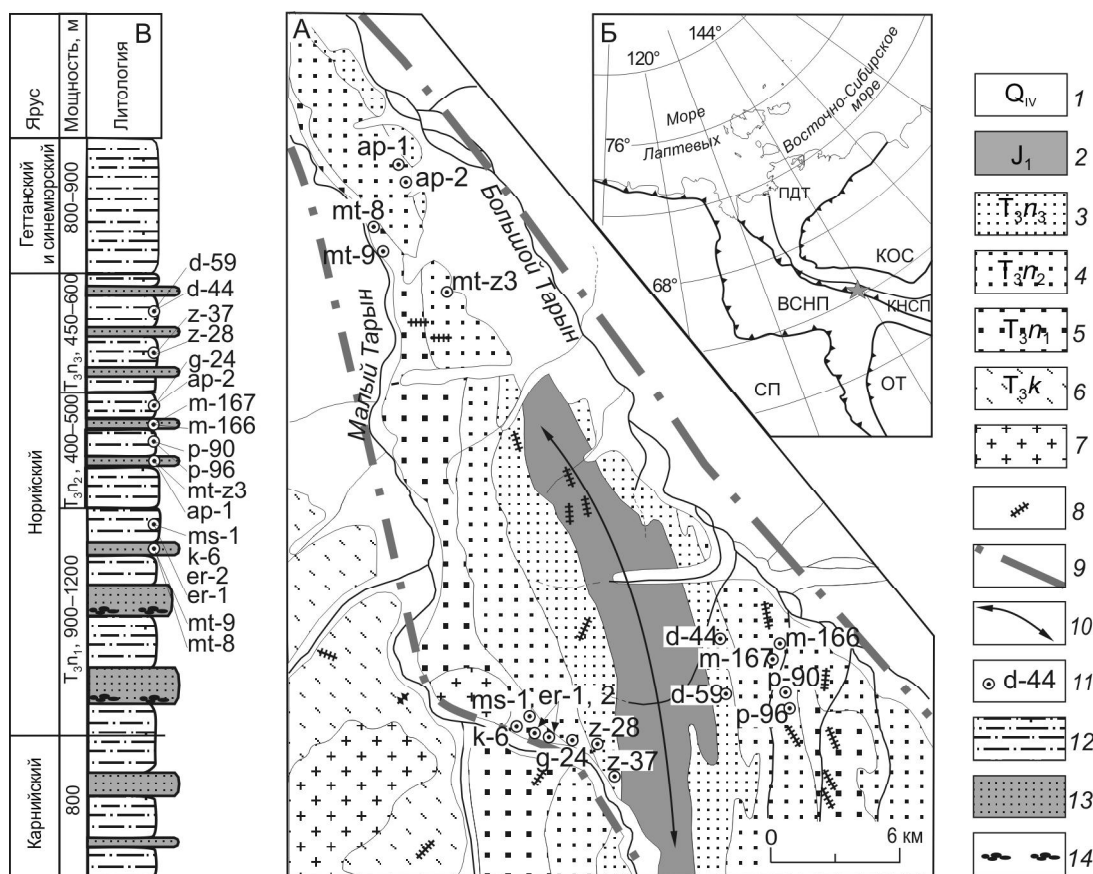


Рис. 1. Схема геологического строения междуречья Большого и Малого Тарынов (А), расположение ее на обзорной карте (Б) и стратиграфическая колонка верхнетриасовых и нижнеюрских отложений (В).

1–6 – отложения: 1 – современные и верхнечетвертичные аллювиальные отложения, 2 – нижнеюрские, 3–6 – поздне триасовые: 3 – верхненорийские, 4 – средненорийские, 5 – нижненорийские, 6 – карнийские; 7 – раннемеловые гранитные массивы; 8 – позднеюрские дайки диоритовых порфиров и риолитовых порфиров; 9 – ветви Адыча-Тарынской зоны разломов; 10 – ось Мало-Тарынской синклинали; 11 – точки отбора и номера проб; на стратиграфической колонке: 12 – алевролиты; 13 – песчаники; 14 – линзы конгломератов.

На вставке: СП – Сибирская платформа; ВСНП – Верхоянский складчато-надвиговый пояс; ОТ – Охотский террейн; КОС – Колымо-Омолонский супертеррейн; КНСП – Кулар-Нерский сланцевый пояс; ПДТ – Полоусно-Дебинский террейн.

рактурны структурно-текстурные изменения. В алевролитах и мелкозернистых песчаниках, в зонах региональных разломов, фиксируются разномасштабные хрупкопластичные и пластичные shear-зоны (brittle-ductile and ductiles shear zone), сопровождающиеся тектоническим течением пород и образованием индикаторных микроструктур: кливажа агрегатного типа, межзернового кливажа (рис. 2 Г), деформационных волокон и теней давления, которые в совокупности образуют сдвигово-катакластический морфологический тип структур течения [9].

Наличие вышеперечисленных микроструктурных маркеров свидетельствует о многоэтапности и длительности деформационных процессов, в результате которых осуществлялось перераспределение различных компонентов в областях влияния разрывных

нарушений. На начальных стадиях, при хрупко-пластичных деформациях, формировались структуры дробления и кливаж агрегатного типа. Пластические деформации сопровождались развитием межзернового кливажа, порфириобластических систем и широким распространением ориентированно-бластических структур и структур смятия.

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД

Анализируя химический состав отложений (табл. 1), можно отметить ряд особенностей. Содержание Al_2O_3 несколько ниже в песчаниках (среднее значение 11.19 ± 1.77), чем в алевролитах, в которых также отмечается больший интервал колебаний его содержания (от 10.63 % до 19.65 % при среднем значении 15.91 ± 2.59). Как в литологических разно-

Таблица 1. Содержание основных породообразующих оксидов (мас. %) в оглозненных норрийского яруса и значения петрохимических модулей.

	Нижний подъярус (Т _{3п1})						Средний подъярус (Т _{3п2})						Верхний подъярус (Т _{3п3})					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	mi-8	mi-9	er-1	er-2	k-6	ms-1	ap-1	ap-2	mt-z3	m-166	m-167	p-90	p-96	g-24	z-28	z-37	d-44	d-59
SiO ₂	67.40	63.90	60.62	63.92	63.82	58.83	62.90	55.50	72.57	74.40	81.50	59.80	60.50	65.81	57.84	55.10	63.65	58.80
TiO ₂	0.72	0.50	0.88	0.99	1.05	0.71	0.64	1.13	0.64	0.79	0.38	1.12	1.05	1.07	1.07	1.06	0.76	1.03
Al ₂ O ₃	11.90	9.55	15.03	16.86	16.57	10.63	11.95	19.65	11.87	13.30	8.55	17.10	16.80	14.37	17.97	18.95	13.31	13.70
Fe ₂ O ₃	1.34	0.48	6.87	5.90	6.83	7.71	4.38	2.61	5.59	2.10	2.88	7.90	6.63	6.84	8.54	1.34	8.47	1.80
FeO	3.97	4.07					0.25	5.78		1.04	0.77	0.32	1.22		6.79		6.75	
MnO	0.09	6.00	0.08	0.03	0.03	0.33	0.37	0.07	0.04	0.01	0.03	0.08	0.07	0.04	0.03	0.08	0.13	0.08
MgO	1.64	1.96	2.52	2.33	2.51	3.45	0.21	2.93	1.37	0.55	0.31	0.95	1.31	2.28	2.71	3.38	3.18	2.51
CaO	2.09	3.13	1.50	0.56	0.39	6.17	8.01	1.13	0.82	0.75	0.27	1.04	1.31	1.28	0.42	1.65	1.61	2.18
K ₂ O	1.70	1.72	2.66	3.25	2.59	1.67	2.00	3.60	1.99	1.90	1.10	3.00	2.80	2.42	2.68	3.00	1.74	1.80
Na ₂ O	2.50	1.50	2.12	2.19	2.24	2.04	2.50	1.00	2.29	1.80	1.90	1.50	1.40	2.31	1.47	1.00	1.88	1.30
P ₂ O ₅	0.19	0.16	0.24	0.20	0.20	0.19	0.11	0.18	0.13	0.10	0.08	0.21	0.20	0.18	0.25	0.16	0.17	0.18
SO ₃	0.25	0.31					0.25	0.25		0.25	0.25	0.25	0.25		0.25		0.25	
CO ₂	3.52	5.41					5.32	0.84		0.20	0.26	0.92	1.32		1.94		5.10	
ппп	2.70	2.01					2.22	4.30		3.18	2.02	5.38	5.14		4.36		3.52	
ГМ	0.27	0.32	0.38	0.37	0.38	0.33	0.28	0.53	0.25	0.23	0.15	0.44	0.43	0.34	0.48	0.51	0.36	0.40
АМ	0.18	0.15	0.25	0.26	0.26	0.18	0.19	0.35	0.16	0.18	0.10	0.29	0.28	0.22	0.31	0.34	0.21	0.23
ФМ	0.10	0.10	0.15	0.13	0.15	0.19	0.08	0.20	0.10	0.05	0.05	0.15	0.15	0.14	0.19	0.21	0.18	0.19
ТМ	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.05	0.06	0.05	0.06	0.04	0.07	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.08
НМ	0.21	0.16	0.14	0.13	0.14	0.19	0.21	0.05	0.19	0.14	0.22	0.09	0.08	0.16	0.08	0.05	0.14	0.09
КМ	0.14	0.18	0.18	0.19	0.16	0.16	0.17	0.18	0.17	0.14	0.13	0.18	0.17	0.17	0.15	0.16	0.13	0.13
ЩМ	1.47	0.87	0.80	0.68	0.87	1.22	1.25	0.28	1.15	0.95	1.73	0.50	0.50	0.96	0.55	0.33	1.08	0.72
НКМ	0.35	0.34	0.32	0.32	0.29	0.35	0.38	0.23	0.36	0.28	0.35	0.26	0.25	0.33	0.23	0.21	0.27	0.23
ЖМ	0.43	1.05	0.44	0.33	0.39	0.71	0.40	0.41	0.45	0.22	0.41	0.46	0.44	0.45	0.45	0.41	0.61	0.59
K ₂ O+Na ₂ O	4.20	3.22	4.78	5.44	4.83	3.71	4.50	4.60	4.27	3.70	3.00	4.50	4.20	4.73	4.15	4.00	3.62	3.10
log(SiO ₂ /Al ₂ O ₃)	0.75	0.83	0.61	0.58	0.59	0.74	0.72	0.45	0.79	0.75	0.98	0.54	0.56	0.66	0.51	0.46	0.68	0.63
log(Fe ₂ O ₃ /K ₂ O)	-0.10	-0.55	0.41	0.26	0.42	0.66	0.34	-0.14	0.45	0.04	0.42	0.42	0.37	0.45	0.50	-0.35	0.69	0.00
K ₂ O/Al ₂ O ₃	0.14	0.18	0.18	0.19	0.16	0.16	0.17	0.18	0.17	0.14	0.13	0.18	0.17	0.17	0.15	0.16	0.13	0.13

Примечание. Анализы 1, 2, 7, 8, 10-13, 16, 18 выполнены в ГУГПИ «Якутскгеология», г. Якутск. Метод анализа «мокрая» химия. Анализы 3-6, 9, 14, 15, 17 выполнены в лаборатории «Геохимических методов поисков и разведки МПИ» ГРФ СВФУ на эмиссионном спектрометре с индуктивно связанной плазмой. Аналитик Легостаева Я.Б. Образцы: 1, 2, 7-10 – песчаники; 3-6, 11-18 – алевролиты. Модули: ГМ – гидрозатратный; АМ – алюмосиликатный; ФМ – фемический; ТМ – титановый; НМ – натровый; КМ – калиевый; ЩМ – щелочной; ЖМ – железный; НКМ – нормированной щелочности.

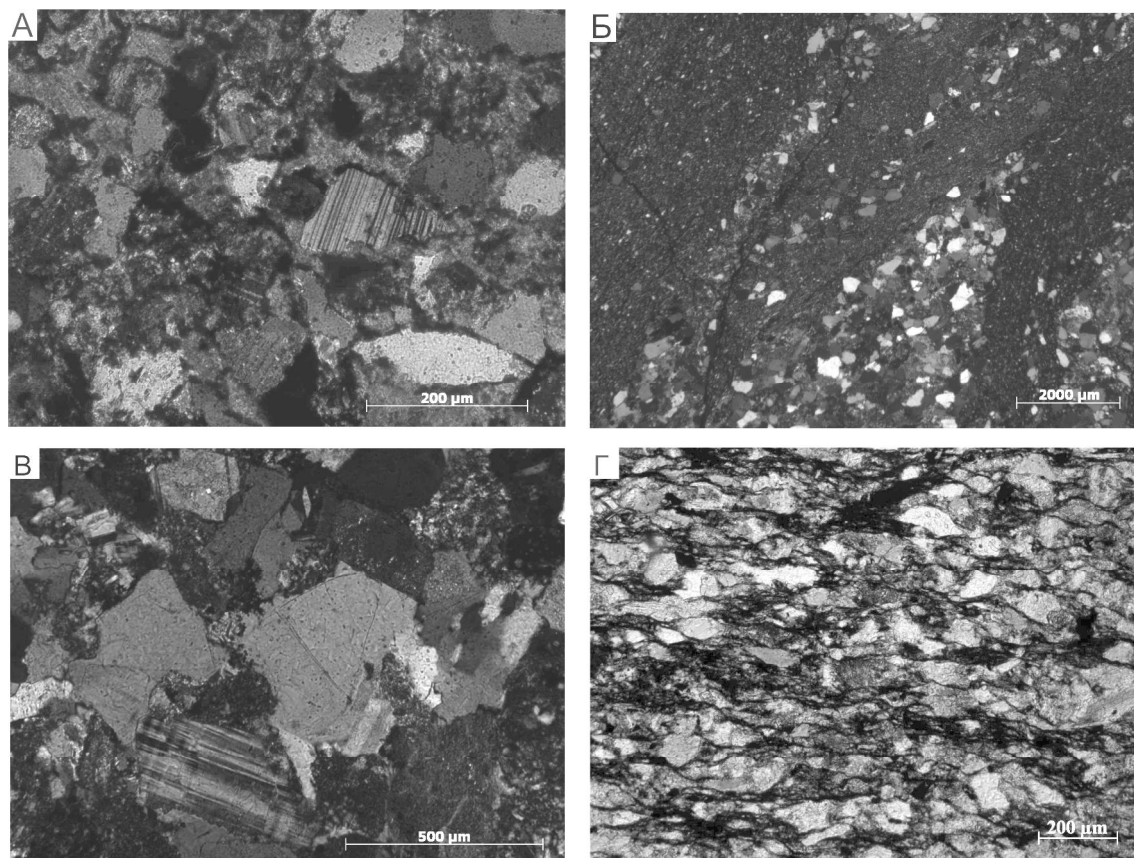


Рис. 2. Микрофотографии шлифов терригенных пород из верхнетриасовых отложений центральной части Кулар-Нерского сланцевого пояса.

А – мелкозернистые полевошпатово-кварцевые песчаники со смешанным типом цементации, T_3n_2 ; Б – тонко-, косослоистые алевролиты, T_3n_3 ; В – структуры гравитационной коррозии, T_3n_1 , фото с анализатором; Г – кливаж агрегатного типа, фото без анализатора.

видностях, так и на различных стратиграфических уровнях содержание щелочей практически сопоставимо: среднее содержание K_2O составляет 2.31 ± 0.45 ; Na_2O – 1.83 ± 0.23 ; $K_2O + Na_2O = 4.14 \pm 0.43$, однако наблюдается достаточно большой разброс в значениях отношения Na_2O/K_2O (от 0.28 до 1.73). В песчаниках преобладает натрий, а в алевролитах – калий. В песчаниках (обр. mt-8; mt-9; ap-1) фиксируется повышенное содержание CaO (от 2.09 до 8.01 %). Содержание в породах примесных, в том числе рудогенных элементов не выдержано ни в литологических разновидностях, ни на стратиграфических уровнях. Нормирование содержаний элементов в породах норийского яруса (Cn) на их содержания в осадочных породах (Ck), по К. Таркяну и К. Ведеполу [5] показало, что Ba , Sr , Co , Ni , Sc и S присутствуют в сопоставимых концентрациях ($0.94 < Cn/Ck < 1.16$), низкими содержаниями характеризуются V , Zr , Cu , Be , Cd , Th и Mo ($0.31 < Cn/Ck < 0.83$), а для Zn , Cr , Li и As (табл. 2) устанавливаются высокие надкларковые значения, при этом в песчаниках наблюдаются повышенные концен-

трации цинка ($Cn/Ck = 3.96 \pm 0.49$), а в алевролитах – лития ($Cn/Ck = 6.69 \pm 3.55$). Анализируя распределение РЗЭ (табл. 3) в породах различных стратиграфических уровней и различных литологических типов можно отметить незначительные вариации составов. Сумма РЗЭ+У в анализируемых породах варьирует в пределах от 158.23 до 222.24 г/т при среднем значении – 190.40 ± 27.36 . Характерны высокие значения соотношения легких и тяжелых РЗЭ (среднее значение отношения LREE/HREE составляет 9.10 ± 2.43).

При определении петрохимического типа пород были использованы диаграмма М. Херрона [30] и классификация, предложенная А.Г. Коссовской, М.И. Тучковой [4]. Первая позволяет достаточно полно классифицировать обломочные породы и оценивать степень сохранности железо-магниевого минералов, вторая – сделать вывод об ассоциациях песчаников. На диаграмме М. Херрона наблюдается разделение пород по петрографическим разновидностям: точки составов алевролитов тяготеют к полю сланцев, а среди песчаников выделяются вакки, аркозы (рис. 3 А). На диа-

Таблица 2. Содержание элементов-примесей (ppm) и значения их основных соотношений в отложенных норийского яруса.

	Нижний подъярус (Г _{3п1})						Средний подъярус (Г _{3п2})						Верхний подъярус (Г _{3п3})					
	mt-8	mt-9	er-1	er-2	k-6	ms-1	ap-1	ap-2	mt-z3	m-166	m-167	p-90	p-96	g-24	z-28	z-37	d-44	d-59
Ba	946.0	858.6	600.6	741.5	558.6	440.3	982.2	875.0	388.4	540.6	574.5	458.3	452.7	567.5	487.8	1110.0	308.5	921.4
Sr	338.5	324.8	218.0	161.5	131.7	257.3	555.0	492.5	130.4	313.4	316.1	456.2	420.0	242.9	151.2	524.1	131.4	469.1
Zn	332.0	339.4	87.8	76.6	105.3	94.1	439.5	427.4	61.9	370.8	346.1	406.5	390.2	87.6	101.7	521.1	102.5	477.1
V	41.3	42.1	114.7	133.9	182.3	101.0	77.2	76.0	111.8	84.6	90.2	154.8	148.9	132.1	219.3	72.7	100.6	61.4
Zr	54.1	51.5	232.5	264.0	251.4	223.7	60.4	60.7	116.6	72.6	79.8	61.4	62.1	214.7	264.2	60.5	125.5	50.3
Co	3.2	3.9	17.8	16.1	18.3	19.7	17.2	16.4	16.5	23.7	25.1	28.1	26.7	23.9	17.1	15.8	19.8	13.2
Cr	22.3	28.4	274.1	248.9	189.5	312.0	66.2	63.3	391.1	59.7	63.1	126.3	160.1	376.2	159.2	280.9	181.0	51.5
Cu	9.1	9.9	29.9	28.0	21.7	46.1	27.3	26.2	22.7	42.1	43.4	57.9	54.1	45.4	30.9	31.1	32.2	24.5
Li	110.4	113.6	374.3	360.9	596.4	435.5	332.7	323.1	316.7	103.5	107.5	251.0	239.5	472.7	1047.0	287.3	665.8	251.9
Ni	12.2	18.2	57.1	56.0	76.5	135.4	47.7	44.8	50.5	44.0	46.0	79.9	102.9	66.3	76.5	239.3	72.4	36.2
Sc	4.2	4.2	17.5	20.4	22.0	17.2	12.1	9.5	12.1	9.5	10.0	19.3	19.4	19.9	28.0	9.0	16.5	7.9
Be	2.3	2.4	2.1	2.4	2.3	1.7	2.4	2.4	1.5	2.0	2.1	1.6	1.5	2.0	2.3	2.7	1.6	2.6
Cd	1.0	1.0	2.1	2.0	2.2	2.2	2.0	2.0	1.7	1.9	2.0	2.5	2.3	2.1	2.5	2.2	2.4	1.8
Mo	2.0	2.1	2.0	3.0	1.7	2.3	1.6	1.5	2.0	1.3	1.2	1.4	1.6	3.7	2.7	3.3	1.9	1.7
Nb	8.4	10.0	31.2	36.5	35.2	30.0	13.2	12.6	23.3	11.7	12.4	16.5	16.4	34.0	36.4	12.7	24.3	10.8
Th	3.1	2.8	11.8	12.7	11.2	10.9	9.7	5.8	3.0	7.1	7.8	2.1	2.4	9.6	11.7	7.8	6.1	4.9
As	8.8	9.3	16.4	14.5	13.3	12.2	10.8	9.5	37.1	19.3	20.4	15.3	14.0	17.1	18.2	13.8	9.7	12.8
B	0.0	0.0	130.5	178.1	128.5	107.3	34.3	24.9	74.6	100.3	108.0	14.1	19.0	113.4	145.8	54.7	59.3	16.2
S	3983	4004	1162	231	555	4724	4870	4710	200	3093	3022	3153	3079	2651	1690	4663	286	4229
Ni/Co	3.8	4.7	3.2	3.5	4.2	6.9	2.8	2.7	3.1	1.9	1.8	2.8	3.9	2.8	4.5	15.2	3.7	2.8
Cr/V	0.5	0.7	2.4	1.9	1.0	3.1	0.9	0.8	3.5	0.7	0.7	0.8	1.1	2.9	0.7	3.9	1.8	0.8
V/(V+Ni)	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.4	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.7	0.7	0.2	0.6	0.6
Mo/Mn	0.0029	0.000	0.0031	0.0140	0.0026	0.0107	0.0006	0.0028	0.0032	0.0168	0.0052	0.0055	0.0006	0.0068	0.0057	0.0105	0.0027	0.0101

Примечание. Анализы выполнены в лаборатории «Геохимических методов поисков и разведки МПИ» ГРФ СВФУ на эмиссионном спектрометре с индуктивно связанной плазмой. Аналитик Легостаева Я.Б.

Таблица 3. Содержание редкоземельных элементов (ppm) и значения их основных соотношений в оглеженных норийского яруса.

	Нижний подъярус (Т _{3n1})						Средний подъярус (Т _{3n2})						Верхний подъярус (Т _{3n3})				
	mt1-8	mt1-9	er-1	er-2	k-6	ms-1	ap-1	ap1-2	mt-z3	m-166	m-167	p-90	p-96	g-24	z-28	д-44	д-59
La	38.08	38.08	36.60	42.80	38.30	35.20	53.03	42.92	25.40	32.30	33.99	26.29	24.46	37.10	37.30	25.70	44.90
Ce	64.03	62.58	52.10	61.70	56.60	49.20	86.56	70.33	49.90	63.44	65.96	47.43	43.87	53.70	58.30	50.90	73.65
Pr	9.05	10.56	3.60	2.40	2.80	5.90	29.14	22.62	1.40	30.23	31.56	22.98	20.78	3.50	3.60	3.70	16.79
Nd	26.07	27.21	31.20	36.50	35.20	30.00	39.66	33.01	23.30	23.85	25.04	22.16	20.54	34.00	36.40	24.30	32.28
Sm	5.16	5.49	5.80	6.80	7.80	5.90	6.35	5.33	4.10	3.34	3.09	4.21	4.35	7.20	7.80	4.30	5.86
Eu	0.84	0.81	1.50	1.30	1.40	1.50	1.45	1.26	1.10	1.10	1.15	1.18	1.05	1.40	1.60	1.30	1.17
Gd	6.61	7.23	4.70	5.20	5.50	5.50	14.49	12.79	3.40	12.62	13.37	14.62	14.10	5.80	5.70	4.30	11.08
Dy	2.61	2.58	4.20	4.10	4.00	5.20	4.98	4.08	2.60	4.47	4.72	3.93	3.87	4.20	4.70	4.00	3.75
Ho	0.05	0.10	0.80	0.70	0.70	0.90	0.44	0.30	0.50	0.96	0.95	0.28	0.13	0.70	0.90	0.90	0.14
Er	н.о.	н.о.	1.50	1.90	1.90	1.70	н.о.	н.о.	0.90	4.21	4.41	5.10	6.20	1.70	1.90	1.10	н.о.
Yb	1.41	1.32	2.30	2.50	2.60	2.40	2.72	2.38	1.80	2.47	2.64	2.70	2.56	2.30	3.00	2.20	2.09
Lu	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20	0.20	0.00	0.00	0.20	1.00	1.00	1.00	1.00	0.20	0.30	0.20	1.00
Y	11.93	11.12	24.20	25.10	24.60	27.70	24.16	18.35	17.70	16.19	17.46	16.06	15.32	24.20	27.70	22.80	16.48
Σ	166.0	167.0	169.0	191.0	182.0	171.0	262.0	212.0	132.0	194.0	205.0	168.0	158.0	176.0	189.0	146.0	214.0
Ce/Ce*	2.72	2.57	2.59	2.73	2.76	2.39	2.11	2.15	3.72	2.03	2.01	1.93	1.94	2.65	2.85	3.47	2.39
Gd _n /Yb _n	5.79	5.79	1.71	1.76	1.77	1.88	3.86	5.38	1.53	5.38	3.58	4.14	3.86	2.1	1.59	1.6	4.55
Eu/Eu*	0.52	0.52	0.87	0.69	0.68	0.81	0.33	0.38	0.91	0.49	0.49	0.39	0.41	0.67	0.74	0.93	0.38
La _n /Yb _n	27.26	27.26	11.5	12.5	10.73	10.52	12.67	15.42	9.98	11.48	8.13	6.22	5.74	11.71	8.96	8.28	16.14
LREE (L)	143.2	144.7	130.8	151.6	142.1	127.6	216.2	175.5	105.3	154.3	160.8	124.3	115.1	136.7	145.1	110.1	174.7
HREE (H)	10.7	11.2	13.7	14.5	14.9	15.8	22.6	19.6	9.4	25.7	27.1	27.6	27.9	14.9	16.5	12.7	18.1
L/H	13.42	12.89	9.54	10.44	9.53	8.09	9.55	8.98	11.25	6	5.93	4.5	4.13	9.21	8.82	8.68	9.67

Примечание. Анализы выполнены в лаборатории «Геохимических методов поисков и разведки МПИ» ГРФ СВФУ. Аналитик Легостаева Я.Б. Нормирование содержаний РЗЭ по [34].

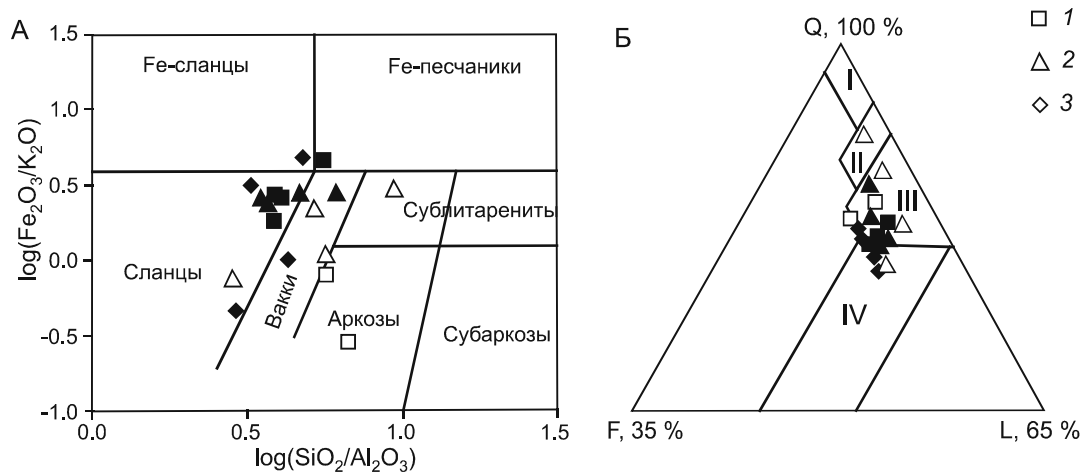


Рис. 3. Положение фигуративных точек верхнетриасовых песчаников и алевролитов на классификационных диаграммах.

А – М. Херрона для песчаников и глинистых сланцев [30]; Б – Косовской А.Г. и Тучковой М.И. [4] для песчаников.

Здесь и далее: 1 – отложения нижнего подъяруса, 2 – отложения среднего подъяруса, 3 – отложения верхнего подъяруса. Залитые знаки – алевролиты, незалитые – песчаники. Координаты: Q = SiO₂; F = Fe₂O₃ + FeO + MgO + MnO + TiO₂; L = Al₂O₃ + CaO + Na₂O + K₂O. Поля: I – кварцевые песчаники, II – олигомиктовые песчаники, III – полимиктовые песчаники, IV – вулканокластические песчаники.

грамме А.Г. Косовской, М.И. Тучковой (рис. 3 Б) фигуративные точки составов пород в основном сосредоточены в поле полимиктовых песчаников и частично в поле вулканокластических.

Литохимические исследования проведены по методике Я.Э. Юдовича и М.П. Кетрис [21, 22] с применением следующих модулей: гидролизатного ГМ = (TiO₂+Al₂O₃+Fe₂O₃+FeO+MnO)/SiO₂, алюмокремниевое АМ = Al₂O₃/SiO₂, железного ЖМ = (Fe₂O₃+FeO+MnO)/TiO₂+Al₂O₃, щелочного ЩМ = Na₂O/K₂O, нормированной щелочности НКМ = Na₂O+K₂O/Al₂O₃ и титанового ТМ = TiO₂/Al₂O₃. Значение гидролизатного модуля (ГМ) песчаников не превышает 0.3, что классифицирует их как глинистые силициты, мезомиктовые и полимиктовые песчаники (табл. 1). Повышенное содержание обломочного кварца и малое содержание полевых шпатов и глинистых минералов является показателем их высокой зрелости. Алевролиты по всем параметрам (ГМ, ТМ, ЖМ, ФМ, НКМ, АМ и ЩМ) относятся к группе нормосиллитов. Часть образцов алевролитов можно отнести к подтипу псевдосиллитов–вулканогенно-осадочных отложений. Они выделяются повышенными содержаниями магния (MgO > 3 мас. %), при значениях фемического модуля в пределах 0.18–0.21 (табл. 1. ан.: ms-1; vs-37; d-44). В сочетании с повышенной калиево-стью (K₂O 3.0–3.6 мас. %), это указывает на присутствие в породе как аутигенной слюды, так и агрегатов серицита. Титановый модуль (ТМ) является важной геохимической характеристикой гипергенных процессов, связан с динамической сортировкой материала и

поведением титаносодержащих минералов как в процессе седиментации, так и при дальнейших преобразованиях породы [21]. Надо отметить, что в исследуемых породах наблюдается повышенное (относительно средних химических составов осадочных пород) содержание титана (TiO₂ до 1.13 мас. %). Согласно применяемой классификации, по значениям ТМ породы являются нормотитанистами, но для песчано-глинистых отложений мезозоя значения ТМ = 0.06–0.08 являются повышенными и свидетельствуют о высокой динамической сортировке обломочной составляющей и о присутствии вулканогенного материала, возможно, основного состава. Как видно на диаграмме TiO₂–ТМ (рис. 4 А), породы норийского яруса преимущественно локализуются в поле кварцевых песчаников, но часть фигуративных точек располагаются в зоне перекрытия полей, что указывает на присутствие в выборке туфов или туффоидов основного состава.

На модульной диаграмме ГМ–НКМ (рис. 4 Б) фигуративные точки пород норийского яруса верхнего триаса образуют отрицательной тренд корреляции (r = -0.79) между средними значениями химических составов базальтов, дацитов и песчаников. Различный состав материала, поставляемого в бассейн осадконакопления, наблюдается и на диаграмме F1–F2, предложенной Vchatia M.R., Crook K.A.W. [25] (рис. 4 В): для алевролитов характерна кварцевая кластика, а фигуративные точки составов песчаников расположены на границах областей пород среднего и кислого состава. Широкий диапазон значений соотношения (La/Yb)_n указывает на присутствие в бас-

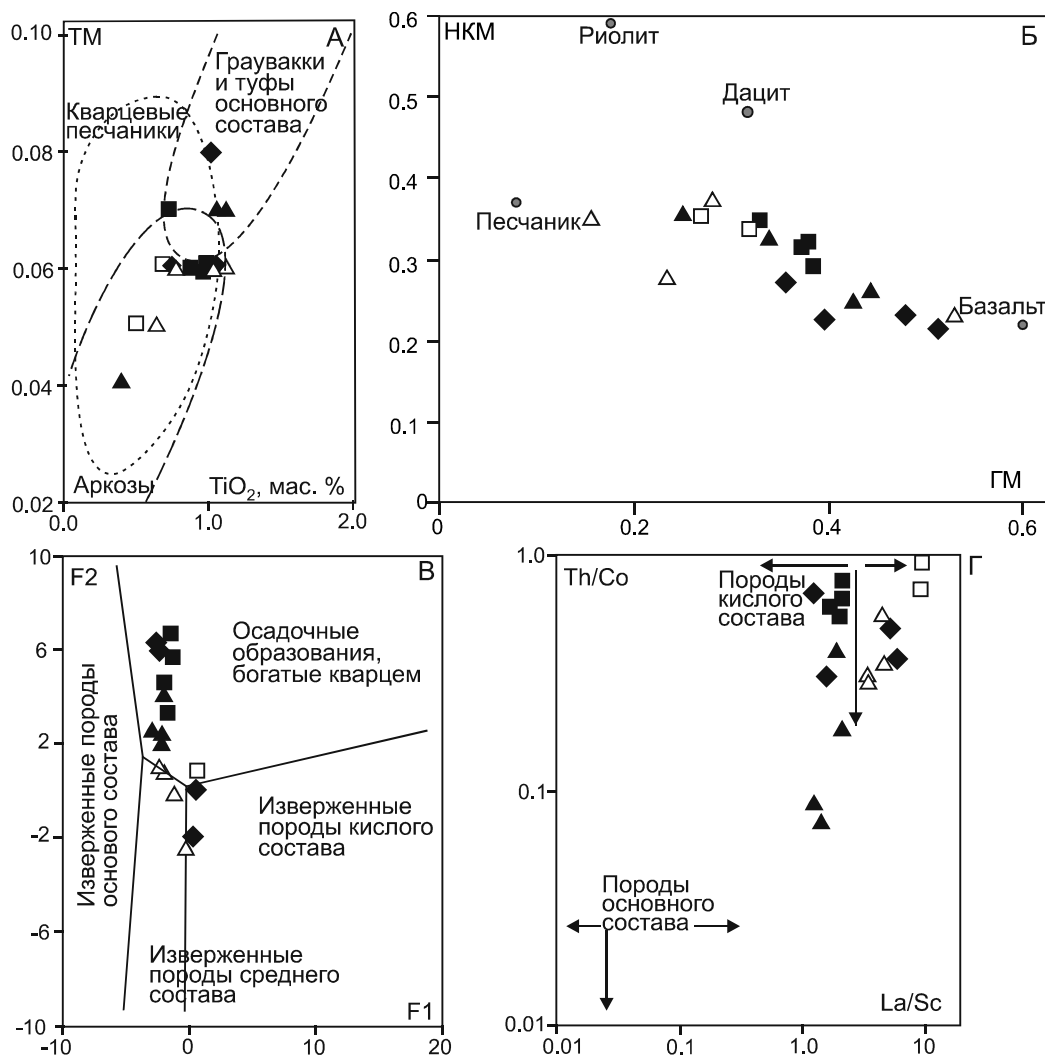


Рис. 4. Положение фигуративных точек составов песчаников и алевролитов верхнего триаса на диаграммах TiO_2 -ТМ, ГМ-НКМ [22]; F_1 - F_2 [25] и La/Sc - Th/Co [26].

$F_1 = 0.303 + 0.0447\text{SiO}_2 - 0.972\text{TiO}_2 + 0.008\text{Al}_2\text{O}_3 - 0.267\text{Fe}_2\text{O}_3 + 0.208\text{FeO} - 3.082\text{MnO} + 0.14\text{MgO} + 0.195\text{CaO} + 0.719\text{Na}_2\text{O} - 0.032\text{K}_2\text{O} + 7.51\text{P}_2\text{O}_5$; $F_2 = 43.57 - 0.421\text{SiO}_2 + 1.988\text{TiO}_2 - 0.526\text{Al}_2\text{O}_3 - 0.551\text{Fe}_2\text{O}_3 - 1.61\text{FeO} + 2.72\text{MnO} + 0.881\text{MgO} - 0.907\text{CaO} - 0.177\text{Na}_2\text{O} - 1.84\text{K}_2\text{O} + 7.244\text{P}_2\text{O}_5$. Условные обозначения на рис. 3.

сейне осадконакопления продуктов разрушения пород как кислого $[(\text{La}/\text{Yb})_n = 10.52-27.26]$, так и основного $[(\text{La}/\text{Yb})_n = 6.22-8.96]$ состава [6]. На диаграмме La/Sc - Th/Co [26] фигуративные точки составов песчаников и алевролитов норийского яруса, в основном, локализируются в области значений, характерных для кислых пород (рис. 4 Г). Анализируя диаграммы, представленные на рис. 4, можно отметить, что в формировании отложений нижнего подъяруса главным образом принимали участие породы кислого состава, обогащенные кварцем. Для среднего и верхнего подъярусов характерно большее разнообразие источников терригенного материала. Таким образом, отложения норийского яруса имеют смешанный состав и различный генезис, что, возможно, является результатом

вовлечения в процесс формирования отложений нескольких питающих провинций.

Среднее значение цериевой аномалии составляет $\text{Ce}/\text{Ce}^* = 1.04 \pm 0.17$ ($\text{Ce}/\text{Ce}^* = \text{Ce}_n / ((\text{La}_n + \text{Pr}_n)/2)$), что типично для осадков, формирующихся в обстановке пассивной континентальной окраины [7]. Локализация фигуративных точек на диаграммах SiO_2 - $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ [33] и $(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}) - (\text{SiO}_2/20) - (\text{TiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO})$ [32] (рис. 5) вдоль границ полей различных геодинамических обстановок указывает на нестабильные условия осадкообразования, что характерно для дистальных частей пассивных континентальных окраин.

Еще одним немаловажным вопросом в понимании особенностей состава источников сноса является анализ наличия переотложенного материала, который

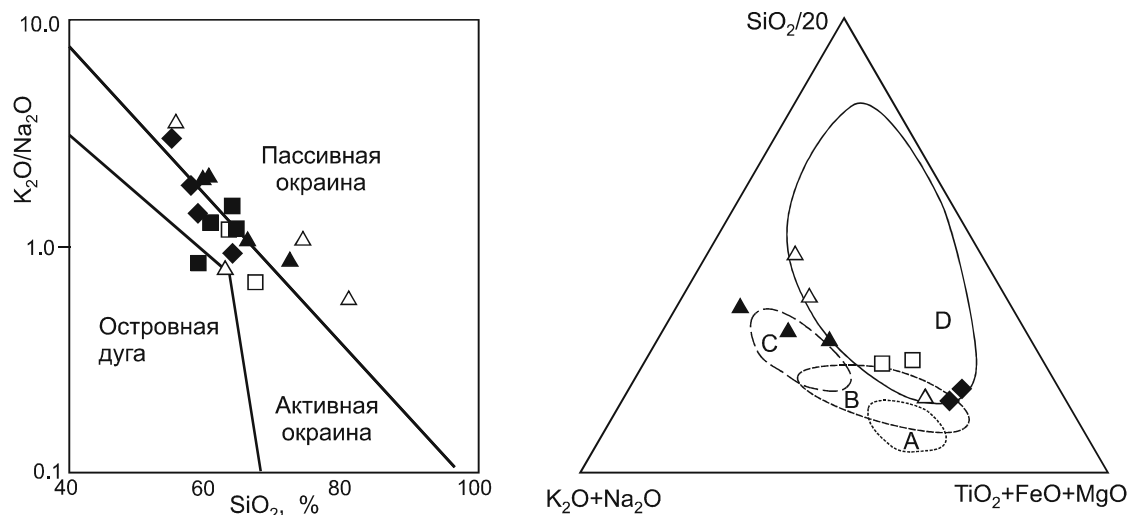


Рис. 5. Положение фигуративных точек пород норийского яруса верхнего триаса на диаграммах $\text{SiO}_2\text{--K}_2\text{O/Na}_2\text{O}$ [33] и $(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})\text{--}(\text{SiO}_2/20)\text{--}(\text{TiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO})$ [32]. Области составов: А – океанических островных дуг; В – континентальных островных дуг; С – активных континентальных окраин; D – пассивных континентальных окраин. Условные обозначения на рис. 3.

характеризуется рядом особенностей: отношение $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ не должно превышать 0.3 [26], присутствие Th, Y, Zr в повышенных концентрациях, величина европиевой аномалии (Eu/Eu^*) должна быть практически неизменной, т.к. при процессах рециклинга не происходит фракционирования европия относительно других редких земель [6]. Для норийских алевропесчаных пород среднее значение $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ составляет 0.16 ± 0.02 , а для соотношения Zr/Sc отмечаются достаточно высокие значения (10.1 ± 2.74) (рис. 6), что типично для тонкой алюмосиликластики, сформированной за счет размыва зрелой континентальной коры. Величина Eu/Eu^* составляет в среднем 0.52 ± 0.2 (меньше 0.9), но значения изменяются в достаточно больших пределах: от 0.33 до 0.93, что указывает на поступление материала в бассейн осадконакопления различных продуктов размыва.

Существенную роль при формировании отложений играет окислительно-восстановительная обстановка в придонных водах бассейна осадконакопления. В качестве показателей редокс-обстановок седиментационных бассейнов использованы следующие геохимические индексы: Mo/Mn , $\text{V}/(\text{V}+\text{Ni})$, V/Cr , Ni/Co (рис. 7), а также общее содержание Mn. По данным В.Н. Холодова [18, 19], в кислородсодержащих обстановках хорошо аэрируемых бассейнов Mn и Mo накапливаются одинаково, в сероводородных обстановках растворимость Mo падает, он концентрируется в осадках за счет соосаждения с сульфидами, при этом концентрации Mn в бескислородных обстановках сильно снижаются. Средняя величина отношений Mo/Mn в алевропесчаных отложениях триаса составляет

0.004, что указывает на накопление исходных осадков в кислородных обстановках. Индекс $\text{V}/(\text{V}+\text{Ni})$ варьирует в пределах от 0.23 до 0.77, соответствуя значениям, характерным для кислородных и умеренно бескислородных условий придонных вод [29]. Никель и кобальт интенсивно сорбируются оксидами марганца из водной массы в кислородных условиях (т.е. при окислительных обстановках) и, наоборот, высвобождаются в субокисных и закисных (аноксидных) условиях (восстановительные обстановки). Значения коэффициента Ni/Co , представленные в таблице 2, в

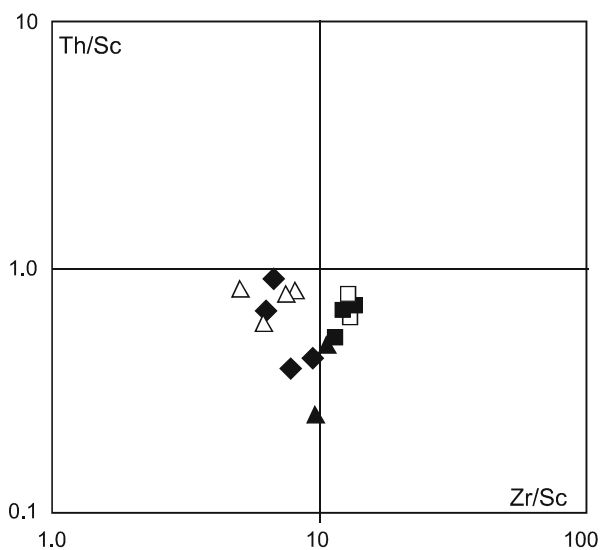


Рис. 6. Диаграмма соотношений $\text{Th}/\text{Sc}\text{--Zr}/\text{Sc}$ для пород норийского яруса верхнего триаса.

Условные обозначения на рис. 3.

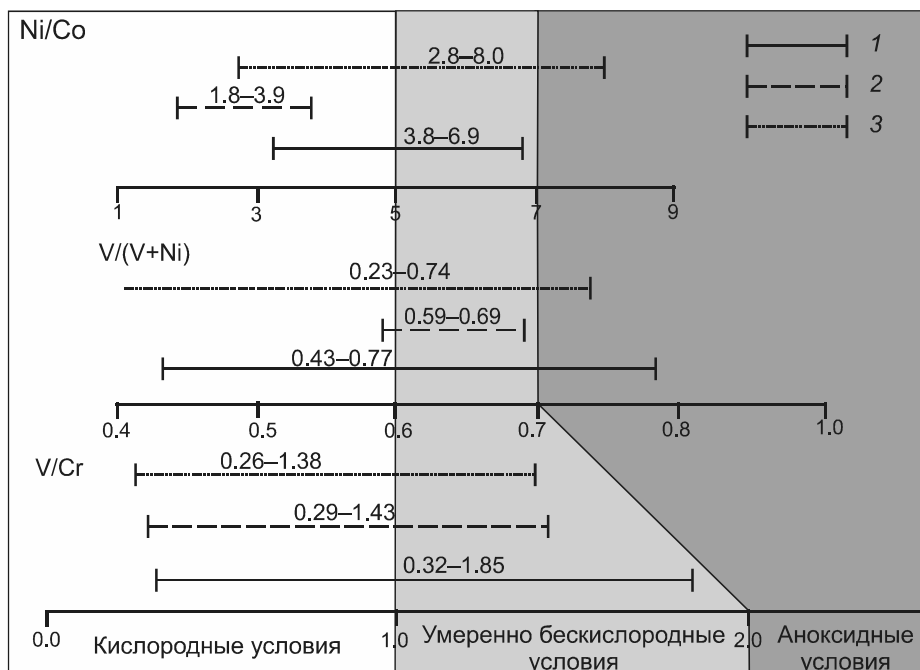


Рис. 7. Вариации значений геохимических индексов Ni/Co, V/(V+Ni) и V/Cr при различных состояниях придонной воды в бассейне осадконакопления.

1 – в отложениях нижнего подъяруса; 2 – в отложениях среднего подъяруса; 3 – в отложениях верхнего подъяруса.

большинстве случаев изменяются в пределах 1.8–4.7, что соответствует окислительной зоне придонных вод. Значения индекса V/Cr не выдержаны. По данным Б. Джонс, А. Маннинг [31], границу между окислительными и восстановительными придонными обстановками можно считать по индексу V/Cr = 2.0. Среднее значение отношения V/Cr в исследованных породах составляет 0.86 ($V/Cr_{\max} = 1.85$), что позволяет считать, что в области осадконакопления преобладали окислительные обстановки. При этом надо отметить, что для песчаников характерны повышенные значения соотношения V/Cr = 1.2–1.9, в алевролитах V/Cr варьирует от 0.4 до 1.4. В целом, это свидетельствует о нестабильности обстановки и о кратковременных сменах окислительно-восстановительных условий в придонных водах бассейна осадконакопления [20] (рис. 7). Таким образом, формирование триасовых отложений происходило в хорошо аэрируемом бассейне, с ярко выраженными редокс-обстановками.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На территории Кулар-Нерского сланцевого пояса верхнетриасовые отложения представлены переслаиванием разнозернистых алевролитов и песчаников. По минеральному составу среди песчаников преобладают кварцевые разновидности, для алевролитов характерен хлорит-смектит-гидрослюдистый состав. Постседиментационные преобразования пород дости-

гли уровня глубокого катагенеза – начала метагенеза. Метагенетические преобразования в регионе связаны с P-T активизацией, начавшейся вследствие смены в поздней юре геодинамической обстановки. Динамометаморфические преобразования начальной стадии приурочены преимущественно к зонам разломов и представлены сдвигово-катакластическими структурами течения.

Анализ состава верхнетриасовых терригенных отложений показал, что среди них выделяется ряд петрохимических типов: сланцы, вакки, аркозы и вулканокластические разновидности. По петрохимической классификации песчаники норийского яруса центральной части Кулар-Нерского сланцевого пояса относятся к глинистым силицитам, а алевролиты – к группе нормосиаллитов. Повышенные содержания MgO и TiO₂ указывают на присутствие щелочных туффоидов основного состава подтипа псевдосиаллитов. Исследуемые породы характеризуются высокой степенью сортировки осадочного материала. Формирование триасовых отложений происходило в дистальных частях Верхоянской пассивной континентальной окраины, в хорошо аэрируемом бассейне с преобладанием в области осадконакопления окислительной обстановки.

Для верхнетриасовых отложений характерен смешанный состав и различный генезис. Значения соотношения (La/Yb)_n и корреляционные связи меж-

ду гидрализованного модулем (ГМ) и модулем общей щелочности (НКМ) указывают на присутствие в бассейне осадконакопления продуктов разрушения пород как кислого, так и основного состава. Высокие значения соотношений La/Sc и Th/Co типичны для пород кислого состава. Низкие значения K_2O/Al_2O_3 и высокие значения соотношения Zr/Sc характерны для преотложенного материала. Таким образом, в процесс формирования было вовлечено нескольких питающих провинций и в бассейн осадконакопления поступали как многокомпонентная обломочная кластика, так и хорошо отсортированный, рециклированный материал. Можно предположить, что продукты разрушения пород кислого состава транспортировались в Оймяконский бассейн осадконакопления с юго-запада из Центрально-Азиатского складчатого пояса, Ангара-Витимского батолита, Алданского щита. Сибирская трапсовая провинция являлась поставщиком кластики основного состава. Источником вулканокластического материала, поступающего в позднем триасе с юго-востока и востока была Удско-Мургальская островная дуга.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-17-00465).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гриненко В.С., Спектор В.Б., Хан В.С. Геологическая карта Якутии. 1:500 000. Верхнеиндигирский блок. Листы: Q-53-А, Б; Q-53-В, Г; Q-54-А, Б; Q-54-В, Г; Q-55-А, Б; Q-55-В, Г / Ред. блока В.С. Гриненко, В.Б. Спектор, А.С. Урзов, ГУП «ЯПСЭ». СПб.: Санкт-Петербург. картфабрика ВСЕГЕИ, 2000.
2. Гусев И.М., Аристов В.В. Литология и условия осадконакопления золотоносных толщ позднего нория центральной части Яно-Колымской золотоносной металлогенической провинции, Республика Якутия // Руды и металлы. 2011. № 1. С. 11–22.
3. Константинов М.М. Литолого-стратиграфический контроль золоторудных месторождений в осадочных толщах // Региональная геология и металлогения. 2008. № 36. С. 92–108.
4. Коссовская А.Г., Тучкова М.И. К проблеме минералогопетрохимической классификации и генезиса песчаных пород // Литология и полез. ископаемые. 1988. № 2. С. 8–24.
5. Краткий справочник по геохимии. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Недра, 1977. 184 с.
6. Маслов А.В. Осадочные породы: методы изучения и интерпретации полученных данных. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. 289 с.
7. Маслов А.В. Литохимический облик отложений Ашинской серии венда западного склона Южного Урала // Литосфера. 2014. № 1. С. 13–32.
8. Парфенов Л.М., Трущелев А.М. Позднетриасовая складчатость и олистостромы на юго-западном крыле Иньяли-Дебинского синклинория, их тектоническое положение и природа // Геология и геофизика. 1983. № 3. С. 7–20.
9. Полуфунтикова Л.И., Фридовский В.Ю. Микродеформационные структуры аккреционно-коллизийных золоторудных месторождений (на примере Восточной Якутии) // Вестн. СВФУ. 2007. Т. 4, № 1. С. 50–53.
10. Прокопьев А.В., Тронин А.В. Структурные и седиментационные особенности зоны сочленения Кулар-Нерского сланцевого пояса и Иньяли-Дебинского синклинория // Отчет. геология. 2004. № 5. С. 44–48.
11. Соколов С.Д. Очерки тектоники Северо-Востока Азии // Геотектоника. 2010. № 6. С. 60–78.
12. Тейлор С.Р., Мак-Леннан С.М. Континентальная кора: ее состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 384 с.
13. Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. 571 с.
14. Тучкова М.И., Прокопьев А.В., Худoley А.К., Вержбицкий В.Е. Сравнительный анализ условий триасового осадконакопления Западной Чукотки и юго-восточного флага Кулар-Нерского сланцевого пояса (Восточное Верхоянье) // Учен. зап. Казан. ун-та. Естественные науки. 2011. Т. 153. Кн. 4. С. 145–156.
15. Фридовский В.Ю., Гамянин Г.Н., Полуфунтикова Л.И. Дора-Пильское рудное поле: строение, минералогия и геохимия среды рудообразования // Руды и металлы. 2012. № 5. С. 7–21.
16. Фридовский В.Ю., Гамянин Г.Н., Полуфунтикова Л.И. Золото-кварцевая и сурьмяная минерализация месторождения Малтан (Северо-Восток России) // Тихоокеан. геология. 2014. Т. 13, № 4. С. 50–62.
17. Фридовский В.Ю., Гамянин Г.Н., Полуфунтикова Л.И. Структуры, минералогия и флюидный режим формирования руд полигенного Малотарынского золоторудного поля (Северо-Восток России) // Тихоокеан. геология. 2015. Т. 34, № 4. С. 39–52.
18. Холодов В.Н. Эволюция питающих провинций и осадочное рудообразование // Природа. 1999. № 1. С. 58–71.
19. Холодов В.Н. О роли сероводородных бассейнов в осадочном породообразовании // Литология и полез. ископаемые. 2002. № 5. С. 451–473.
20. Эрнст В. Геохимический анализ фаций. Л.: Недра, 1976. 127 с.
21. Юдович Я.Э., Пучков В.Н. Геохимическая диагностика глубоководных осадочных пород // Геохимия. 1980. № 3. С. 430–449.
22. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.
23. Япаскурт О.В. Генетическая минералогия и стадийный анализ процессов осадочного породо- и рудообразования. М.: ЭСЛАН, 2008. 356 с.
24. Япаскурт О.В., Шиханов С.Е. Модели процессов литогенеза в разнотипных синхронно развивающихся северосибирских палеобасейнах мезозоя. Статья 2. Тектонически подвижные области // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2009. Т. 4. Вып. 4. С. 58–73.
25. Bhatia M.R., Crook K.A.W. Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins // Contrib. Mineral Petrol. 1986. V. 92. P. 181–193.
26. 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. et Cosmochim. Acta. 1995. V. 59. P. 2919–2940.

27. Goldfarb R.J., Taylor R., Collins G., Goryachev N.A., Orlandini O.F. Phanerozoic continental growth and gold metallogeny of Asia // *Gondwana Res.* 2014. V. 25, N 1. P. 48–102.
28. Goryachev N.A., Pirajno F. Gold deposit and gold metallogeny of Far East Russia // *Ore Geol. Rev.* 2014. N 59. P. 123–151.
29. Hatch J.R., Leventhal J.S. Relationship between inferred redox potential of the depositional environment and geochemistry of the Upper Pennsylvanian (Missourian) Stark Shale Member of the Dennis Limestone, Wabaunsee County, Kansas, USA // *Chem. Geol.* 1992. V. 99. P. 65–82.
30. Herron M.M. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data // *J. Sed. Petrol.* 1988. V. 58. P. 820–829.
31. Jones B., Manning D.A.C. Composition of geochemical indices used for the interpretation of paleoredox conditions in ancient mudstones // *Chem. Geol.* 1994. V. 111. P. 111–129.
32. Kroonenberg S.B. Effects of provenance, sorting and weathering on the geochemistry of fluvial sands from different tectonic and climatic environments // *Proc. 29th Intern. Geol. Congress.* 1994. Part A. P. 69–81.
33. Roser B.P., Korsch R.J. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio // *J. Geol.* 1986. V. 94, N 5. P. 635–650.
34. Sun S.-S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes / Eds. A.D. Saunders, M.J. Norry // *Magmatism in ocean basins. Geol. Soc. London Spec. Publ.* 1989. N 42. P. 313–345.

Рекомендована к печати Н.А. Горячевым

L.I. Polufuntikova, V.Y. Fridovsky

Lithological features, reconstructions of redox setting and composition of provenances of the Upper Triassic deposits of the Kular-Nera shale belt

Comprehensive sedimentologic-geochemical analysis of the Norian deposits from central part of the Kular-Nera shale belt is carried out. Deposits are interbedded sandstones and siltstones. Petrochemical typification of the rocks showed that greywacke, arkose and subarenite are located among the sands, siltstones, and siltstones belong to shales. The Norian deposits were formed in the distal parts of the Verkhoyansk passive continental margin, in well aerated basin with the predominance of oxidizing setting in the sedimentation area. They are characterized by high maturity and high sorting of sedimentary material. Correlation relation between rock-forming elements and wide range of ratio values $(La/Yb)_n$ indicate the presence of products of rock destruction in the sedimentation basin, both of acid [$(La/Yb)_n = 10.52–27.26$] and main composition [$(La/Yb)_n = 6.22–8.96$]. High values of ratios La/Sc and Th/Co are typical for the rocks of acid composition. Low values of K_2O/Al_2O_3 (0.16 ± 0.02) and high values of ratio Zr/Sc (10.1 ± 2.74) are typical for derived material. It has been determined that several distributive provinces were involved in the process of forming the Norian deposits in central part of the Kular-Nera shale belt. Multi-component detrital clastics and well sorted recycled material were supplied into the sedimentation basin.

Key words: lithology, geochemistry, Upper Triassic, sandstones, siltstones, lithochemical modules, redox conditions, distribution provinces, Kular-Nera shale belt, East Yakutia.