

17. Махлаев В.Г. Условия осадконакопления в верхнефаменском бассейне Русской платформы. -М., 1964. – 235 с.
18. Loreau Jean-Paul. Nouvelles observations sur la genese et la signification des oolithes // Sciences de la Terre. - 1973. -№ 3. -P. 215–244.
19. Мусатов В.А. Слои с *Braarudosphaera bigelowii* в верхнем ачкагыле Калмыкии // Основы современной микропалеонтологии. Систематический, биоценологический и эволюционный аспекты: Тез. докл. XI Всесоюз. микропалеонтологического совещ. -М., 1990. - С. 88–89.
20. Староверов В.Н., Мусатов В.А., Жаворуева Ю.Е. О некоторых характерных особенностях расчленения ачкагыльских отложений на территории Нижнего Поволжья и Северного Прикаспия // Проблемные вопросы региональной и местной стратиграфии фанерозоя Поволжья и Прикаспия: Матер. первой региональной научно-практической конфер. -Саратов, 2001. -С. 82–83.

УДК 552.52: 550.4 (571.56)

ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОД НЕЛЬГЕСИНСКОЙ СВИТЫ (АДЫЧАНСКИЙ СТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ РАЙОН, РЕСПУБЛИКА САХА-ЯКУТИЯ)

В.А. Шатров, Г.В. Войцеховский, Е.Е. Белявцева

Воронежский государственный университет

Рассматриваются литологические и геохимические особенности нельгесинской свиты (норийский ярус верхнего триаса) и коры выветривания, развитой по аргиллитам свиты. Изучается распределение редкоземельных и малых элементов с целью их применения для палеофациальных и геодинамических реконструкций условий образования

Адычанский стратиграфический район (республика Саха - Якутия) является составной частью Куларо-Нерской мегазоны – региональной тектонической единицы Верхояно-Колымской коллизионной области, представляющей систему пассивно-крайних осадочных бассейнов континентального склона и внешнего шельфа позднепалеозойского-раннемезозойского возраста, подвергнутых ранне-меловой коллизии [1]. В пределах Адычанского района (Верхоянская серия листов) обнажаются отложения среднего и верхнего отделов триаса в объеме ладинского, карнийского и норийского ярусов, представленные породами ченкеленьинской (средний отдел, ладинский – верхний отдел, часть карнийского яруса), крайнинской (карнийский ярус), кедровинской и нельгесинской (норийский ярус) свит (по материалам ЯнГРЭ).

Нельгесинская свита (T_{3ng}) соответствует регрессивному ритму в объеме зоны *Otapiria ussuriensis* (фондовые материалы ЯнГРЭ, п. Батагай, РСЯ), до 1988 года относилась к нижней толще среднего подъяруса норийского яруса (Легенда к Верхоянской серии листов. 1988). Выходы отложений свиты приурочены к крыльям и осевым частям синклинальных структур, которые осложнены складчатостью более высоких порядков и разрывными нарушениями. Описание сводного разреза нельгесинской свиты составлено по корреляции частных разрезов вдоль рек Улахан-Солурдах, Ытаргалах, Арыктах и Тимирдах. На пачке переслаивания песчаников и алевролитов кедровинской свиты залегают отложения нельгесинской свиты:

1. Алевролиты темно-серые, мелкозернистые, с *Otapiria* cf. *dubia* Ich. – 100 м;
2. Аргиллиты темно-серые, листоватые – 110 м;
3. Алевролиты темно-серые, мелкозернистые с *Otapiria ussuriensis* Vor., *Halobia aotii* Kob. et Ich. – 230 м;
4. Песчаники черные, мелкозернистые, слоистые и неяснослоистые с *Otapiria* sp. ind., *Halobia* sp. ind., *Oxytoma mojsisovicsi* Tell., *Tosapekten* ex gr. *suzukii* Kob.- 190 м;

Общая мощность свиты - 630 м.

Выше залегают алевролиты няньдельгинской свиты с "*Eomonotis*" *pinensis* West., контакт (по отсутствию зоны *Eomonotis daonellaeformis*) считается тектоническим.

Целью работы является изучение вещественных и геохимических особенностей отложений нельгесинской свиты и локальной коры выветривания, развитой по породам свиты, рассматривается возможность применения микроэлементов для палеофациальных и геодинамических реконструкций образования свиты.

В пределах изученной площади отложения свиты представлены преимущественно алевролитами и песчаниками, в меньшей степени – аргиллитами. Все литологические типы пород сильно трещиноваты, отмечается наличие трещин кливажа, развитых несогласно с направлением первичной слоистости. Повсеместно развиты многочисленные разноориентированные кварцевые жилы и прожилки, секущие все типы пород в нескольких направлениях, в

целом совпадающие с направлением трещиноватости. Жилы сложены белым молочным кварцем, часто с примесью сидерита (окисление которого придает кварцу розовато-желтоватый цвет), с включениями пирита, антимонита. Мощность жил небольшая (первые сантиметры), иногда встречаются небольшие (первые дециметры) раздувы. Повсеместно развиты изменения вмещающих пород, выраженные в пиритизации, прослеживающейся на первые сантиметры от кварцевых жил.

Алевролиты темно-серого и черного цвета, кварцевые, иногда с большим содержанием органики. Наблюдаются отдельные известково-глинистые конкреции округлой формы, размером до 5–8 см в диаметре. Встречаются линзовидные прослои, обогащенные ракушняком. В составе обломочной части алевролитов преобладает кварц, наблюдаются отдельные зерна глауконита, полевых шпатов. Кварцевые зерна несортированные, разной размерности, с преобладанием алевритовой, последние изометричной формы, преимущественно угловатые и угловато-окатанные, частично хлоритизированные. Отмечаются единичные зерна размером до 2 мм удлиненной формы, с мозаичным погасанием. Микротекстура ориентированная, часто отчетливо микрослоистая и волнистослоистая, отмечаются линзовидные включения халцедона длиной до 1 мм. Цемент базальный и поровый, глинистый. В состав цемента входит органическое вещество черного цвета в виде сгустков изометричного облика.

Песчаники темно-серого, серого и розового цветов, часто с хорошо выраженной полосчатой текстурой, обусловленной прослоями черного цвета мощностью 1–2 см неравномерно обогащенными органическим веществом, разнотельные, кварцевые, с глинисто-кремнистым цементом типа выполнения пор.

Для всех разновидностей обломочных пород характерна плохая сортировка материала, преимущественно кварцевый (до 75–95%) состав обломочной части, хлоритовый цемент, образованный за счет первичного глинистого вещества. В составе тяжелой фракции (материалы ЯНГРЭ) преобладают циркон, гранат, лейкоксен, рудные минералы, в подчиненном количестве – турмалин, сфен, эпидот, амфибол, пироксен, шпинель, рутил, анатаз, киноварь (единичные зерна), корунд и апатит. Рентгеноструктурный анализ показывает наличие кварца, полевых шпатов (10–15%), магнезиально-железистых хлоритов (10–30%), флогопита (5–15%), сидерита (до 10%), в отдельных образцах (преимущественно обогащенных органикой алевролитах) пирита до 5%.

Аргиллиты темно-серого, желтовато-серого до черного цвета, листоватой или мелкощепчатой отдельности, часто со значительным количеством органического вещества. Микроскопически представляют собой породу кварц-слюдяного состава, часто интенсивно сидеритизированную. Текстура ориентированная, до сланцеватой, иногда с различной ориентацией чешуек, структура тонкочешуйча-

тая. Кварцевые зерна (до 10%) алевритовой, реже псаммитовой размерности, относительно равномерно распределены по породе. Сидерит (до 30–45%) наложенный, распределен в породе крайне неравномерно, в виде крупных скоплений или отдельных зерен. Рентгеноструктурный анализ показывает присутствие в породе сидерита, анкерита, флогопита, мусковита, хлорита, талька, полевых шпатов, кварца. Аргиллиты и алевролиты часто содержат включения пирита, размером до первых сантиметров с хорошо выраженной кубической формой кристаллов.

Процессы длительного периода выветривания, частично подруслового [2], привели к превращению скальных пород в слабосвязанный структурный элювий, а на отдельных участках к образованию локальных кор выветривания, наблюдаемых в долинах водотоков III порядка. Возраст кор выветривания, предположительно, позднемиоценовый (материалы ЯНГРЭ), хотя, возможно, корообразование происходило от миоцена до квартера включительно, в периоды более влажного и теплого климата, и приостанавливалось в периоды более холодного и сухого. В конце палеогена – начале миоцена результаты орогенеза были сnivelированы денудационными процессами, и на выровненной поверхности пенеплена шло корообразование, линейные реликты которого сохранились в современном рельефе на участках его перегибов и в приразломных депрессиях.

Наблюдаемая кора выветривания и продукты ее ближнего переноса приурочены преимущественно к выходам аргиллитов и перекрываются современным аллювием. Образование коры контролируется и тектоникой, так как водотоки района закладываются в пределах разрывных нарушений, в зонах с сильной трещиноватостью пород.

Ниже приводится разрез коры выветривания аргиллитов и перекрывающих ее образований (снизу вверх).

1. Аргиллиты (обр. 20) черного, синевато-черного и серовато-желтого цвета, от тонкощепчатой до тонкоплитчатой отдельности, кварц-слюдяные, неизменные.

2. Аргиллиты (обр. 2, 3) черного, синевато-черного и серовато-желтого цвета, от тонкощепчатой до тонкоплитчатой отдельности, кварц-слюдяные, слабо измененные, что проявляется уменьшением прочности (раскрытие трещин), и слабым развитием гипергенных минералов глин. Мощность зоны 0,2 м.

3. Глина черно-синего цвета (обр. 51-1, 51-2, 51-3, 63), *in situ* содержащая фрагменты неразложившихся аргиллитов, залегает непосредственно на аргиллитах, контакт отчетливый. Местами глина слабо перемещена вниз по руслу, и в этом случае на аргиллитах и переслаиваемых с ними мелкощепчатых алевролитах залегает тонкий гравийно-мелкогалечный материал в виде маломощных (0,1 м) линз, которые перекрываются этой же черно-

синей глиной. Микроскопически глина однородного гидрослюдистого, реже каолинит-гидрослюдистого состава, с крупными обломками аргиллитов, часто сильно ожелезненных, скрепленных вторичным каолинитовым цементом, в котором встречаются редкие зерна кварца от алевритовой до псаммитовой размерности. По микротрещинам развит вторичный кальцит. Рентгеноструктурный анализ показывает наличие мусковита и флогопита, при незначительной примеси кварца, полевых шпатов, отмечены следы сидерита, хлорита, каолинита, гидрогетита. Мощность глины выдержанная, в среднем 0,2 метра.

4. Глина зеленоватая и зеленовато-серая (обр. 52, 53, 61, 62), контакт с нижележащей глиной четкий. Местами зеленоватая глина залегает непосредственно на аргиллитах. Глина пластичная, вязкая, в качестве примеси содержит тонкий песчаный и мелко-гравийный материал, преимущественно в верхней части слоя, представленный окатанными обломками песчаников, алевролитов, аргиллитов и незначительным количеством молочно-белого кварца и пирита. Количество обломочного материала изменяется от 5 % в нижней части слоя до 10 – 15 % – в верхней. Глина каолинит-гидрослюдистого и гидрослюдистого состава, часто интенсивно ожелезненная за счет разложения пиритов. Микроскопически наблюдаются фрагменты аргиллитов (одновременное погасание в отдельных частях шлифа), между которыми в пустотах располагается вторичный каолинит. По результатам рентгеноструктурного анализа основная масса породы представлена флогопитом и мусковитом, в меньшей степени биотитом и гидрогетитом, отмечена незначительная примесь кварца, полевых шпатов, гетита, следы каолинита. Мощность слоя выдержана, в среднем составляет 0,3 – 0,5 м, местами до 0,7 м.

Суммарная мощность коры выветривания и продуктов ее ближайшего переноса в изученных разрезах не превышает 1 метра. Выше залегают аллювиальные отложения, мощностью 4 – 6 м.

ХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ

По химическому составу породы, слагающие разрез триаса (материалы ЯнГРЭ, табл.1) мало различимы и соответствуют андезитам (среднему составу земной коры). Величины щелочных модулей и суммы щелочей меньше критических величин; уменьшается величина титанового модуля (ТМ) в ряду песчаники – алевролиты, что указывает на отсутствие в триасовых породах вулканогенного материала. Значения модулей, отражающих зрелость исходного материала в областях сноса, свидетельствуют о развитии там процессов химического выветривания [3]. Это не противоречит петрографической характеристике пород, по которой обломочные зерна на 60–95 % представлены кварцем. Дискриминационные параметры пород региона по всем показателям соответствуют таковым для осадков, накопившихся на пассивной окраине континента, что

подтверждается выводами об отсутствии в породах вулканического материала.

Для уточнения образования глинистых разновидностей пород триаса были применены треугольные диаграммы $SiO_2 - (Al_2O_3 + TiO_2 + Fe_2O_3 + MnO) - (K_2O + Na_2O + MgO + CaO)$ и $Al_2O_3 - K_2O - MgO$, соответственно диаграммы САК и АКМ [4], а также треугольная диаграмма в координатах $(Al_2O_3 + TiO_2) - (Na_2O + CaO + MgO + MnO + FeO + Fe_2O_3 + п.п.п.) - (SiO_2 + K_2O)$ [5], на основании химических анализов (табл. 1). Первичный состав глин определяется как гидрослюдистый, большинство глинистых минералов образовывалось в условиях морских бассейнов. На основании применения диаграммы FAK [6] в поле AF основная масса пород располагается в граничной области граувакк и гидрослюдистых глин, в поле KF – в области перекрытия полей зернистых осадочных и смешанных пород и поля пелитов, при этом глинистые разновидности пород хорошо коррелируются с полями развития гидрослюдов.

Для уточнения условий образования и особенностей поведения микроэлементов в профиле выветривания было сделано 25 анализов ICP для различных литологических разновидностей материнских пород, а также по глинам коры выветривания. Определение элементов проводилось в ИГЕМ РАН методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS Induktively Coupled Plasma Mass Spectrometry).

Содержания микроэлементов в породах нельгесинской свиты (алевролиты, песчаники, аргиллиты) приведены в таблицах 2, 3. Содержание большинства микроэлементов близкое к кларку [7] или ниже его. Во всех литологических типах повышены концентрации Li, Sc, As, Se, Ag, Cd, Te, I, Au, Bi, отдельные образцы обогащены Sb. Для пород свиты характерно повышенное содержание суммы высокоподвижных элементов: Hg, Tl, Te, As, Sb (от 76,17 до 224,68 г/т), что обусловлено преимущественно высоким содержанием As, который является индикатором относительно больших глубин формирования источника вещества флюидного массопереноса. Высокое содержание Au в породах (до 1,6 г/т) объясняется повышенной сорбционной способностью органического вещества, входящего в состав пород, а также наличием микрозерен свободного золота, освобожденного механическим способом от вмещающих пород за счет раскрытия трещин при формировании речных долин [2] (все образцы для анализов взяты в пределах речной долины), кроме того, пириты также выступают в качестве носителей золоторудной минерализации [8].

Отдельно рассмотрено содержание микроэлементов в гидротермальных жилах: обр. 41 – белый кварц из прожилка мощностью 1–1,5 см, располагающегося согласно между алевролитами (обр. 42) и песчаниками (обр. 43), отобранными из приконтактной зоны (первые сантиметры от кварцевого прожилка). Для кварца понижены, по сравнению с вмещающими породами, содержания большинства

Таблица 1

Химический состав и расчетные модули триасовых пород (Верхоянский субрегион, Адыча-Нерский и Яно-Омолойский субрегионы) (материалы ЯнГРЭ)

Оксиды	Порода, номер пробы, название свиты и индекс, содержание окислов в %									
	Песчаники		Алевролиты					Аргиллиты и известковистые аргиллиты		
	57	2005/1	3014	357	353/1	5029	550/2	2028/3	2006/6	58
	Ирекенская свита (T _{3ir})	Уттыхская свита (T _{3ut})	Уттыхская свита (T _{3ut})	Нельгесинская свита (T _{3ng})	Кедровинская свита (T _{3kd})	Янская свита (T _{3jn})	Средне-сыстардахская подсвита (T _{2ss2})	Уттыхская свита (T _{3ut})	Уттыхская свита (T _{3ut})t	Билляхская свита (T _{3bh})
SiO ₂	51.14	57.56	61.36	60.72	57.26	51	60.4	55.18	24.1	31.3
TiO ₂	1.18	1.62	1.64	1.28	1.06	1.33	0.95	1.58	0.39	1.04
Al ₂ O ₃	9.32	17.57	15.83	17.49	18.41	15	17.43	20.06	4.39	10.11
Fe ₂ O ₃	1.69	2,59	3,92	0,75	2,09	3,99	4,65	3,51	2,2	1,69
FeO	6	6.83	4.92	5.75	6.11	5.8	2.8	5.68	1.22	6.79
MnO	0.49	0.09	0.09	0.042	0.04	0.17	0.062	0.1	0.68	0.38
MgO	2.54	2.61	1.93	2.29	2.11	2.03	1.65	2.4	0.78	2.68
CaO	11.23	1.12	0.73	0.79	1.36	6.55	1.13	0.5	35.49	22.4
K ₂ O	1.26	1.83	1.77	2.78	2.92	2.23	2.69	2.84	0.55	0.87
Na ₂ O	1.33	1.6	1.76	2	1.8	1.28	2.41	1.1	0.5	0.54
P ₂ O ₅	0.34	0.29	0.32	0.161	0.253	3.37	0.239	0.25	1.8	0.22
CO ₂	11.44	0.3	-	0.3	0.44	1.95	0.9	-	26.64	18.37
ппп	-	0,21	0,83	5,48	6,02	0,15	5,88	0,41	-	0,08
Сумма	100,3	100,35	99,77	99,55	99,52	100,35	100,32	99,75	100,35	100,37
Петрохимические модули, рассчитанные по методике Я.Э. Юдовича [3]										
ГМ	0,36	0,5	0,43	0,42	0,48	0,51	0,43	0,56	0,34	0,63
АМ	0,18	0,31	0,26	0,29	0,32	0,29	0,29	0,36	0,18	0,32
ФМ	0,2	0,21	0,18	0,14	0,18	0,23	0,15	0,21	0,17	0,36
ТМ	0,127	0,092	0,104	0,073	0,058	0,089	0,055	0,079	0,089	0,103
КМ	0,14	0,1	0,11	0,16	0,16	0,15	0,15	0,14	0,13	0,09
НМ	0,14	0,09	0,11	0,11	0,1	0,09	0,14	0,05	0,11	0,05
ЩМ	1,06	0,87	0,99	0,72	0,62	0,57	0,9	0,39	0,91	0,62
ПМ	9,97	1,49	1,41	1	1,08	3,51	1,32	0,56	65,44	26,37
ЗМ	3,55	2,64	1,26	7,67	2,92	1,45	0,6	1,62	0,55	4,02
ЖМ	0,78	0,5	0,51	0,35	0,42	0,61	0,41	0,43	0,86	0,79
ПЗП	5,49	3,28	3,88	3,47	3,11	3,4	3,47	2,75	5,49	3,1
ПСД	19,75	16,78	17,38	12,7	12,13	14,53	11,84	14,01	22,95	22,2
ПЗМ	0,17	0,28	0,24	0,26	0,29	0,27	0,26	0,33	0,17	0,29
ОНЩ	0,28	0,2	0,22	0,27	0,26	0,23	0,29	0,2	0,24	0,14

Примечание. Модули: ГМ – гидролизаторный, АМ – алюмокремниевый, ФМ – фемический, ТМ – титановый, КМ – калиевый, НМ – натриевый, ЩМ – щелочной, ПМ – плагиоклазовый, ЗМ – закисный, ЖМ – железистый; показатели: ПЗП – зрелости Петтиджона, ПСД – степени дифференциации осадков, ПЗМ – зрелости материала областей сноса, ОНЩ – общая нормативная щелочность

элементов, однако содержания Zn, Se, Mo, Ag, Cd, W, Rb слабо повышены, что связано с принадлежностью их к халькофильным металлам и неметаллам, а также сидерофильным металлам, обладающим свойствами халькофилов [9]. Все они, скорее всего, входят в состав сульфидов. Образование кварцевых жил связано с магматической активизацией региона в период начальной стадии континентального рифтогенеза, с внедрением гранитоидных массивов и формированием минерализации, относимой к золото-кварцевой малосульфидной и золото-антимонитовой рудоносным формациям. Вмещающие породы из приконтактовой области испытали слабое изменение, незначительно отличаются от неизменных литологических разностей. Внедрение низкотемпературных гидротермальных растворов происходило в уже ослабленные зоны при общем растяжении коры.

Более детально рассмотрено распределение редкоземельных элементов (REE) с целью их использования для палеогеографических реконструкций условий образования осадочных пород.

Основные критерии, по которым оцениваются спектры REE: 1) $\Sigma(\text{REE}+\text{Y})$, часто наблюдается уменьшение суммы с удалением от береговой линии и углублением бассейна седиментации; 2) отношения La/Sm, Ce/Sm, Yb/Sm, Y/Sm, отражающие изменение в распределении лантаноидов в морских бассейнах от прибрежно-морских зон к их центральным частям [10,11,12]: в виду того, что океанская вода является непосредственным источником REE в осадках и осадочных породах [13,14], данные отношения применимы, прежде всего, для фациальных реконструкций стратифицированных образований морского происхождения (для прибрежных отложений возрастают

Таблица 2

Содержание микроэлементов (г/т) в отложениях нельгесинской свиты верхнего триаса

	№ пробы													Кларк по Ви-ногра-дову
	4	5	31	32	34	35	26	42	28	29	33	43	41	
	Название породы													
	алевролит						алевролит (с органикой)		песчаник				жиль-ный кварц	
Li	He уч	He уч	770,0	1010	405,0	696,0	1140,	1180	He уч	798,0	439,0	909,0	169,0	60
Be	He уч	He уч	1,4	1,16	1,85	1,15	2,06	1,95	He уч	1,4	1,85	1,42	1,31	3
Sc	24,79	28,4	55,0	65,0	47,0	52,0	74,0	71,0	31,25	64,0	69,0	60,0	21,0	10
Ti	7218	8149	9210	9750	7680	8680	12400	12000	8700,1	12600	7640	9040	2270	4500
V	1,32	1,32	42,0	50,85	123,0	67,5	58,4	10,52	1,321	80,9	0,71	0,65	0,0	130
Cr	1,261	1,26	10,0	9,81	10,9	10,4	10,7	5,04	1,265	0,09	14,9	4,12	3,86	100
Co	1,02	1,0	23,0	13,0	10,0	18,0	14,0	20,0	1,01	8,1	18,0	19,0	7,9	20
Ni	0,98	0,9	7,4	0,0	9,8	126,0	0,0	196,0	0,92	37,0	355,0	31,0	54,0	95
Cu	0,81	0,8	15,2	25,4	85,5	162,0	20,3	18,81	0,82	19,14	24,6	19,16	8,98	57
Zn	1,2	1,3	179,0	146,0	50,0	161,0	17,0	198,0	1,27	284,0	1660	337,0	238	80
Ga	0,9	0,7	3,7	3,7	3,98	3,7	4,2	2,42	1,0	3,7	2,9	1,82	1,54	30
Ge	0,56	1,55	2,0	2,2	2,3	1,7	2,3	2,7	1,72	2,5	3,3	2,6	2,4	2
As	He уч	He уч	98,0	137	217	129,0	160,0	170,0	He уч	200,0	71,0	76,0	71,0	6,6
Se	0,93	0,9	3,4	3,2	1,5	3,3	4,0	0,08	0,95	0,0	3,7	2,3	2,4	0,6
Rb	0,7	0,8	69,0	68,0	68,0	62,1	74,0	66,0	0,75	59,0	51,0	54,0	23,0	200
Sr	0,9	1,0	96,0	108,0	110,0	117,0	117,0	120,0	0,92	116,0	87,0	102,0	92,0	450
Zr	98,9	124,4	6,1	6,16	3,5	4,8	6,6	6,24	101,2	6,04	5,08	4,68	1,36	200
Nb	6,08	10,97	7,6	6,9	4,1	5,7	7,2	6,4	8,32	8,9	7,4	7,0	2,5	20
Mo	2,11	0,87	1,2	0,86	0,82	1,0	0,59	0,51	1,18	0,67	2,3	2,2	1,2	2
Ag	1,06	1,0	2,1	2,7	3,4	6,5	1,2	3,0	1,2	5,4	5,9	2,4	3,1	0,1
Cd	1,31	1,41	0,086	0,33	0,08	0,33	0,2	0,08	1,5	0,39	0,56	0,08	0,21	0,03
Sn	2,34	3,6	2,6	2,9	1,9	2,3	3,1	2,3	3,1	6,4	5,0	2,1	1,9	10
Sb	0,47	1,36	11,0	1,4	6,7	0,91	0,21	0,37	0,93	0,49	5,0	0,35	0,26	2
Te	0,21	0,3	0,2	0,28	0,0	0,13	0,14	0,15	0,16	0,48	0,0	0,08	0,15	0,01
J	He уч	He уч	4,4	17,0	11,0	0,0	23,0	20,0	He уч	17,0	0,0	19,0	0,4	1
Cs	1,0	0,8	6,9	4,5	12,0	4,5	4,5	3,2	0,95	3,6	9,7	2,4	0,79	12
Ba	1,0	1,05	498,0	400,0	514,0	380,0	578,0	534,0	0,9	388,0	326,0	360,	160,	800
Hf	4,96	5,27	7,2	7,1	3,6	5,2	8,2	7,5	5,11	6,8	6,0	5,2	1,8	6
Ta	0,02	2,24	0,41	0,11	0,02	0,07	0,32	0,34	0,31	0,24	1,8	0,57	0,04	3,5
W	4,76	4,88	2,6	15,0	2,4	1,8	2,3	0,92	5,75	2,9	21,0	2,7	6,4	2
Au	0,0	0,12	0,83	1,4	1,6	1,0	1,4	0,51	0,11	0,25	0,08	0,54	0,8	0,001
Hg	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,29	0,0	0,0	0,0	0,51	0,0	0,02	0,4
Tl	1,3	1,35	0,41	0,32	0,49	0,22	0,22	0,18	1,3	0,27	0,21	0,08	0,03	1
Pb	1,3	1,5	44,0	21,0	18,0	29,0	14,0	22,0	1,22	20,0	21,0	15,0	30,0	20
Bi	0,14	0,13	0,04	0,07	0,12	0,08	0,05	0,08	0,28	0,04	0,04	0,03	0,03	0,01
Th	9,26	10,23	16,0	17,0	17,0	16,0	18,0	9,5	8,77	19,0	16,0	12,0	6,4	11
U	1,29	1,0	3,4	3,7	3,3	3,4	3,9	3,6	1,5	3,6	2,8	3,1	1,1	3,2

значения La/Sm, Ce/Sm, убывают Yb/Sm, Y/Sm; для более удаленных, глубоководных - наблюдается обратная зависимость); 3) отношение La/Yb, характеризующее общий наклон спектра распределения REE и косвенным образом свидетельствующее о глубинности образования осадков; 4) $\sum Ce/\sum Y$, где $\sum Ce$ (La - Cd), $\sum Y$ (Tb - Lu, Y), отражающее интенсивность процессов выветривания: при гумидном климате более интенсивно разрушаются калиевые полевые шпаты и акцессорные минералы, содержащие легкие REE, что приводит к увеличению отношения $\sum Ce/\sum Y$; величина $\sum Ce/\sum Y=3$ может рассматриваться как граница между гумидными и аридными обстановками [15]; 5) Ce/Ce^* , $Ce/Ce^* = Ce_N/(La_N + Pr_N)/2$ - выступает показателем обстановок форми-

рования осадочных образований морского происхождения: цериевая аномалия в глинистых сланцах в околоспредиговой зоне (300 - 400 км от COX) составляет 0,25 - 0,3, на удалении 2500 - 3000 км от COX - 0,55 - 0,6, и в окраинноконтинентальных обстановках - 0,9-1,3 [15]; 6) Eu/Eu^* , где $Eu/Eu^* = Eu_N/(Sm_N + Gd_N)/2$ (нормировано к силикатной фазе хондрита) [10], выступает показателем поступления глубинного вещества в осадки как за счет флюидного массопереноса [16,17], так и в виде вулканического вещества или обломков пород основного состава при выветривании мафитов и ультрамафитов [10,18]. Графики содержания REE, характеризующие особенности распределения лантаноидов, нормированы к глинам платформ [10].

Таблица 3

**Содержание микроэлементов (г/т) в отложениях нельгесинской свиты верхнего триаса
и коре выветривания по ним**

	№ пробы											
	Название породы											
	1	2	3	20	51-1	51-2	51-3	63	61	62	52	53
	Аргиллиты и алевролиты				Черно-синяя глина				Зеленая глина			
Li	604,0	1730,0	He уч	568,0	He уч	935,0	960,0	3040	886,0	742,0	633,0	832,0
Be	1,95	2,8	He уч	3,2	He уч	2,62	3,95	2,17	4,88	1,95	2,08	2,31
P	He уч	He уч	909,2	He уч	2084,3	He уч	He уч	He уч	He уч	He уч	He уч	He уч
Sc	59,0	86,0	32,65	90,0	31,14	77,0	99,0	77,0	86,0	65,0	74,0	71,0
Ti	8116	11800	3179,2	27500	5125,0	9830,0	12500	9350	34400	8680	9630	8080
V	7,8	11,38	1,319	Heуч	1,32	14,28	11,47	12,5	335,9	5,95	8,76	5,84
Cr	6,32	7,08	1,259	238,8	1,23	6,84	6,72	8,0	40,4	6,72	7,24	6,2
Co	20,0	20,0	1,01	22,7	1,01	23,0	20,0	21,0	27,0	19,0	23,0	5,22
Ni	0,0	0,0	0,98	121,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cu	34,14	49,12	0,82	47,7	0,8	557,4	44,94	15,67	27,52	35,88	23,0	33,0
Zn	0,0	0,0	1,27	166,9	1,3	371,0	0,0	0,0	14,0	0,0	0,0	0,0
Ga	1,96	3,03	0,8	58,0	0,85	2,88	0,878	3,0	36,66	2,27	2,17	2,42
Ge	2,9	3,0	0,35	314,0	1,53	3,9	3,7	7,7	231,0	2,7	2,8	2,1
As	162,0	163,0	He уч	3,77	He уч	246,0	215	203,0	10100	153,0	185,0	143
Se	1,7	1,7	0,0	0,0	1,0	3,4	1,5	3,8	10,0	3,9	6,0	1,3
Rb	63,0	82,0	0,77	96,9	0,7	82,0	89,0	79,0	68,0	59,0	78,0	82,0
Sr	102,0	107,0	0,91	183,0	0,9	135,0	1,49	113,0	113,0	130,0	128,0	111,0
Zr	5,0	7,52	59,69	5,12	86,15	6,4	8,24	6,36	8,92	5,56	6,12	6,08
Nb	6,1	9,8	1,52	4,9	5,88	7,7	19,0	5,5	10,0	6,0	7,0	4,9
Mo	1,1	1,7	0,11	0,0	1,22	1,1	2,1	1,3	1,8	0,83	1,2	0,56
Ag	2,1	0,43	1,09	3,2	1,1	0,0	0,64	1,4	0,45	0,6	0,2	1,2
Cd	0,032	0,066	1,3	0,059	1,33	0,057	0,115	0,05	0,14	0,044	0,05	0,091
Sn	2,4	0,2	1,57	2,9	2,2	2,6	3,1	7,8	8,4	2,1	2,5	1,8
Sb	4,6	9,1	6,82	6,9	5,21	20,0	6,8	8,0	18,0	13,0	3,5	3,2
Te	0,01	0,17	0,09	0,4	0,0	0,09	0,18	0,5	0,86	0,26	0,43	0,68
J	0,0	0,0	He уч	12,0	He уч	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cs	2,8	4,4	0,9	5,25	1,0	6,3	7,9	8,6	6,3	5,3	7,2	5,7
Ba	400,0	790,0	0,98	538,0	0,95	544,0	1602,0	510,0	538,0	366,0	482,0	420,0
Hf	7,0	9,2	3,11	2,8	4,3	6,8	9,5	7,9	6,9	6,3	6,9	7,2
Ta	0,27	0,55	0,0	0,08	2,65	0,56	4,3	0,26	1,5	0,46	0,12	0,35
W	1,3	1,4	0,3	0,29	2,60	1,1	2,0	0,15	1,6	0,96	0,79	0,54
Au	0,08	0,21	0,0	0,0	0,16	0,03	0,14	0,11	0,0	0,0	0,2	0,0
Hg	0,1	0,0	0,0	0,31	0,0	0,33	0,28	0,19	0,0	0,09	0,31	0,0
Tl	0,19	0,38	1,29	0,22	1,2	0,22	0,43	0,17	0,26	0,16	0,33	0,16
Pb	44,0	31,0	1,31	14,0	1,36	31,0	25,0	26,0	29,0	31,0	38,0	27,0
Bi	0,07	0,076	0,2	0,03	0,35	0,098	0,11	0,064	0,075	0,082	0,14	0,096
Th	8,5	11,0	6,65	19,0	8,33	11,0	11,5	10,71	6,5	8,0	10,5	11,0
U	3,5	3,8	1,3	2,0	1,3	3,8	4,3	3,8	2,4	3,2	4,3	3,6

Характеры распределения REE (рис. 1,2) для невыветрелых разностей пород однотипны, характеризуются слабо выраженным избытком тяжелых лантаноидов, при небольшом дефиците легких, что соответствует довольно удаленным от береговой линии отложениям в пределах относительно мелководного морского бассейна. Отмечается близость $\Sigma(REE+Y)$ для всех литологических разностей (табл. 4, 5), при незначительном увеличении суммы в аргиллитах и алевролитах с высоким содержанием органики. Такое распределение лантаноидов соответствует высоким скоростям осадконакопления, при которых нивелируются различия по сумме для обломочных и глинистых пород [10]. Среднее $\Sigma(REE+Y) = 215,27$ г/т, что незначительно превышает содержание редких земель в глинах платформ

(199,0 г/т) [10]. Незначительное изменение отношения La/Yb подтверждают стабильность условий осадкообразования. Среднее $\Sigma Ce/\Sigma Y$ равно 4.4, что отвечает гумидному типу литогенеза. Среднее $Eu/Eu^* = 0,72$ (изменяется от 0,64 до 0,88), что соответствует среднему значению в осадочных породах фанерозоя ($Eu/Eu^* = 0,61 - 0,72$) [10]. Eu/Eu^* для жильного кварца низкое (0,69). Учитывая высокое содержание As в породах и относительно низкое Eu/Eu^* , можно предположить глубину заложения многочисленных разрывных нарушений, развитых в пределах района, как ниже-среднекорковую, не достигающую мантии. Такая интерпретация хорошо согласуется с результатами проведенных работ [8], которые определяют разрывные нарушения в пределах территории как разломы малой глубины (коро-

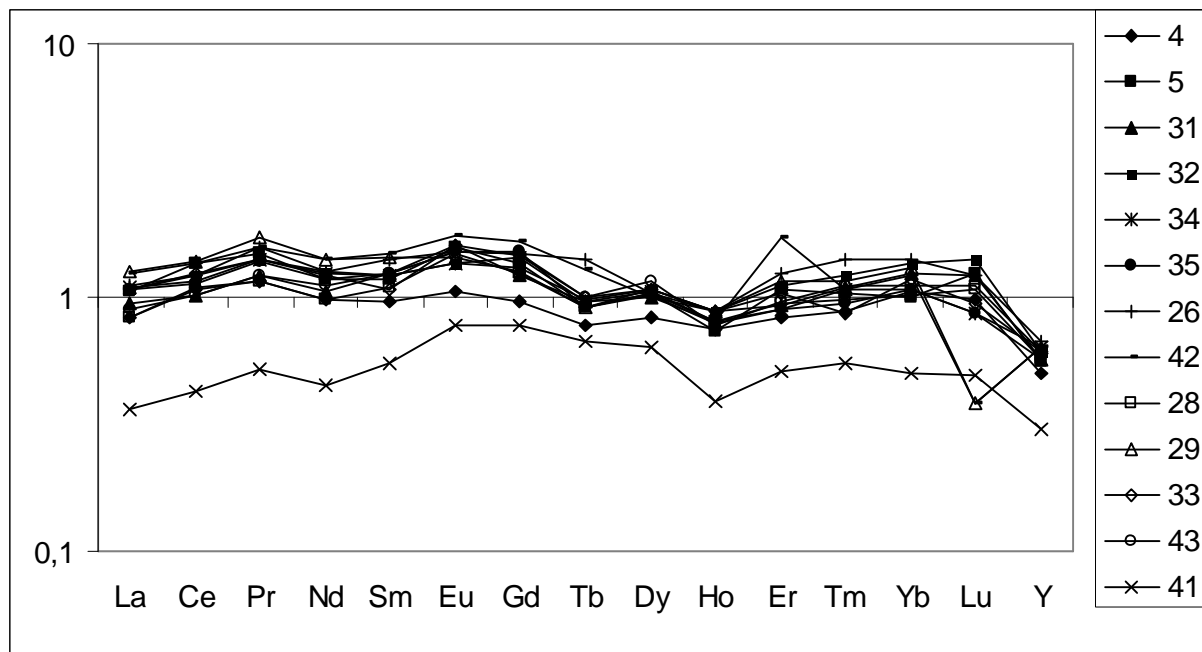


Рис. 1. Распределение REE в отложениях нельгесинской свиты

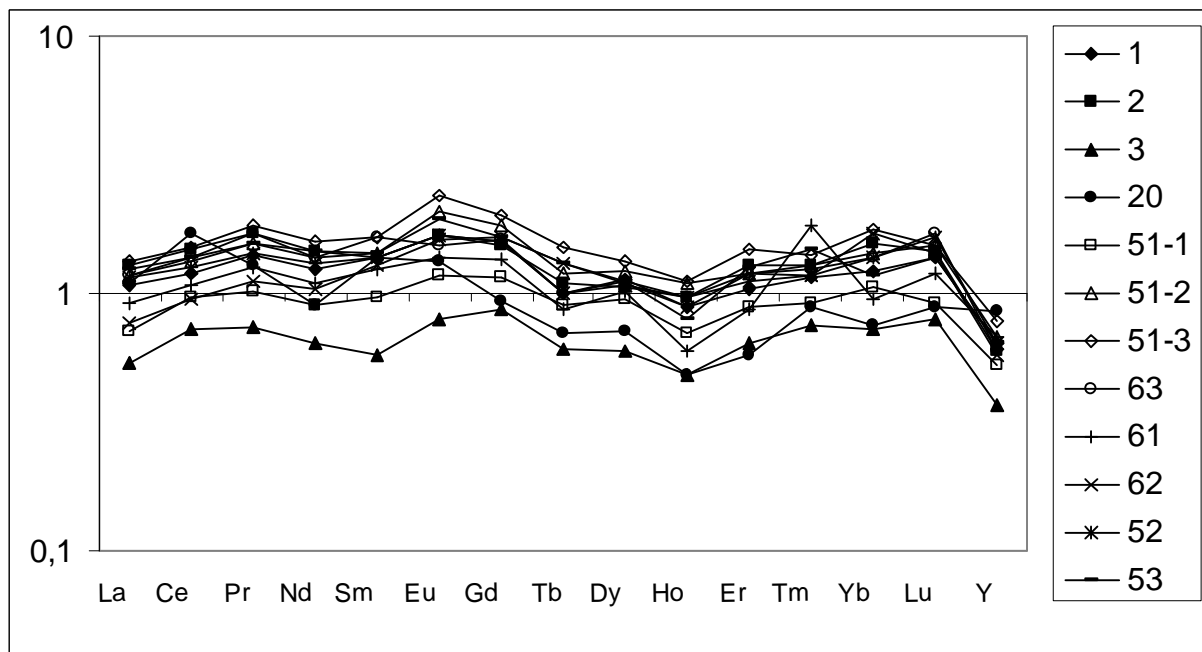


Рис. 2. Распределение REE в аргиллитах нельгесинской свиты и в коре выветривания по ним

вые). Низкое значение Eu/Eu^* подтверждает и отсутствие в осадках вулканогенного материала, обогащенного европием за счет темноцветных минералов и плагиоклаза. Средние для свиты значения La/Sm , Ce/Sm , Yb/Sm , Y/Sm (табл. 3) близки к шельфовым водам с глубиной до 350 метров [10], что показывает образование первичных осадков в пределах континентального шельфа. Среднее $Ce/Ce^* = 1,1$ соответствует окраинноконтинентальным обстановкам осадконакопления [15].

Данные выводы подтверждают результаты ранее проведенных исследований [1,19,20], которые характеризуют развитие этой части региона с ранне-

го кембрия до ранней юры в режиме, близком к классической пассивной континентальной окраине. Образование триасовых отложений происходило в геодинамической обстановке пассивной континентальной окраины с дальнейшим преобразованием в коллизийный период в покровно-складчатые структуры с проявлениями мезозойского магматизма. Отложения алевролитопесчанниковой ритмичной формации геодинамического комплекса образованы в пределах внешнего шельфа [1]. Обилие и многообразие фаунистических форм, известковистость разнообразно-слоистых пород свидетельствуют о накоплении отложений в мелководном, не-

Таблица 4

Содержание REE (г/т) и геохимические коэффициенты в отложениях нельгесинской свиты
верхнего триаса

№ пробы													
	4	5	31	32	34	35	26	42	28	29	33	43	41
Название породы													
	алевролит						алевролит (с органикой)		Песчаник				жиль- ный кварц
La	29,34	37,7	34,0	38,0	39,0	38,0	40,0	44,0	29,34	45,0	38,0	32,0	13,0
Ce	72,58	91,55	68,0	81,0	78,0	76,0	82,0	91,0	73,69	93,0	83,0	69,0	29,0
Pr	8,08	10,34	8,6	10,0	9,9	4,1	11,0	11,0	8,08	12,0	9,9	8,6	3,7
Nd	32,33	38,81	35,0	42,0	40,0	39,0	42,0	47,0	32,26	47,0	40,0	37,0	15,0
Sm	6,53	7,89	7,0	8,3	8,2	8,4	9,4	10,0	6,83	9,7	7,3	8,4	3,7
Eu	1,32	1,96	2,0	1,7	1,7	1,9	1,9	2,2	1,84	1,8	2,0	4,9	0,96
Gd	5,83	8,11	7,4	7,9	8,6	9,1	8,9	10,0	7,53	7,6	6,8	8,9	4,6
Tb	0,78	0,93	0,96	0,99	0,97	0,91	1,4	1,3	0,93	0,96	1,0	1,0	0,67
Dy	4,36	5,45	5,2	5,6	5,5	5,3	5,4	5,2	5,44	5,6	5,6	6,0	3,3
Ho	0,94	0,93	1,1	1,1	1,0	0,99	1,1	1,0	1,02	1,1	1,1	0,96	0,49
Er	2,62	3,31	2,9	3,5	2,8	7,8	3,9	3,8	2,94	3,6	3,2	3,0	1,6
Tm	0,4	0,47	0,49	0,55	0,48	0,43	0,63	0,48	0,44	1,52	0,39	0,5	0,25
Yb	3,09	2,94	3,7	4,0	3,2	3,2	4,2	3,6	3,00	3,9	3,2	3,3	1,5
Lu	0,45	0,56	0,55	0,64	0,39	0,39	0,55	0,56	0,48	0,56	0,43	0,5	0,22
Y	14,07	15,71	16,0	17,0	18,0	16,0	19,0	18,0	15,88	18,0	17,0	17,0	8,4
$\Sigma(REE+Y)$	182,7	226,7	192,9	222,3	217,7	211,7	231,4	249,1	189,7	250,3	220,9	198,1	86,39
<i>Среднее по свите – 215,27</i>													
$\Sigma Ce/\Sigma Y$	4,62	4,90	4,04	4,38	4,32	3,79	4,13	4,67	4,04	4,87	4,5	3,86	
<i>Среднее по свите – 4,40</i>													
La/Yb	9,50	12,82	9,2	9,5	12,19	11,88	9,5	12,22	9,78	11,54	11,88	9,70	
<i>Среднее по свите – 11,07</i>													
La/Sm	4,49	4,78	4,86	4,58	4,76	4,52	4,26	4,4	4,30	4,64	5,21	3,81	
<i>Среднее по свите – 4,56</i>													
Ce/Sm	11,11	11,6	9,7	9,76	9,51	9,05	8,72	9,1	10,79	9,59	11,4	8,21	
<i>Среднее по свите – 10,19</i>													
Yb/Sm	0,47	0,37	0,53	0,48	0,39	0,38	0,45	0,36	0,44	0,4	0,44	0,39	
<i>Среднее по свите – 0,42</i>													
Y/Sm	2,15	1,99	2,29	2,05	2,2	1,9	2,02	1,8	2,33	1,86	2,33	2,02	
<i>Среднее по свите – 2,13</i>													
Ce/Ce*	1,05	1,22	1,0	1,03	1,01	1,0	1,02	1,02	1,21	1,04	1,09	1,01	
<i>Среднее по свите – 1,1</i>													
Eu/Eu*	0,67	0,78	0,88	0,66	0,64	0,69	0,65	0,7	0,82	0,64	0,8	0,7	0,69
<i>Среднее по свите – 0,72</i>													

смотря на удаленность от береговой линии, хорошо прогреваемом бассейне. Формационные особенности осадков четко выражены в их несомненной мелководности, многопорядковой ритмичности и слабо выраженной пестротности (желтые, зеленоватые и розоватые оттенки).

Сравнение поведения микроэлементов в материнских породах и глинах коры выветривания, развитых по ним (табл. 3), показывает, что повышенные концентрации Sc, As, Se, Ag, Sb, Te, Au, Bi в коре хорошо коррелируются с содержанием элементов в материнских породах. Графики распределения лантаноидов в глинах коры (рис.2) соответствуют распределению в коренных породах, что обусловлено незначительным развитием процессов выветривания и слабым характером изменения коренных пород. Значение $\Sigma(REE+Y)$ (табл.5) незначительно повышается в черной глине (среднее 237,55

г/т), а затем понижаются в глине зеленого цвета (среднее 218,15 г/т). Происходит уменьшение отношения $\Sigma Ce/\Sigma Y$ от 4,21 до 3,62, что обусловлено снижением подвижности тяжелых лантаноидов. Незначительное изменение других геохимических отношений обусловлено слабым химическим и минеральным преобразованием материнских пород на ранних стадиях развития коры выветривания. Такое поведение микроэлементов подтверждает образование глины *in situ* за счет слабого преобразования пород.

ВЫВОДЫ

1. На основании поведения микроэлементов можно сделать выводы, что образование первичных осадков нельгесинского времени происходило при стабильных высоких скоростях осадконакопления в

Таблица 5

Содержание REE (г/т) и геохимические коэффициенты в отложениях нельгесинской свиты верхнего триаса и коре выветривания по ним

	№ пробы											
	1	2	3	20	51-1	51-2	51-3	63	61	62	52	53
	Название породы											
	Аргиллиты и алевролиты				Черно-синяя глина				Зеленая глина			
La	38,0	46,0	19,40	39,0	25,04	42,0	47,0	42,0	33,0	27,0	41,0	44,0
Ce	81,0	97,0	49,17	115,6	64,17	90,0	101,0	92,0	72,0	64,0	8,5	92,0
Pr	9,8	12,0	5,19	9,09	7,0	11,0	13,0	12,0	8,8	7,9	10,0	11,0
Nd	41,0	48,0	21,11	30,0	29,80	46,0	53,0	46,0	36,0	34,0	43,0	48,0
Sm	9,2	9,3	3,79	9,3	6,49	9,7	11,0	11,0	8,3	8,7	9,3	9,6
Eu	2,1	2,1	1,0	1,67	1,45	2,6	3,0	1,9	1,7	2,0	2,1	2,4
Gd	9,5	9,2	5,18	5,6	6,99	11,0	12,0	9,8	9,2	10	9,6	9,9
Tb	1,0	1,1	0,61	0,7	0,90	1,2	1,5	1,0	0,86	1,3	1,0	1,3
Dy	5,4	5,5	3,13	3,7	4,89	6,3	7,0	5,8	5,3	5,7	5,6	5,8
Ho	1,1	1,2	0,60	0,6	0,88	1,3	1,4	1,2	0,78	1,1	1,2	1,0
Er	3,2	4,0	2,0	1,8	2,76	3,7	4,6	3,7	2,7	3,4	3,5	3,9
Tm	0,48	0,58	0,34	0,4	0,41	0,58	0,63	0,56	0,37	0,53	0,53	0,67
Yb	3,6	4,6	2,13	2,2	3,12	4,2	5,2	4,1	2,8	3,6	4,1	3,5
Lu	0,62	0,66	0,36	0,4	0,41	0,69	0,69	0,77	0,540	0,64	0,75	0,62
Y	18,0	17,0	10,47	24,0	14,76	19,0	22,0	17,0	19,0	16,0	18,0	18,0
Σ(REE+Y)	224,0	258,2	124,5	244,1	169,07	249,27	283,02	248,83	200,35	185,87	234,68	251,69
	Среднее- 212,7				Среднее- 237,6				Среднее- 218,15			
ΣCe/ΣY	4,21	4,89	4,02	5,2	3,81	4,19	4,15	4,68	3,87	3,43	2,57	4,6
	Среднее- 4,58				Среднее- 4,21				Среднее- 3,62			
La/Yb	10,56	10,0	9,11	17,7	8,03	10,0	9,04	10,24	11,79	7,5	10,0	12,57
	Среднее- 11,84				Среднее- 9,33				Среднее – 10,47			
La/Sm	4,1	4,95	5,12	4,19	3,86	4,33	4,27	3,82	3,98	3,10	4,41	4,58
	Среднее- 4,59				Среднее – 4,07				Среднее – 4,02			
Ce/Sm	8,8	10,4	12,97	12,4	9,89	9,28	9,18	8,36	8,67	7,36	9,14	9,58
	Среднее- 11,14				Среднее- 9,18				Среднее- 8,69			
Yb/Sm	0,39	0,49	0,56	0,24	0,48	0,43	0,47	0,37	0,34	0,41	0,44	0,36
	Среднее- 0,42				Среднее- 0,44				Среднее – 0,38			
Y/Sm	1,96	1,83	2,76	2,58	2,27	1,96	2,0	1,55	2,29	1,84	1,94	1,88
	Среднее- 2,28				Среднее- 1,95				Среднее – 1,99			
Ce/Ce*	1,04	1,05	1,06	1,73	1,19	1,04	1,07	1,07	1,06	0,93	1,03	1,02
	Среднее- 1,22				Среднее- 1,09				Среднее – 1,01			
Eu/Eu*	0,71	0,72	0,72	0,68	0,68	0,80	0,83	0,57	0,65	0,68	0,70	0,78
	Среднее- 0,71				Среднее- 0,72				Среднее – 0,70			

условиях гумидного климата в мелководных условиях внешнего шельфа, значительно удаленного от береговой линии, в пределах пассивной континентальной окраины. Область сноса была неизменна на время формирования свиты, что подчеркивается близким содержанием микроэлементов во всех литологических разностях пород.

2. Многочисленные разрывные нарушения, развитые в пределах района, имеют глубину заложения ниже-среднекоровую, не достигающую мантии. Кварцевые жилы и прожилки образованы за счет внедрения низкотемпературных гидротермальных растворов при общем растяжении коры.

3. Локальные коры выветривания, приуроченные к речным долинам водотоков высоких порядков, имеют литологический, геоморфологический и тектонический контроль. Процессы корообразования начаты в условиях относительной стабилизации тектонического режима в условиях более мягкого климата и продолжены в начале тектонической активизации, при перекрытии коры аллювиальным

материалом (подрусловое выветривание). Затухание процесса корообразования связано с похолоданием климата, увеличением мощности аллювия, подъемом вверх по разрезу «деятельного слоя», за счет чего развившиеся зоны коры и коренные породы оказались в пределах развития «вечной мерзлоты».

4. Кора выветривания маломощна (не более 1 метра); в ней выделяется две зоны: нижняя (зона I, схема зональности по В.И.Сиротину [21] и др.), представляющая собой черно-синюю глину, образованную за счет физического разрушения и слабого химического преобразования аргиллитов – зону дезинтеграции аргиллитов. Глина зеленого цвета может вполне рассматриваться как продукт ближнего переотложения гидрослюдистой зоны II, в которой отмечаются включения каолинита (зачатки зоны III), развитого в виде цемента, а также заполняющего межпоровое пространство, пустоты и трещины. Снизу вверх по разрезу количество каолинита незначительно возрастает. Необходимо отметить, что в перигляциальной обстановке коренные породы

подвергаются химической переработке, при которой преобладают гидратация минералов, менее характерны окислительные процессы и вынос катионов. В деятельном слое возможен переход силикатов в гидрослюды типа гидробиотита, а также мусковита в гидрослюды (в редких случаях в каолинит) [22]. Среда в коре выветривания, как правило, кислая, реже нейтральная. Таким образом, наблюдаемые процессы корообразования в эрозионном срезе нельгесинской свиты вполне соответствуют ранее изученным процессам выветривания в условиях перигляциального климата [22].

ЛИТЕРАТУРА

1. Схема тектонического районирования территории России. Масштаб 1:5 000 000. Объяснительная записка. -М., 2001. -99 с.
2. Петров В.Г. К теории образования плотиковых россыпей золота // Эволюция литогенеза в истории Земли. - Новосибирск, 1981. - С.140-145.
3. Юдович Я.Э. Региональная геохимия осадочных толщ. -Л., 181. -278 с.
4. Головенко В.К. Высокоглиноземные формации докембрия. -Л., 1977. -199 с.
5. Ронов А.Б., Хлебникова З.В. Химический состав важнейших генетических типов глин // Геохимия. -1967. - № 6. -С. 449-469.
6. Предовский А.А. Реконструкция условий седиментогенеза и вулканизма раннего докембрия. -Апатиты, 1970. -115 с
7. Виноградов А.П. Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных пород земной коры // Геохимия. -1962. -№ 7. -С. 555-571.
8. Мельцер М.Л., Семенов В.П., Кравцов Р.В. Литологическое преобразование рудного вещества при метаморфизме пород Нерской зоны (Верхне-Индибирский золотоносный район) // Проблемы литологии, геохимии и рудогенеза осадочного процесса: Матер. к I Всеросс. литологическому совещ. - М., 2000. - С. 6-10.
9. Перельман А.И. Геохимия. -М., 1989. -528 с.
10. Балашов Ю.А. Геохимия редкоземельных элементов. - М., 1976. -267 с.
11. Зеленская А.Н., Шатров В.А., Войцеховский Г.В. Редкоземельные и малые элементы как индикаторы обстановок осадконакопления (на примере Воронежской антеклизы) // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геологическая. - 1999. -№ 8. -С. 38-45.
12. Шатров В.А., Войцеховский Г.В., Зеленская А.Н. Новые данные по распределению редкоземельных и малых элементов в сеноманских фосфоритах Воронежской антеклизы // Вестн. Воронеж. ун - та. Сер. геологическая. -2000. -№ 3(9). -С. 95-101.
13. Холленд Х. Химическая эволюция океанов и атмосферы. -М., 1989. -552 с
14. Бутузова Г.Ю. Гидротермальное осадочное рудообразование в рифтовой зоне Красного моря. -М., 1998. -311 с.
15. Маслов А.В. Гареев Э.З. Использование петрохимических данных для реконструкции условий формирования осадочных образований (на примере стратотипического разреза рифея) // Генетический формационный анализ осадочных комплексов фанерозоя и докембрия: Матер. 3-го Всеросс. литологического совещ. - М., 2003. - С.228-231.
16. Лисицын А.Н. Современные гидротермальные системы Мирового океана // Смирновский сборник. -М., 2000. -С. 32-76.
17. Шатров В.А. Особенности поведения европия в экзогенных условиях (чехол Воронежской антеклизы) // Проблемы геодинамики и минерагении Восточно-Европейской платформы: Матер. Международ. Конфер. (В 2 т.). -Воронеж, 2002. -С. 324-327.
18. Щипакина И.Г. Распределение редкоземельных элементов в метатерригенных породах кейвской серии Кольского полуострова // Геохимия. -1994. -№ 1. -С. 149-155
19. Поспелов И.И., Еремеев Н.В. Эволюция палеогеографических условий формирования Верхоянского миогеосинклинального бассейна // Проблемы литологии, геохимии и рудогенеза осадочного процесса: Матер. к I Всеросс. литологическому совещ. - М., 2000. - С.142-145.
20. Трунилина В.А., Орлов Ю.С., Роев С.П. Специфика фанерозойских магматических образований Верхоянской континентальной окраины как показатель геодинамического режима ее развития // Новые идеи в науках о земле: Матер IV междунар. конфер. -М., 2003. - С.116.
21. Сиротин В.И. Закономерности визейского бокситообразования: Автореф. дисс. ... докт. геол.-минерал. наук. -Воронеж, 1988. -45 с.
22. Шило Н.А. Учение о россыпях. -М., 2000. - 622 с.