

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ОСАДОЧНЫХ ПОРОДАХ КУБОЙСКОЙ СВИТЫ ДЕВОНА КАК ИНДИКАТОРЫ СЕДИМЕНТАЦИИ В ОБСТАНОВКАХ ПАССИВНЫХ ОКРАИН КОНТИНЕНТОВ

В. А. Шатров, Г. В. Войцеховский

Воронежский государственный университет

Рассматривается возможность применения лантаноидов и ряда элементов для реконструкции условий осадконакопления в периконтинентальных морских бассейнах с высокими скоростями седиментации на примере кубойской свиты нижнего девона в пределах Уймено-Лебедского прогиба (Горный Алтай).

Ключевые слова: лантаноиды, корреляция, палеогеография, девонская система, фации.

Лантаноиды широко применяются для палеогеографических реконструкций, хорошо зарекомендовали себя при изучении условий осадкообразования в платформенных обстановках [1, 2]. Целью работы является оценка индикаторных возможностей редких земель и ряда элементов для реконструкций осадконакопления мощных толщ, образованных в периконтинентальных морских бассейнах с высокими скоростями седиментации, уточнение условий образования отдельных петрофациальных типов псаммитов. Распределение элементов в осадочных породах изучено для кубойской свиты (*D₁kb*) эмского яруса в пределах Уймено-Лебедского прогиба (Горный Алтай).

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ

Определение элементов проводилось методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS) в лаборатории ИГЕМ РАН (г. Москва) с использованием квадрупольного масс-спектрометра PLASMA QUAD PQ2+TURBO английской фирмы VG Instruments, используемая навеска — 50 мг. При оценке составов лантаноидов применены следующие критерии [1, 3]: спектры лантаноидов, нормированные к глинам платформ по Ю. А. Балашову [4]; $\sum(\text{REE}+\text{Y})$; коэффициенты, характеризующие фациальные обстановки седиментации — La/Yb , La/Sm , Ce/Sm , Yb/Sm , Y/Sm , климат — $\sum\text{Ce}/\sum\text{Y}$, обстановки осадкообразования — Ce/Ce^* , эндогенное воздействие на осадкообразование — Eu/Eu^* , Ce/La ; диаграмма LREE-MREE-(HREE $\times 10$), позволяющая выделять поля, отвечающие определенным обстановкам осадконакопления. Для уточнения условий седиментации применены диаграммы Th-Hf-Co и La-Th-Sc [5], характеризу-

ющие вещественные составы отложений; генетическая диаграмма Я. Э. Юдовича [6] в координатах Mn-Ba, предназначенная в большей мере для реконструкций образования карбонатных или парагенетически связанных с ними пород.

ОБЪЕКТ ИЗУЧЕНИЯ

Слабодислоцированные груботерригенные отложения кубойской свиты развиты в пределах Уймено-Лебедского прогиба, представляющего собой Каянчино-Каракокшинскую группу грабенов, заложенных на венд-раннепалеозойском основании в пределах пассивной субконтинентальной окраины, в дальнейшем развивающихся в условиях активной окраины континента (рис. 1) [7, 8, 9]. Образования свиты сохранились в виде мелких фрагментов в отдельных грабенах, со структурным несогласием залегают на средне- и верхнекембрийских породах, перекрываются с размывом отложениями вулканогенно-осадочной нырнинской свиты. Кубойская свита сложена пестроцветными песчаниками полевошпатово-кварцевого, аркозового, полимиктового, реже кварцевого состава; алевропесчаниками, алевролитами, гравелитами, конгломератами, для которых характерна линейная горизонтальная, линзовидно-горизонтальная, пологоволнистая, волнистая, обычно неравномерная, разномасштабная слоистость. Породы слабо дислоцированы, характерны пологие складки с углами падения крыльев 10–40°, вдоль зон разломов осложненные мелкой приразломной складчатостью. Мощность свиты изменяется от 400 до 1000 м.

Изученный разрез свиты (левые притоки р. Лебедь в ее среднем течении) сложен переслаивающимися алевролитами, песчаниками (в верхней части разреза известковистыми), прослоями мергелей и известняков. В основании свиты фрагментарно залегают средне-крупногалечные конгломе-

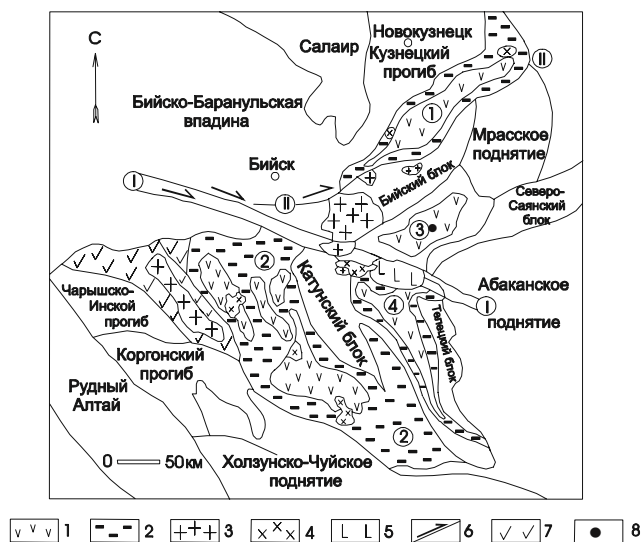


Рис. 1. Структурно-тектоническая схема западной части Алтае-Саянской складчатой области на этап O_1-P_1 [7]. Условные обозначения: 1 — вулканогенные образования нижнего-среднего девона (базальты, трахибазальты, андезиты, риолиты и их туфы); 2 — туфогенные образования ордовика-нижнего девона (конгломераты, песчаники, алевролиты, аргиллиты); 3 — граниты, умеренно-щелочные граниты, кварцевые сиениты среднего девона; 4 — габбро, диориты, тоналиты, граниты нижнего силура — нижнего девона; 5 — габбро, плагиограниты среднего кембрия; 6 — трансформный разлом; наименование прогибов: 1 — Тельбесский, 2 — Ануйско-Чуйский, 3 — Лебедский, 4 — Уйменский; названия трансформных разломов: I — Бийский, II — Тельбесский (ответвление Бийского); 7 — кремнисто-метабазальтовые океанические образования (E_3-O); 8 — изученный разрез кубойской свиты

раты, с маломощными (до 0,5 м) линзами и прослоями песчаников и алевролитов. Петрографический состав галек разнообразен: известняки, алевролиты, сланцы, кремнистые образования, кварциты, плагиограниты, диориты, андезиты, базальты. Заполнитель представлен глинисто-обломочным материалом, обломки преимущественно псаммитовой размерности, вещественный состав аналогичен составу галек, глинистое вещество содержит примесь карбонатного материала. Для разреза характерны красноцветность пород, преобладание псефито-псаммитового материала над глинистым. Песчаники коричневатого-красного цвета, разнослоистые (горизонтально-, линзовидно-горизонтально-, пологоволнисто-слоистые), микротекстура изменяется от беспорядочной (нижняя и верхняя части разреза) до ориентированной и сланцеватой (средняя часть). Вверх по разрезу происходит уменьшение размера зерен, улучшение их сорти-

ровки. Обломочный материал нижней части разреза характеризуется преобладанием псаммитовой размерности, зерна кварцевого состава преимущественно угловатой и угловато-окатанной формы, отмечается примесь (первые %) обломков основных эффузивов, гидрослюд, цемент глинисто-карбонатного и кремнистого состава. Для верхней части разреза увеличивается количество зерен алевролитовой размерности; возрастает содержание карбонатного вещества (до 70 %), представленного обломками хемогенно-биогенных карбонатов, органическим детритом, карбонатным цементом; количество кварца уменьшается до 30 %; в качестве примеси присутствуют биотит, гидрослюда, обломки основных эффузивов. Возрастает степень окатанности обломков, преобладают зерна угловато-окатанной и окатанной формы. Цемент базального типа карбонатного и глинисто-карбонатного состава. В разрезе выделяются прослои мономинерального кварцевого песчаника, средне- и крупнозернистого, плохо сортированного, на карбонатно-глинистом цементе.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ

Спектры лантаноидов в породах кубойской свиты однотипны (рис. 2): избыток средних земель при близких содержаниях легких и тяжелых. Вверх по разрезу возрастает содержание тяжелых земель по отношению к легким, особенно в псаммитах с высоким содержанием карбонатного материала за счет возрастания глинистой составляющей цемента, уменьшения содержания кварца. Хорошо выражен положительный европиевый максимум, особенно в породах нижней и средней частей разреза. Среднее для свиты $\Sigma(REE+Y)$ — 124,2 г/т (табл. 1), сумма возрастает вверх по разрезу: для нижней части — 59,7 г/т, для верхней — 171,9 г/т. Одновременно происходит уменьшение вверх по разрезу Eu/Eu^* , при в целом высоком содержании (среднее 0,82), превышающем среднее для осадочных пород фанерозоя (0,61–0,72) [10]. Среднее $Ce/La > 2$, в отдельных образцах $Ce/La < 2$. Вариации Ce/Ce^* — 0,9–1,28, среднее 1,05. Среднее $\Sigma Ce/\Sigma Y$ по 9 образцам — 2,74, для мономинеральных кварцевых псаммитов — 7,68. Фигуративные точки составов лантаноидов на диаграмме LREE-MREE-(HREE $\times 10$) (рис. 3) образуют плотный рой, за исключением мономинеральных кварцевых псаммитов, что обусловлено их образованием в более мелководных условиях по отношению к основной массе пород разреза. Данный вывод согласуется и с вариациями коэффициентов, харак-

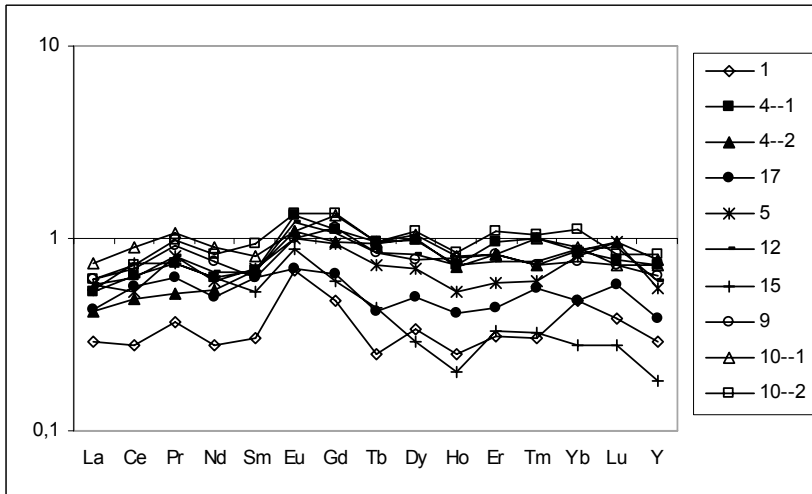


Рис. 2. Спектры лантаноидов в породах кубойской свиты

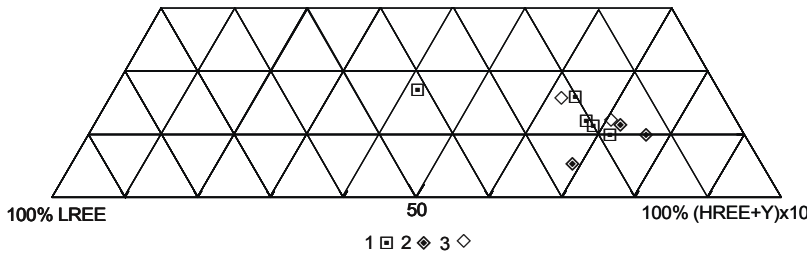


Рис. 3. Фигуративные точки пород кубойской свиты на диаграмме LREE-MREE-(HREE \times 10). Условные обозначения: 1 — песчаники; 2 — песчаный заполнитель конгломератов; 3 — песчаники с высоким содержанием карбонатного материала

теризующих фациальные условия седиментации (табл. 1). Содержания большинства элементов в породах близко к кларку, в 10 и более раз превышают кларк Se, Cd, Te, Bi, Ag (в нижней части разреза свиты), Au (табл.2). При общих низких содержаниях отмечается увеличение концентраций Sc, V, Cr, Ni, Cu, Sn, Sb, Ag, Ta, W в составе заполнителя конгломератов в нижней части свиты. На диаграмме Mn-Ba (рис. 4) большинство фигуративных точек попадают в поля 5 и 6, соответствующие шельфовым условиям седиментации; песчаники с высоким содержанием карбонатного материала располагаются в поле 8 с более глубоководными условиями седиментации. Диаграммы Th-Hf-Co и La-Th-Sc определяют близкий состав размываемых пород (рис. 5).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

На основании вещественного состава в пределах Уймено-Лебедского прогиба выделены четыре петрофациальных типа псаммитов девонского возраста: кварц-полевошпатовые аркозы, кварц-лититовые арениты, гибридные полевошпат-кварц-лититовые

арениты, кварцевые псаммиты (последний тип характеризуется гораздо меньшим распространением, чем первые) [7]. Треугольные диаграммы на основе минералого-петрографического состава [11, 12, 13] определяют пространственную приуроченность первичных осадков кубойской свиты к ряду структур: поднятия фундамента, внутренние кратоны, переходные дуги, рифтогенные континентальные окраины. В целом обстановка седиментации соответствует рециклированному орогену [7].

Реконструкции осадконакопления кубойского времени на основании распределения лантаноидов в породах свиты предполагают накопление большей части разреза, представленного кварц-лититовыми аренитами, в обстановке относительно мелководного периконтинентального морского бассейна, с увеличением мористости седиментации к концу времени. Значения $\Sigma(REE+Y)$ приближаются к значениям $\Sigma(REE+Y)$ пескам геосинклиналей (95 г/т) [4], подтверждают высокие скорости осадконакопления. Климат кубойского времени аридный, что согласуется

с проведенными палеогеографическими исследованиями [14]. Накопление нижней части разреза сопровождалось поставкой эндогенного вещества, возможно глубинными термальными водами, в зону седиментации, что привело к высоким значениям Eu/Eu^* , $Ce/La < 2$, повышению концентрации халькофилов.

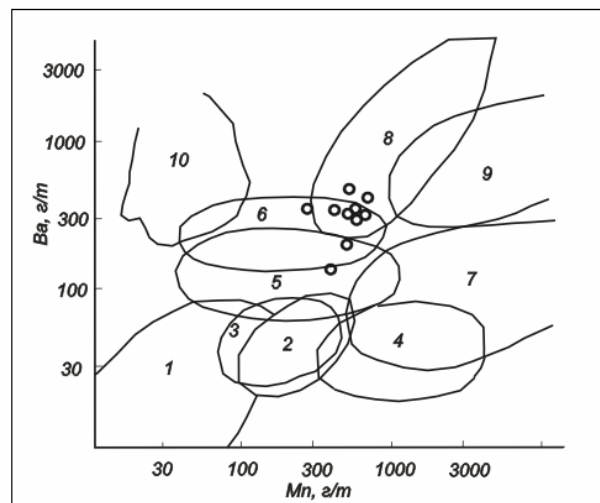


Рис. 4. Диаграмма Mn-Ba для пород кубойской свиты

Таблица 1

Содержание лантаноидов (г/т), коэффициенты в породах кубойской свиты

№ пробы	1	4-1	4-2	17	5	12	15	9	10-1	10-2
	песчаник	заполнитель конгломерата (песчаник)			песчаники				карбонатная порода	
La	10,31	18,75	14,76	15,54	20,45	20,66	19,27	21,83	26,11	21,54
Ce	18,46	43,12	32,38	37,45	35,63	42,42	49,61	46,16	60,45	49,18
Pr	2,56	5,17	3,61	4,45	5,64	5,67	5,22	6,34	7,49	6,77
Nd	9,39	20,9	17,76	16,49	19,75	21,94	20,51	24,78	29,39	27,08
Sm	2,02	4,5	4,6	4,16	4,69	4,5	3,5	4,19	5,45	6,26
Eu	0,85	1,62	1,36	0,87	1,24	1,5	1,1	1,25	1,35	1,66
Gd	2,82	6,69	5,79	3,88	5,66	6,37	3,58	6,77	7,98	8,01
Tb	0,25	0,95	0,94	0,42	0,72	0,85	0,44	0,84	0,95	0,96
Dy	1,77	5,04	5,25	2,57	3,6	4,24	1,52	4,01	5,41	5,69
Ho	0,31	0,91	0,88	0,51	0,66	0,9	0,25	0,99	1,02	1,06
Er	0,96	2,97	2,52	1,37	1,81	2,33	1,02	2,55	2,58	3,41
Tm	0,14	0,44	0,32	0,25	0,27	0,34	0,14	0,33	0,45	0,47
Yb	1,38	2,56	2,56	1,39	2,36	2,61	0,84	2,25	2,62	3,26
Lu	0,17	0,35	0,43	0,25	0,43	0,4	0,13	0,33	0,33	0,37
Y	8,25	19,99	21,63	10,64	15,44	16,68	5,0	17,98	20,3	23,3
$\Sigma(\text{REE}+\text{Y})$	59,7	134	114,8	100,2	118,4	131,4	112,1	140,6	171,9	159,0
Среднее $\Sigma(\text{REE}+\text{Y})$ — 124,2										
Ce/La	1,79	2,3	2,2	2,41	1,74	2,05	2,57	2,11	2,32	2,28
Среднее Ce/La — 2,18										
$\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$	2,71	2,36	1,85	3,71	2,82	2,78	7,68	2,9	3,13	2,42
Среднее $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$ — 3,24 (без обр, 15 по 9 обр — 2,74)										
Eu/Eu*	1,1	1,03	0,81	0,65	0,74	0,86	0,94	0,72	0,63	0,72
Среднее Eu/Eu* — 0,82										
Ce/Ce*	0,96	1,05	1,0	1,2	0,9	1	1,28	1	1,1	1
Среднее Ce/Ce* — 10,5										
La/Yb	7,47	7,32	5,77	11,2	8,67	7,92	22,9	9,7	9,97	6,61
Среднее La/Yb — 9,75										
La/Sm	5,1	4,17	3,21	5,78	4,36	4,59	5,51	5,21	4,8	3,44
Среднее La/Sm — 4,41										
Ce/Sm	9,14	9,59	7,04	9	7,6	9,43	14,17	11	11,1	7,86
Среднее Ce/Sm — 9,6										
Yb/Sm	0,68	0,57	0,56	0,33	0,5	0,58	0,24	0,54	0,48	0,52
Среднее Yb/Sm — 0,5										
Y/Sm	4,08	4,44	4,7	2,56	3,29	3,71	1,43	4,29	3,72	3,72
Среднее Y/Sm — 3,36										

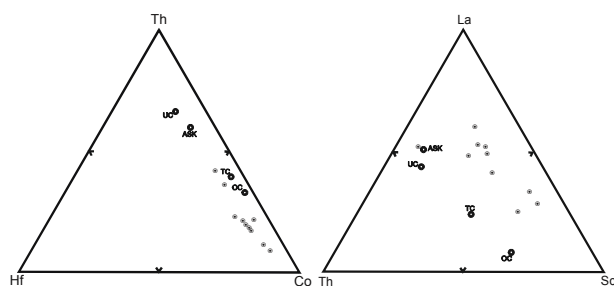


Рис. 5. Диаграммы Th-Hf-Co и La-Th-Sc для обломочных пород кубойской свиты. Показаны составы: UC — верхней континентальной коры, TC — континентальной коры в целом, OC — средней океанической коры, ASK — среднего глинистого сланца, по [5]

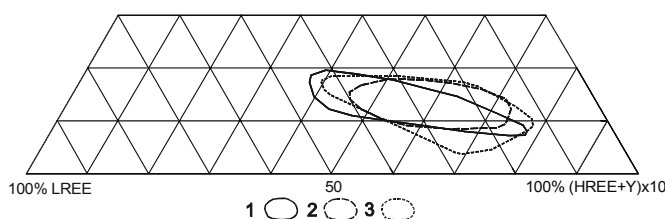


Рис. 6. Расположение на диаграмме LREE-MREE-(HREEx10) полей пород фанерозоя: 1 — девона чехла Воронежской антеклизы; 2 — юры и мела чехла Воронежской антеклизы; 3 — кубойской свиты

Содержание элементов (г/т) в породах кубойской свиты

№ пробы	1	4-1	4-2	17	5	12	15	9	10-1	10-2
	песчаник	заполнитель конгломерата (песчаник)			песчаники				карбонатная порода	
Li	9,6	97,6	111	25,9	28,1	56	39,7	51,6	91,1	109,9
Be	0,55	1	1,3	0,72	0,72	1,15	0,67	1,24	2,1	2,1
P	752,6	2760,3	2415,6	917,2	1835,1	1410,1	547,1	1375,8	1791,8	1547,8
Sc	2,46	35,4	34,1	10,9	10,5	16,3	7,71	13,5	17,3	22,6
Ti	2196,6	7073,1	9101,5	4921	3773,8	3230,3	3276,7	3457,7	4366,2	4987,6
V	38,1	201,8	179,2	153,5	54,3	66,5	49	74,1	79,9	103
Cr	15	130,8	161,7	88,1	40,3	44,6	41,3	27,7	62,0	85,6
Mn	470,8	Н.О.	Н.О.	246	679,3	Н.О.	339,1	Н.О.	Н.О.	Н.О.
Co	8,1	26,9	32,1	10,1	11,7	24,4	15,9	18,4	25,5	28,8
Ni	12,9	80,2	96,9	33,5	31,4	49,8	28,7	33,7	51,6	68,2
Cu	27,1	81,1	42,0	117,8	25,5	34	24,2	35,2	53,4	23,6
Zn	38,7	113,7	128,3	54,6	111,2	197,7	48,3	68,8	164	138,4
Ga	4,9	14,3	14,4	9,6	7,3	10,9	12,7	9,3	15,8	16,1
Ge	1	1,9	2	1,6	0,9	0,9	0,86	0,98	1,96	2,2
As	2,1	14,9	14,7	14,6	8,8	11,4	4,6	12,1	8,3	17,7
Se	0,0	26,2	12,2	0,0	2,7	4,9	0,0	14,2	5,95	0,0
Rb	7,4	16,9	13	26	12,1	28,1	19,6	12,7	52,7	57,7
Sr	108,5	152,8	155,2	44,1	151,7	194,8	23,3	292,2	330	230,4
Zr	38,5	61,2	62,9	54,6	42,1	68,5	36,5	64,0	78,3	91,6
Nb	3,7	7,95	12,37	9,16	5,54	4,4	10,1	5,67	6,68	7,2
Mo	0,63	0,87	0,52	1,34	0,72	0,5	0,77	0,72	0,63	0,66
Ag	0,0	0,35	0,22	0,75	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cd	0,29	0,0	0,32	0,24	0,56	0,42	0,33	0,5	1,07	0,33
Sn	0,15	1,57	1,79	6,73	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,41
Sb	0,0	1,13	1,08	0,78	0,06	0,48	0,36	0,09	0,27	0,07
Te	0,47	0,47	0,3	0,07	0,08	0,03	0,16	0,0	0,35	0,0
Cs	0,15	1,43	1,6	1,09	0,04	1,12	0,55	0,5	2,2	2,3
Ba	151,2	384,8	303,9	320	249,4	312,6	373	300,6	470,7	558,5
Hf	1,56	2,04	2,27	1,66	2,07	2,5	1,41	2,77	2,99	3,51
Ta	0,33	1,29	1,52	1,28	0,54	0,54	1,27	0,62	0,99	0,97
W	2,61	4,8	4,83	5,14	1,2	0,9	2,45	2,99	1,8	1,97
Au	0,13	0,18	0,19	0,18	0,01	0,14	0,35	0,29	0,41	0,08
Hg	0,0	0,18	0,1	0,0	0,17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tl	0,08	0,11	0,15	0,22	0,12	0,44	0,16	0,11	0,5	0,39
Pb	6	19,7	25,6	19,1	13,4	17,7	13	13	22,6	19,1
Bi	0,6	0,03	0,17	0,07	0,12	0,1	0,09	0,13	0,24	0,27
Th	7,2	3,44	3,36	6,64	4,07	5,72	4,48	5,58	6,75	7,79
U	1	1,94	1,67	2,84	1,69	2,14	2	2,11	2,76	2,42

Различный состав слагающих разрез пород (кварц-лититовые арениты, кварцевые псаммиты), резко различающихся положением фигуративных точек на диаграмме LREE-MREE-(HREE_{x10}), коэффициентами, характеризующими фациальные обстановки и климат, предполагают как минимум два различных источника сноса в бассейн седиментации. Кварцевые псаммиты на диаграмме Диккинса [12] попадают в поле внутреннего кратона с

гранитно-гнейсовым составом пород [7]. Диаграммы [11, 12, 13] характеризуют высокую зрелость размываемых отложений, что предполагает разрушение коры выветривания, сформированной на протяжении длительного времени. Такой вывод согласуется со значением $\sum Ce / \sum Y = 7,68$, характеризующим гумидный климат образования петрофациального типа. Сохранность первичного соотношения цериевых и иттриевых земель, значения

коэффициентов, характеризующих фациальные условия, определяют кварцевые псаммиты как образования ближнего сноса, отлагающиеся в прибрежных фациальных обстановках. Незначительные мощности петрофациального типа подтверждают эпизодическое поступление вещества за счет размыва кор выветривания.

Восстановленные условия осадкообразования согласуются с проведенными исследованиями, определяющими Лебедский бассейн как краевой бассейн рифтогенного растяжения, образованный при активизации крупных региональных тектонических зон. Накопление груботерригенных отложений свиты происходило в условиях прибрежной низменности на пассивной окраине континента (комплекс отложений мелководных морских бассейнов и лагун, относимых к терригенным турбидитам. Стадии накопления осадков чередовались со стадиями размыва в пределах обширного материково-шельфового плато, что подтверждается наличием в конгломератах свиты гальки фаунистически охарактеризованных ордовикских и силурийских известняков, наличием зрелых мономинеральных кварцевых псаммитов [7].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Осадконакопление кубойской свиты произошло в пределах мелководного шельфа. Хорошо проявлено совпадение полей фигуративных точек составов лантаноидов в осадочных породах (рис. 6), образованных в эпи- и периконтинентальных обстановках, но близких фациальных условиях: прибрежно- и мелководно-морских [3], что подтверждает влияние на распределение лантаноидов в первую очередь фациальной обстановки седиментации. При близких условиях осадконакопления фигуративные точки на диаграмме LREE-MREE-(HREE \times 10) образуют плотный рой, резкая смена фациальных обстановок приводит к их разбросу на диаграмме. Лантаноиды выступают индикаторами условий седиментации мощных обломочных толщ периконтинентальных морских бассейнов с высокой скоростью седиментации, вариации коэффициентов, положение фигуративных точек на диаграмме хорошо коррелируются с изменениями фациальных обстановок седиментации, типом литогенеза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шатров В. А. Реконструкция обстановок осадкообразования отложений девона геохимическими методами (на примере опорных разрезов Воронежской ан-

теклизы) / В. А. Шатров, В. И. Сиротин, Г. В. Войцеховский, А. Н. Зеленская // Геохимия. — 2005. — № 8. — С. 856–864.

2. Шатров В. А. Лантаноиды как индикаторы обстановок образования меловых фосфоритов (на примере Восточно-Европейской платформы) / В. А. Шатров // Доклады Академии Наук. — 2007. — Т. 414. — № 1. — С. 90–92.

3. Шатров В. А. Редкоземельные элементы как индикаторы условий образования осадочных пород палеозоя-мезозоя (на примере осадочного чехла Воронежской антеклизы) / В. А. Шатров // Осадочные процессы: седиментогенез, литогенез, рудогенез (эволюция, типизация, диагностика, моделирование) Материалы 4-го Всероссийского литологического совещания (Москва, 7–9 ноября 2006 г.). — Т. 1. — М.: ГЕОС, 2006. — С. 385–388.

4. Балашов Ю. А. Геохимия редкоземельных элементов / Ю. А. Балашов. — М.: Наука, 1976. — 268 с.

5. Тейлор С. Р. Континентальная кора: ее состав и эволюция / С. Р. Тейлор, С. М. Мак-Леннан. — М.: Мир, 1988. — 384 с.

6. Юдович Я. Э. Региональная геохимия осадочных толщ / Я. Э. Юдович. — Л.: Наука, 1981. — 278 с.

7. Гусев А. И. Металлогения золота Горного Алтая и южной части Горной Шории / А. И. Гусев. — Томск: СТГ, 2003. — 308 с.

8. Добрецов Н. Л. Процессы коллизии в палеозойских складчатых областях Азии и механизмы эксгумации / Н. Л. Добрецов // Петрология. — 2000. — Т. 8. — № 5. — С. 451–476.

9. Бабин Г. А. Геологическое строение, магматизм и метаморфизм Горной Шории как одного из типовых регионов Алтае-Саянской складчатой области / Г. А. Бабин, А. Г. Владимиров, С. Н. Руднев // Материалы научно-практической конференции «Актуальные вопросы геологии и минерагении Юга Сибири». — Новосибирск, 2001. — С. 18–30.

10. Балашов Ю. А. Изотопно-геохимическая эволюция мантии и коры Земли / Ю. А. Балашов. — М.: Наука, 1985. — 224 с.

11. Dickinson W. R. Plate tectonics and sandstone compositions / W. R. Dickinson, C. A. Suczek // Amer. Assoc. Petroleum Geol. Bull. — 1979. — V. 63. — P. 2164–2182.

12. Dickinson W. R. Interpreting provenance relations from detrital mode of sandstones / W. R. Dickinson // Prof. Arenites Proc. NATO Adv. Study Just. — 1985. — P. 333–361.

13. Ingersoll R. V. Petrology and provenance of Neogene sand from Nicobar and Bengal fans. DSDP sites 211 and 218 / R. V. Ingersoll, C. A. Suczek // J. Sed. Petrology. — 1979. — V. 27. — P. 1217–1228.

14. Сеницын В. М. Древние климаты Евразии / В. М. Сеницын. — Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1970. — Ч. 3. Вторая половина палеозоя (девон, карбон и пермь). — 134 с.