

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И СОСТАВ ПРОТОЛИТА
УГЛЕРОДИСТЫХ СЛАНЦЕВ РЫЛЬСКОЙ СТРУКТУРЫ
(ВОРОНЕЖСКИЙ КРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ МАССИВ)****В. В. Абрамов, В. С. Кузнецов***Воронежский государственный университет*

Поступила в редакцию 12 сентября 2014 г.

Аннотация: на основе анализа новых геохимических данных, полученных для углеродистых сланцев оскольской серии Рыльской структуры, проведена реконструкция состава исходных осадков. Установлено, что протолитом сланцев Рыльской структуры были преимущественно слабовыветрелые породы кислого состава богатые калиевым полевым шпатом.

Ключевые слова: углеродистые сланцы, геохимия, элементы-примеси, докембрий.

**CHEMICAL FEATURES AND COMPOSITION OF PROTOLITH CARBONACEOUS SHALES
FROM RYLSKAYA STRUCTURE (VORONEZH CRYSTALLINE MASSIF)**

Abstract: based on the analysis of new geochemical data obtained for carbonaceous shales of Oskolskaya series Rylskaya structure were reconstruction the nature of precursor sediment. Established that the protolith for carbonaceous shales of Rylskaya structure were predominantly rich potassium feldspar felsic rocks.

Key words: carbonaceous shales, geochemistry, trace elements, Precambrian.

Введение

В процессе изучения литогеохимических особенностей углеродистых сланцев Стрекаловского участка Рыльской структуры ВКМ были исследованы соотношения ряда немобильных элементов (PЗЭ, Y, Th, Sc, Hf, Co, Cr и др.). В настоящее время эти элементы широко используются для реконструкции состава пород, источников сноса и их изменений с течением времени, оценки степени зрелости размывавшейся коры. В данной статье предпринята попытка реконструировать условия осадконакопления и охарактеризовать состав протолита углеродистых сланцев оскольской серии Рыльской структуры. Подобные исследования для углеродистых сланцев Рыльской структуры выполнены впервые.

**Геологическое строение Рыльской структуры
и петрографические особенности
углеродистых сланцев**

Объектом изучения являлись углеродистые сланцы различного минерального состава, развитые в пределах Рыльской структуры в объеме оскольской серии. В геологическом строении структуры принимают участие породы архея и палеопротерозоя. Осадочно-метаморфический комплекс пород палеопротерозойской оскольской серии слагает круто падающую, узкую, осложненную мелкой складчатостью синклинальную складку, ядерная часть которой сложена довольно значительной по мощности (200 – 250 м) толщей углеродистых сланцев и карбонатно-терригенных образований (рис. 1).

Углеродистые сланцы представляет собой темно-

серые, почти черные породы, тонкозернистые, нечетко рассланцованные, а потому нередко выглядят массивными. Минеральный состав сланцев: кварц, слюды (серицит, флогопит), калиевый полевой шпат, доломит, кальцит, углеродистое вещество, сульфиды (пирит, пирротин). По минеральному составу среди сланцев выделяются: карбонатные, существенно кварцевые сланцы, флогопит-серицитовые [1]. Углеродистые сланцы характеризуются повышенными содержаниями сульфидных минералов: пирит, пирротин, сфалерит, арсенопирит, галенит, халькопирит (5 – 30 %).

Методы исследования и аналитические данные

Все изученные образцы представляли собой керн скважин №№ 2586, 3556, 3557, который был детально описан при проведении полевых работ. Из керна скважин были отобраны пробы для дальнейших исследований. Малые и редкие элементы определялись методом ICP-MS в Аналитическом сертификационном испытательном центре Института проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов. Пределы обнаружения для REE, Hf, Ta, Th, U составляли 0,02–0,03 ppm, для Nb, Be, Co – 0,03–0,05 ppm, для Li, Ni, Ga, Y – 0,1 ppm, для Rb, Sr, Ba – 0,3 ppm, для Cu, Zn, V, Cr – 1–2 ppm. Правильность анализа контролировалась путем измерения российских стандартных образцов метаморфического сланца ССЛ-1 (ГСО3191-85) и сланца черного СЧС-1 (ГСО 8549-2004). Относительное стандартное отклонение для всех элементов не превышало 0,3 при измерении содержания этих элементов до 5 × ПО и не превышало

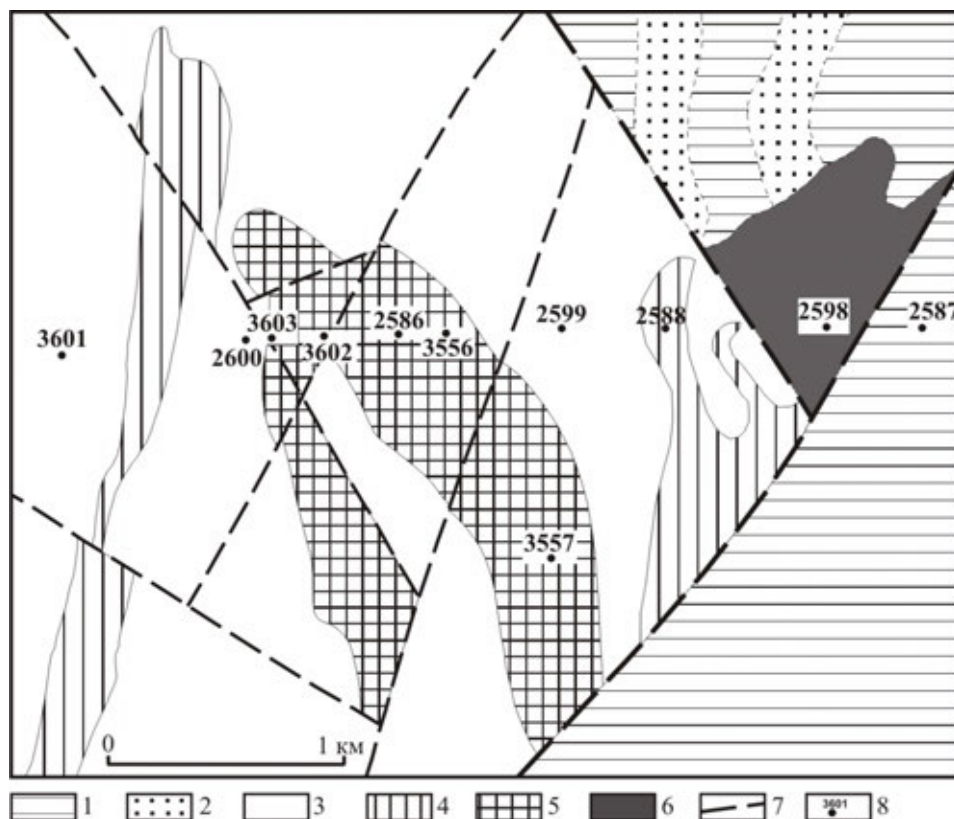


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Стрекаловского участка Рьльской структуры КМА [1]. Условные обозначения: 1-2 – Курская серия: 1 – Стойленская свита. Кварцитопесчаники, кварциты, 2 – Коробковская свита нерасчлененная; 3–5 Оскольская серия: 3 – Микросланцы филлитовидные, карбонатные породы; 4 – Сланцы анкерит-кварц-биотитовые; 5 – Микросланцы углеродисто-кварц-слюдистые карбонатные, доломитовые мраморы; 6 – Стойло-Николаевский комплекс; 7 – Тектонические нарушения; 8 – Скважины и их номера.

0,15 при измерении содержания $> 5 \times \text{ПО}$. Определения содержаний углерода общего выполнены в аттестованной лаборатории ФГУП ВСЕГЕИ методом инфракрасной спектроскопии, нижний предел обнаружения 0,03 %.

Литогеохимические особенности углеродистых сланцев

Геохимические особенности углеродистых сланцев Рьльской структуры рассмотрены на основе 8 химических анализов, приведенных в табл. 1, 2.

Таблица 1

Химический состав (масс. %) и основные петрохимические индексы углеродистых сланцев Рьльской структуры

Компоненты	2586/1	3556/1	3556/2	3557/1	3557/2	3557/3	3557/4	3557/5
Na ₂ O	0,71	1,13	0,28	0,13	0,11	0,13	0,13	0,95
MgO	2,57	4,39	3,18	3,88	5,20	4,02	4,41	3,80
Al ₂ O ₃	10,19	11,09	11,96	10,04	9,75	10,74	11,35	12,56
P ₂ O ₅	0,16	0,13	0,16	0,11	0,14	0,16	0,12	0,20
K ₂ O	5,26	3,01	3,50	2,69	2,73	2,88	2,86	3,36
CaO	3,42	5,64	3,50	4,40	6,49	3,97	4,54	3,44
TiO ₂	1,22	0,58	0,58	0,41	0,43	0,48	0,45	0,52
MnO	0,47	0,44	0,08	0,04	0,09	0,07	0,10	0,10
Fe ₂ O ₃	5,25	4,91	5,21	6,62	3,25	4,24	3,35	3,31
S _{общ}	2,73	1,70	1,12	3,61	1,38	2,30	1,49	1,47
C _{общ}	6,32	4,56	3,19	8,74	10,90	9,60	9,51	8,39
ClA	43,81	41,94	52,97	47,45	39,49	50,50	49,54	52,31
ClW	58,01	47,84	63,66	55,03	44,86	59,16	57,29	61,64
PlA	37,88	39,30	54,48	46,48	36,18	50,71	49,37	53,31
ICV	2,47	2,79	1,91	2,56	3,16	2,24	2,25	1,91
K ₂ O / Al ₂ O ₃	0,56	0,29	0,32	0,29	0,30	0,29	0,27	0,29

Таблица 2

Содержание малых, редких и редкоземельных элементов (в г/т)
в высокоуглеродистых сланцах Рыльской структуры

Компоненты	2586/1	3556/1	3556/2	3557/1	3557/2	3557/3	3557/4	3557/5
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Li	56,11	37,17	30,82	54,78	45,83	48,71	51,05	55,91
Be	2,59	1,58	1,93	1,47	1,38	1,43	1,64	1,73
Sc	15,47	12,62	10,20	10,17	10,01	10,10	10,99	10,46
V	422,74	145,48	79,51	401,63	414,69	330,62	324,61	315,54
Cr	132,41	114,94	113,84	171,10	173,11	164,93	122,05	82,67
Co	29,57	39,95	28,41	15,32	20,07	20,26	13,43	15,75
Ni	147,83	116,61	90,55	150,84	117,19	135,30	126,33	109,73
Cu	340,00	101,43	66,22	332,35	143,58	223,64	199,02	157,05
Zn	539,19	105,59	70,80	402,22	456,07	385,79	388,80	346,28
Ga	17,60	15,13	16,82	13,10	13,12	13,79	14,70	16,54
As	23,30	28,03	28,99	16,47	16,26	27,32	10,48	11,38
Se	11,54	3,09	2,11	11,47	6,37	7,88	6,55	6,17
Rb	129,39	118,01	135,13	105,29	109,29	113,56	115,20	121,01
Sr	67,01	142,34	82,65	110,91	162,12	140,94	155,13	174,00
Y	64,75	21,41	20,31	37,95	37,77	33,47	32,58	30,06
Zr	188,09	138,12	163,09	144,17	158,54	163,40	169,81	163,61
Nb	43,31	15,61	19,14	9,49	11,43	14,42	8,19	12,97
Mo	14,43	8,28	1,50	30,57	29,11	40,27	47,89	47,43
Ag	0,82	0,25	0,32	0,60	0,40	0,34	0,27	0,75
Cd	5,37	0,65	0,07	0,24	0,47	0,45	1,38	2,33
Sn	3,36	1,43	1,85	1,58	1,54	1,75	1,63	1,97
Sb	14,73	3,97	11,69	11,01	1,96	2,28	2,05	4,05
Te	1,06	0,15	0,22	0,18	0,19	0,22	0,18	0,29
Cs	3,83	5,55	6,88	3,70	3,78	4,64	4,49	4,33
Ba	4577,31	511,87	762,50	303,03	269,06	260,40	269,98	299,74
La	60,22	33,95	42,43	33,13	37,86	36,18	28,47	32,51
Ce	110,69	65,52	82,64	59,19	66,36	65,84	55,28	62,92
Pr	14,54	7,29	9,01	7,34	8,33	7,94	6,78	7,60
Nd	56,12	27,11	32,20	28,68	32,32	30,52	26,61	29,48
Sm	11,16	4,95	5,59	5,59	6,10	5,75	5,32	5,77
Eu	2,67	1,02	1,02	1,20	1,39	1,29	1,13	1,31
Gd	10,49	4,17	4,36	5,47	5,84	5,37	5,02	5,30
Tb	1,54	0,60	0,64	0,85	0,86	0,80	0,77	0,77
Dy	8,96	3,49	3,50	5,31	5,28	4,92	4,82	4,68
Ho	1,83	0,70	0,68	1,13	1,11	1,01	1,03	0,95
Er	5,44	2,00	1,89	3,39	3,37	3,05	3,14	2,80
Tm	0,76	0,28	0,26	0,47	0,46	0,42	0,44	0,39
Yb	5,22	1,86	1,68	3,25	3,16	2,88	3,05	2,81
Lu	0,82	0,29	0,24	0,51	0,50	0,44	0,48	0,44
Hf	4,59	3,52	4,23	3,85	4,02	4,13	4,36	4,32
Ta	2,40	1,04	1,33	0,77	0,87	0,98	0,66	0,81
W	61,95	64,75	64,23	59,08	44,26	25,78	18,13	25,95
Re	0,04	0,01	< ПО	0,07	0,07	0,05	0,05	0,04
Tl	3,40	1,43	1,29	2,88	1,39	1,52	1,50	1,72
Pb	36,98	12,49	10,55	8,72	6,73	9,02	8,37	12,43
Bi	0,26	0,39	0,45	0,40	0,53	0,62	0,47	0,49
Th	10,77	11,93	17,39	10,51	11,67	12,27	11,10	9,91

1	2	3	4	5	6	7	8	9
U	6,20	4,18	3,64	5,64	6,04	5,56	5,59	4,81
Σ REE	290,46	153,23	186,13	155,52	172,93	166,42	142,35	157,74
Eu/Eu*	0,75	0,68	0,63	0,66	0,71	0,71	0,67	0,72
Ce/Ce*	0,88	0,98	0,99	0,89	0,88	0,91	0,93	0,94
Th/Sc	0,70	0,95	1,70	1,03	1,17	1,21	1,01	0,95
Zr/Sc	12,16	10,94	15,99	14,17	15,83	16,18	15,45	15,65
Th/Co	0,36	0,30	0,61	0,69	0,58	0,61	0,83	0,63
La/Sc	3,89	2,69	4,16	3,26	3,78	3,58	2,59	3,11
La/Th	5,59	2,85	2,44	3,15	3,24	2,95	2,57	3,28
(La/Yb) _n	7,79	12,32	17,11	6,89	8,10	8,49	6,31	7,83
(Gd/Yb) _n	1,62	1,81	2,10	1,36	1,49	1,50	1,33	1,52
Σ LREE	185,45	106,76	134,08	99,66	112,55	109,97	90,52	103,04
Σ HREE	14,07	5,13	4,75	8,75	8,60	7,81	8,14	7,39
(LREE/HREE) _n	5,91	9,34	12,66	5,11	5,87	6,32	4,98	6,26

В целом химический состав изученных сланцев оскольской серии Рыльской структуры отличают повышенные содержания серы и органического углерода (S max – 3,6 %, Сорг. max – 8,14 %), низкое содержание глинозема и резкое преобладание K₂O над Na₂O. По классификации Юдовича [2] они соответствуют углеродистым сланцам (среднее содержание С орг. – 7,25 %, С общ. – 8,39 %, С карб. – 1,14 %). При сравнении особенностей состава углеродистых сланцев Рыльской структуры с PAAS (постархейский австралийский сланец [3]), морскими глинами [4] было установлено, что углеродистые сланцы несколько обогащены MnO, MgO, CaO, обеднены TiO₂, Al₂O₃, Na₂O (табл. 3).

Таблица 3

Средний химический состав (мас. %) углеродистых сланцев оскольской серии Рыльской структуры КМА

Компоненты	Углеродистые сланцы Рыльской структуры	Постархейский сланец PAAS [6]	Морские глины [4]
SiO ₂	56,57*	62,8	58,32
TiO ₂	0,55	1,0	0,9
Al ₂ O ₃	10,92	18,9	16,6
Fe ₂ O ₃	4,38	6,5	6,13
MnO	0,12	0,1	0,06
MgO	3,86	2,2	2,22
CaO	4,31	1,3	3,76
Na ₂ O	0,29	1,2	0,67
K ₂ O	3,21	3,7	3,07
P ₂ O ₅	0,15	0,2	-
ППП	7,13**	6	7,97

* - по Н.А. Созинову [5], ** - С_{общ.} среднее.

Для характеристики особенностей распределения элементов-примесей были рассчитаны кларки концентрации (табл. 4) редких и редких рассеянных элементов, а также произведено сравнение концен-

траций элементов-примесей в углеродистых сланцах рыльской структуры и в постархейских австралийских сланцах (PAAS).

Таблица 4

Кларки концентрации элементов-примесей углеродистых сланцев оскольской серии Рыльской структуры КМА

Кларк концентрации	Сланцы Рыльской структуры
100,0–250,0	Te–245,30; Se – 120,65
10,0–100,0	Bi–48,79; Re – 42,10; W–31,63; Mo – 16,94; As – 11,14
1,8–10,0	Sb–9,58; Ag–6,07; Lu – 5,46; Hf–4,12; Cu–3,66; Zn–3,38; V–2,99; Ni– 2,12; U–2,05
1,6–1,8	Tl–1,77
1,4–1,6	Tm–1,54; Li–1,46
1,2–1,4	Cr–1,58; La–1,28; Cs–1,23
1,0–1,2	Co–1,19; Y–1,13; Sc–1,11; Eu–1,01
0,8–1,0	Mn, Th, Ce, Pr, Nd, Dy, Er, Yb
0,6–0,8	Ti, Rb, Ba, Zr, Nb, Pb, Sm, Gd, Ga, Sn
0,4–0,6	Be, Ta, Ho
0,2–0,4	Sr, P
0,0–0,2	Tb, Cd

Относительно PAAS углеродистые сланцы Рыльской структуры обогащены транзитными элементами Cu (3,44*PAAS), Zn (3,30*PAAS), Ni (2,23*PAAS), V (1,79* PAAS), Cr (1,19*PAAS), литофильными W (15,23*PAAS), высокозарядными U (1,66* PAAS), Y (1,21*PAAS), сидерофильными Mo (18,64*PAAS), халькофильными Bi (1,76* PAAS).

Среди 14 редкоземельных элементов в сланцах Рыльской структуры содержания 11 элементов превышают PAAS (Nd–Lu). Суммарное среднее содержание редкоземельных элементов в углеродистых сланцах Рыльской структуры составляет 173,23 ppm, что несколько ниже аналогичного показателя в PAAS – 183,0 ppm. Легкие редкие земли преобладают над средними и тяжелыми (LREE ср. – 114,95, MREE ср. – 50,61, HREE ср. – 7,68, La/Yb ср. – 13,13).

**Интерпретация полученных результатов
(природа источников сноса и состав протолита)**

Для общей характеристики сланцев и уточнения генезиса пород был проведен анализ отношений некоторых главных петрогенных окислов. На диаграмме М. Хиррона (рис. 2) точки составов изучаемых пород Рыльской структуры располагаются достаточно компактно и попадают в поле вакк, что предполагает наличие в исходном осадке значительного количества обломочной компоненты. Для оценки исходного состава пород может служить соотношение K_2O/Al_2O_3 (калиевый модуль). По нему можно судить о соотношении калиевого полевого шпата и плагиоклаза, а также о том, какие глинистые минералы могли присутствовать в протолите [6]. Отношение K_2O/Al_2O_3 уменьшается в следующем порядке: калиевый полевой шпат ($\approx 0,4-1,0$), иллит ($\approx 0,3$), другие глинистые минералы (≈ 0). Глинистые сланцы с соотношением K_2O/Al_2O_3 выше, чем 0,5 предполагают значительное количество КППШ относительно других минералов в протолите (поступление из областей сноса петрогенного материала кислого состава). Отношение K_2O/Al_2O_3 в сланцах Рыльской структуры находится в интервале 0,27–0,56, среднее – 0,35, что превышает это отношение в РААС. Исходя из этого, можно полагать, что протолитом сланцев Рыльской структуры были преимущественно кислые породы гранитного состава.

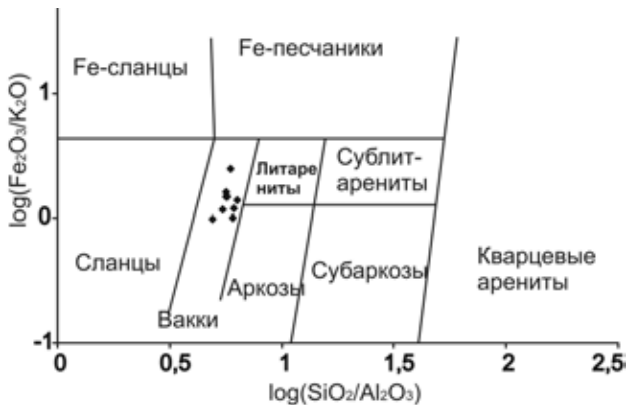


Рис. 2. Положение фигуративных точек углеродистых пород Рыльской структуры на диаграмме М. Хиррона [7].

По результатам исследования химического состава для углеродистых сланцев оскольской серии КМА рассчитан индекс химического выветривания (CIA) [8], который характеризует климатические условия в области размытия. В качестве критерия для разграничения отложений, формирующихся при сильном и слабом выветривании, принято значение $CIA = 70$. Значения CIA для углеродистых сланцев Рыльской структуры индекс CIA изменяется в более узком диапазоне 39,5 – 53 (среднее 47), что свидетельствует об участии в формировании протолита для углеродистых сланцев Рыльской структуры материала не подвергнувшегося серьезным изменениям.

Этот вывод подтверждается данными по индексу ICV (для изучаемых пород имеет значения в интервале 1,99 – 3,16) [8]. Незрелые исходные глинистые

осадки с высоким процентом неглинистых силикатных минералов характеризуются значениями ICV более 1,0. Такие отложения часто устанавливаются в тектонически активных обстановках [10], в то время как более зрелые глинистые породы, состоящие в основном из глинистых минералов, имеют значение ICV менее 1,0 [6].

Величина CIW [11] возрастает с ростом степени выветрелости материала палеоводосборов. Для слабоизмененных докембрийских базальтов и гранитов индекс CIW составляет 76 – 59, в корях выветривания по указанным породам он достигает 94 – 98. В углеродистых сланцах Рыльской структуры значения CIW находятся в пределах 44,7 – 63,6.

Степень химического выветривания также может быть оценена с использованием индекса изменения плагиоклаза [12]. Невыветрелые полевые шпаты характеризуются значениями PIA = 50, в то время как в РААС имеет значение PIA = 79. Для углеродистых сланцев значения PIA находятся в пределах 36,2 – 54,48, что указывает на низкую степень выветривания на размываемых площадях.

Низкие значения индексов CIA, CIW в интервалах 44,7 – 63,6, а также значения ICV более 1, свидетельствуют об образовании метатерригенных пород за счет слабыветрелых продуктов в тектонически активной обстановке.

Диаграмма F1 – F2 (рис. 3), используемая для определения состава пород в областях питания, показывает, что источником тонкой алюмосиликокластики для сланцев Рыльской структуры являлись богатые кварцем осадочные образования, что указывает на присутствие на размываемых площадях значительного количества переотложенных метаосадочных пород.

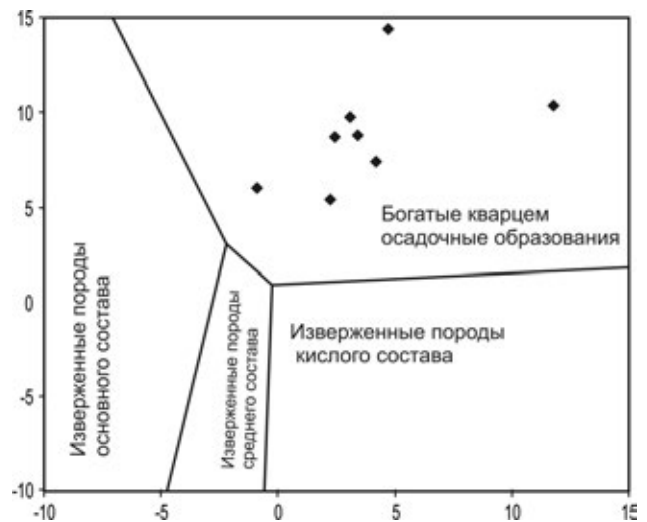


Рис. 3. Положение фигуративных точек составов углеродистых сланцев оскольской серии Рыльской структуры мегаблока КМА на диаграмме F1 – F2 [13].

Для реконструкции наиболее общих особенностей состава пород в областях размытия по данным о химическом составе алюмосиликатных образований кроме диаграммы F1–F2 были использованы отношения ряда индикаторных элементов (Zr, Sc, Th, Co, La, Hf) и

построены соответствующие графики. Полученные результаты дают информацию о составе источников сноса для углеродистых сланцев Рыльской структуры оскольской серии КМА, который соответствует магматическим породам кислого состава (диаграмма Th/Co – La/Sc (рис. 4), отношение Th/Co до 2,5 [3]).

Анализ систематики ряда элементов в углеродистых сланцах Рыльской структуры, выполненный с использованием диаграмм La/Th – Hf и Th/Sc, Zr/Sc указывает на разрыв кислой континентальной коры (рис. 5, рис. 6).

Содержания редкоземельных элементов в углеродистых сланцах Рыльской структуры сопоставимы с их содержанием в ПААС (рис 7).

Суммарное содержание REE изменяется от 142 до 290 г/т, наибольшие колебания содержания характерны для LREE. Спектры распределения REE, нормализованные к составу хондрита, отличаются отрицательной европиевой аномалией ($Eu/Eu^* = 0,63 - 0,75$) и значительным отрицательным наклоном, о чем свидетельствуют величины отношений $(La/Yb)_n = 6,9 - 17,1$, $(Gd/Yb)_n = 1,3 - 2,1$ (рис. 9, табл. 2). Отношения Ce/Ce^* в сланцах Рыльской структуры изменяется незначительно в пределах 0,88 – 1,02, что указывает

на накопление исходных осадков в окраинно-континентальных условиях [17, 18]. Высокая величина отношения легких редкоземельных элементов к тяжелым ($LREE/HREE > 4$) объясняется высоким содержанием в протолите полевых шпатов.

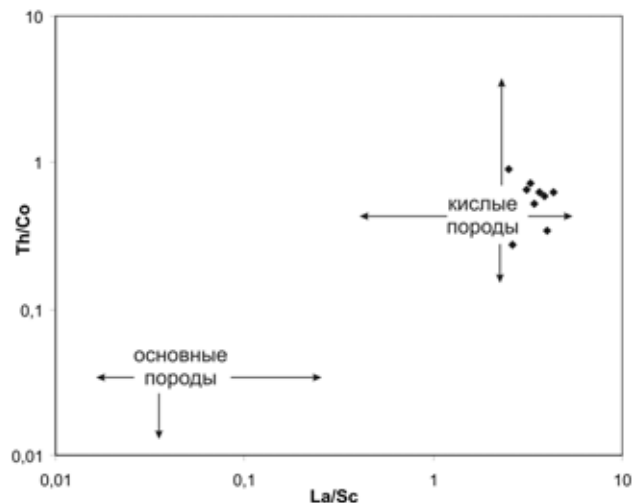


Рис. 4. Положение фигуративных точек составов углеродистых сланцев оскольской серии мегаблока КМА на диаграмме Th/Co – La/Sc. Поля составов различных источников указаны по [14].

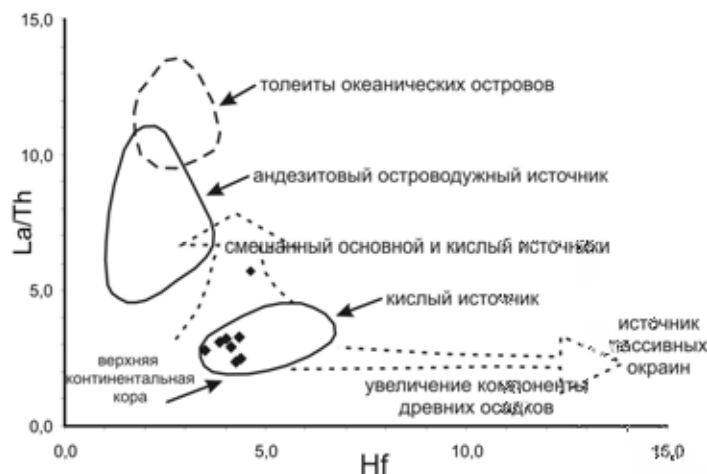


Рис. 5. Положение фигуративных точек составов углеродистых сланцев оскольской серии мегаблока КМА на диаграмме La/Th – Hf [15].

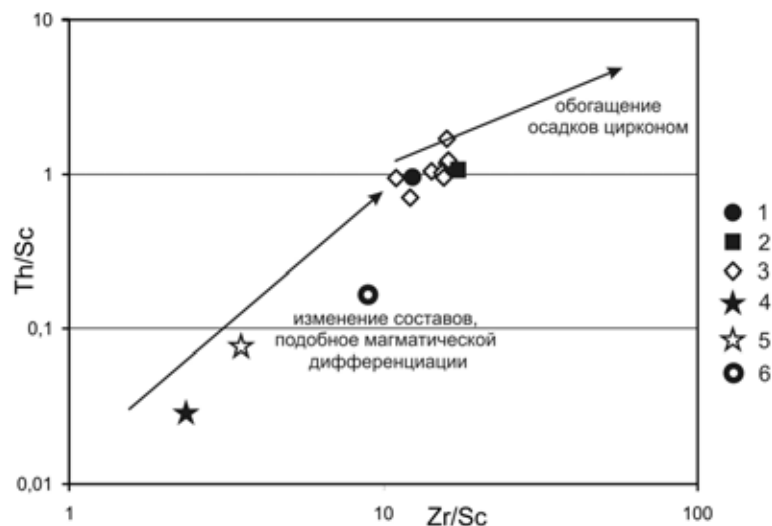


Рис. 6. Положение фигуративных точек составов углеродистых сланцев оскольской серии мегаблока КМА на диаграмме Th/Sc – Zr/Sc. Условные обозначения: 1 – ПААС, 2 – UCC [3]; 3 – сланцы Рыльской структуры, 4 – базальты, 5 – андезиты, 6 – дациты [16].

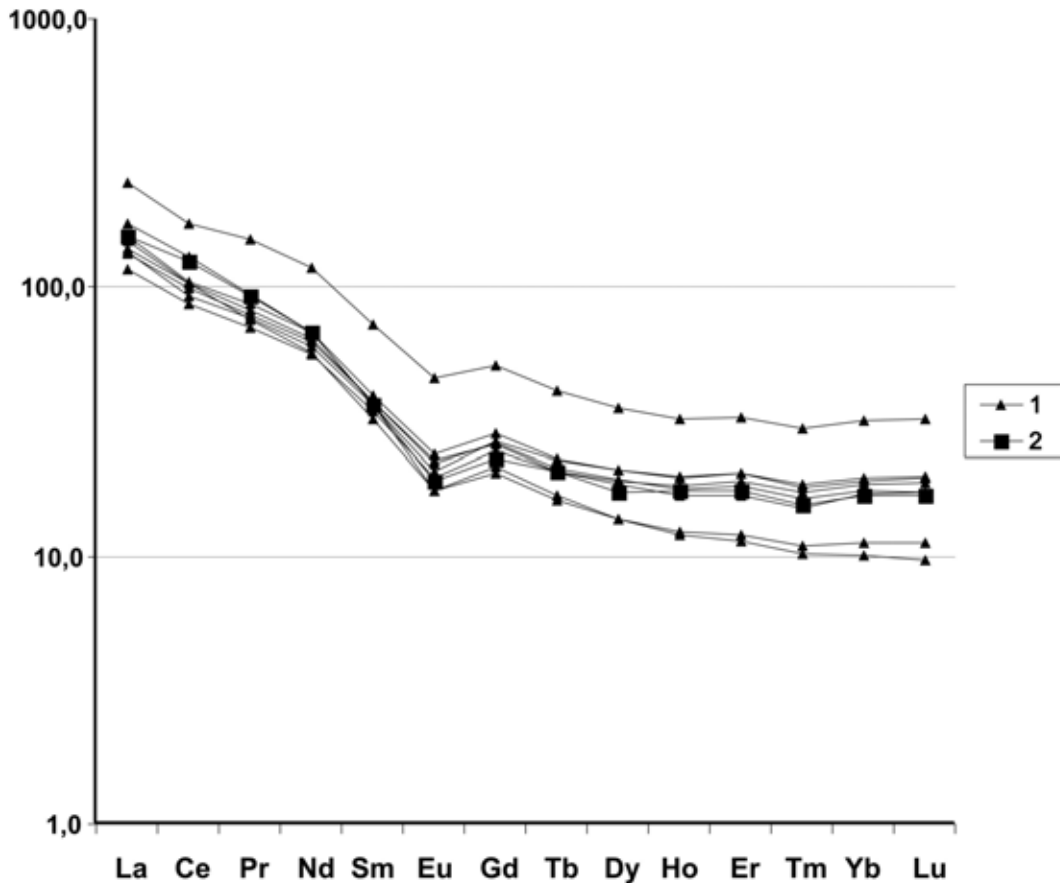


Рис. 7. Кривые распределения редкоземельных элементов, нормированные к хондриту C1: 1 – углеродистые сланцы Рьльской структуры, 2 – ПААС.

Отношение La/Th достаточно высокое – 2,4 – 5,6. Указанные особенности (высокое отношение $(La/Yb)_n$, отчетливая отрицательная европиевая аномалия, высокое отношение La/Th) обусловлены присутствием в детритовом материале продуктов эрозии пород кислого состава [3]. На диаграмме Th/Sc –

Eu/Eu^* [19] (рис. 8) точки составов сланцев Рьльской структуры также попадают в область кислого источника протолита. Таким образом, выявленные закономерности указывают на влияние рециклирования осадков и преобладание продуктов разрушения гранитоидов в областях эрозии.

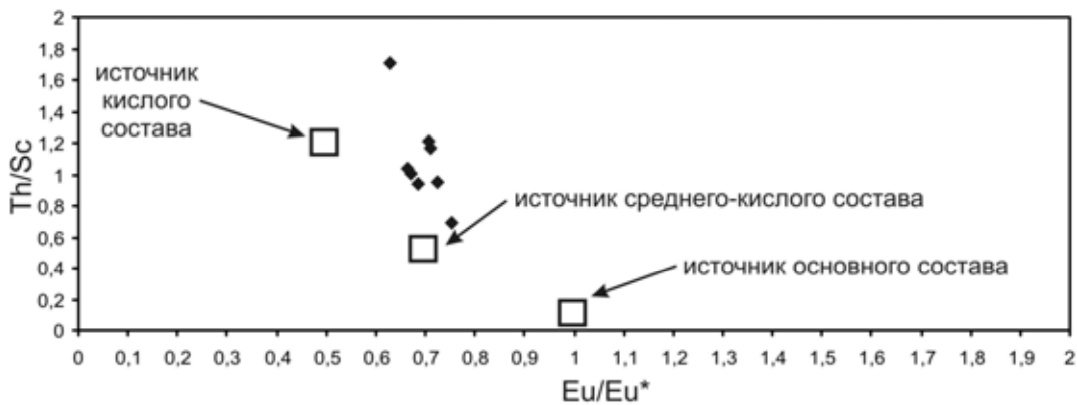


Рис. 8. Диаграмма Th/Sc – Eu – Eu^* для образцов углеродистых сланцев Рьльской структуры [19].

Выводы

Результаты исследования литогеохимических особенностей углеродистых сланцев Рьльской структуры показали, что в представленной выборке образцов присутствовали исходно глинисто–алевритовые породы, содержащие значительное количество обло-

мочных полевых шпатов. Сланцы отличаются довольно высокими содержаниями транзитных элементов Cu (3,44*ПААС), Zn (3,30*ПААС), Ni (2,23*ПААС), V (1,79*ПААС), Cr (1,19*ПААС), а также литофильного W (15,23*ПААС), сидерофильного Mo (18,64*ПААС), высокочargedных U (1,66* ПААС) и

У (1,21*РААС).

На основе анализа систематики петрогенных, а также малых, редких и редкоземельных элементов в углеродистых сланцах Рыльской структуры с использованием ряда дискриминационных диаграмм проведена реконструкция состава и природы исходных осадков. Установлено, что протолитом сланцев Рыльской структуры были преимущественно кислые породы гранитного состава, вместе с тем не исключается присутствие на размываемых площадях значительного количества переотложенных метаосадочных пород, близких по химическому составу к кислым магматическим породам, а также влияние рециклирования осадков. Результаты исследований указывают на низкую степень выветривания на размываемых площадях, и участие в формировании протолита для сланцев Рыльской структуры материала, не подвергнувшегося серьезным изменениям, в состав которого входило значительное количество калиевого полевого шпата и гидрослюд, в условиях достаточно активной тектонической обстановки.

Работы выполнены при финансовой поддержке РФФИ грант № 12-05-31194-мол_а; «Программы стратегического развития ВГУ», РФФИ грант № 11-05-12050-офи-м-2011; ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России", ГК № 16.740.11.0623.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов, В.В. Новые данные по геохимии золота в углеродистых сланцах оскольской серии Рыльской структуры Курской магнитной аномалии / В.В. Абрамов, В.С. Кузнецов, Н.А. Скулков // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2014. – № 2. – С. 49–55.
2. Юдович, Я. Э. Геохимия черных сланцев / Я.Э. Юдович, М.П. Кетрис. – Л.: Наука, 1988. – 272 с.
3. Тейлор, С.Р. Континентальная кора: ее состав и эволюция / С.Р. Тейлор., С.М. Мак-Леннон. – М.: Мир, 1988. – 384 с.
4. Ронов, А.Б. Химический состав важнейших генетических типов глин / А.Б. Ронов, З.В. Хлебникова // Геохимия. – 1957. – № 6. – С. 449–469.
5. Созинов, Н.А. Металлоносные черные сланцы Курской магнитной аномалии / Н.А. Созинов, Н.Н. Чистякова, В.А. Казанцев. – М.: Наука, 1988. – 149 с.

6. Cox, R. Controls on sediment composition on a regional scale: a conceptual review / R. Cox, D.R. Lowe // J. Sediment. Res. – 1995. – V. 65. – P. 1–12.

7. Herron, M. M. Geochemical Classification of Terrigenous Sands and Shales from Core or Log Data / M.M. Herron // J. Sed. Petrol. – 1988. – V. 58. – P. 820–829.

8. Nesbitt, H. W. Early Proterozoic climates and plate motion inferred from major element chemistry of lutites / H.W. Nesbitt, G.M. Young // Nature. – 1982. – V. 229. – P. 715–717.

9. Cox, R. The influence of sediment recycling and basement composition of evolution of mudrock chemistry in the southwestern United States / R. Cox, D.R. Lowe, R.L. Cullers // Geochim. Cosmochim. Acta. – 1995. – V. 59. – P. 2919–2940.

10. Taylor, S.R. The Chemical Evolution of the Continental Crust / S.R. Taylor, S.M. McLennan // Reviews Geophys. – 1995. – V. 33. – P. 241–265.

11. Harnois, L. The CIW index: A new chemical index of weathering / L. Harnois // Sedimentary Geology. – 1988. – V. 55. – P. 319–322.

12. Fedo, C.M. Unraveling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rocks and paleosols, with implications for paleoweathering conditions and provenance / C.M. Fedo, H.W. Nesbitt, G.M. Young // Geology. – 1995. – V. 23. – P. 921–924.

13. Roser, B.D. Provenance signatures of sandstone–mudstone suites determined using discriminant function analysis of major–element data / B.D. Roser, R.J. Korsch // Chem. Geol. – 1988. – V. 67. – P. 119–139.

14. Cullers, R.L. The geochemistry of shales, siltstones and sandstones of Pennsylvanian–Permian age, Colorado, U.S.A.: implications for provenance and metamorphic studies / R.L. Cullers // Lithos. – 2000. – V. 51. – P. 181–203.

15. Floyd, P. A. Tectonic environment of the Devonian mode and geochemical evidence from turbiditic sandstones / P.A. Floyd, B.E. Leveridge // J. Geol. Soc. London. – 1987. – V. 144. – P. 531–542.

16. McLennan, S.M. Geochemical approaches to sedimentation, provenance, and tectonics. Processes Controlling the Composition of Clastic Sediments (Johnsson, M.J., Basu, A., eds.) / S.M. McLennan // Geology Society of America Special Paper. – 1993. – V. 284. – P. 21–40.

17. Балашов, Ю.А. Геохимия редкоземельных элементов / Ю.А. Балашов. – М.: Наука, 1976. – 286 с.

18. Murray, R.W. Rare earths elements as indicators of different marine depositional environments in chert and shale / R.W. Murray // Geology. – 1990. – V. 18. – P. 286–271.

19. Cullers, R.L. The source and origin of terrigenous sedimentary rocks in the Mesoproterozoic U1 group, southeastern Russia / R.L. Cullers, V.N. Podkovyrov // Precambrian Res. – 2002. – V. 117. – P. 157–184.

Воронежский государственный университет

Абрамов В. В., кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры минералогии, петрографии и геохимии
E-mail: avova82@inbox.ru
Тел.: 8-473-220-79-66

Кузнецов В. С., кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры минералогии, петрографии и геохимии
E-mail: voronezhpodkl@inbox.ru
Тел.: 8-473-220-79-66

Voronezh State University

Abramov V. V., Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor of the Mineralogy, Petrography and Geochemistry Department
E-mail: avova82@inbox.ru Tel.: 8-473-220-79-66

Kuznetsov V. S., Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor of the Mineralogy, Petrography and Geochemistry Department
E-mail: voronezhpodkl@inbox.ru Tel.: 8-473-220-79-66