

**НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ГЕОХИМИИ ЗОЛОТА В УГЛЕРОДИСТЫХ  
СЛАНЦАХ ОСКОЛЬСКОЙ СЕРИИ РЫЛЬСКОЙ СТРУКТУРЫ  
КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ \***

**В. В. Абрамов, В. С. Кузнецов**

*Воронежский государственный университет*

**Н. А. Скулков**

*ОАО «Югозапгеология», г. Курск*

Поступила в редакцию 28 января 2013 г.

**Аннотация:** на основе анализа новых данных по геохимии углеродистых сланцев Рыльской структуры КМА установлены наиболее общие особенности химического состава сланцев с повышенными содержаниями золота. Выявлены значимые корреляционные связи золота с редкоземельными, халькофильными элементами и серой, а также некоторыми транзитными, высокозарядными и литофильными элементами. Установлены повышенные концентрации золота в сульфидных минералах.  
**Ключевые слова:** углеродистые сланцы, геохимия, золото, элементы-примеси, докембрий.

**Abstract:** the most general features of chemical composition of KMA Rylskaya structure carbonaceous shales with increased gold concentrations were obtained on the basis of analysis of new geochemical data. The significant correlations of gold with rare, chalcophile elements and sulfur, as well as some transit, highly charged and lithophile elements are identified. The increased concentrations of gold in sulphide minerals are established.

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

#### **Введение**

Изучение геохимических особенностей углеродистых стратифицированных толщ в настоящее время представляет большой интерес в связи с тем, что они характеризуются повышенными концентрациями многих химических элементов. В мегаблоке Курской магнитной аномалии (КМА) Воронежского кристаллического массива (ВКМ) благороднометалльное оруденение выявлено в породах оскольской серии Тим-Ястребовской синклинойной структуры [1–5]. В то же время углеродистые сланцы Рыльской структуры с точки зрения их потенциальной золото-платиноносности являются менее изученными. В процессе изучения геохимии углеродистых сланцев оскольской серии Стрекаловского участка Рыльской структуры авторами данной статьи были получены новые данные о химическом составе пород с повышенными содержаниями золота и определены его содержания в некоторых сульфидных минералах.

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

Объектом изучения является золото в углеродистых сланцах различного минерального состава, широко распространенных на территории Рыльской структуры в объеме оскольской серии. Рыльская структура протяженностью около 50 км при ширине 30 км является крупной палеопротерозойской синформой, расположенной в западной части Курского блока ВКМ. К характерным особенностям следует отнести слабое развитие в ее пределах магматической деятельности. Стратифицированные докембрийские образования Рыльской структуры смяты в узкие изоклинальные складки, подчиненные общему северо-восточному направлению всей структуры.

Углеродистые сульфидизированные сланцы были вскрыты на Стрекаловском участке в конце 1970-х гг. в ходе поисковых работ на бокситы в установленной гравимагнитной съемкой зоне пониженного электрического сопротивления. Осадочно-метаморфический комплекс пород оскольской серии слагает круто падающую, узкую, осложненную мелкой складчатостью синклиналию складку, ядерная часть которой сложена довольно значительной по мощности (200–250 м)

---

\* 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

© Абрамов В. В., Кузнецов В. С., Скулков Н. А., 2014

толщей углеродистых сланцев и карбонатно-терригенных образований оскольской серии (рис. 1).

Горизонт углеродистых карбонатно-терригенных образований литологически неоднородный, неустойчивый – сложен ритмически чередующимися пластами трех основных типов пород: а) вулканогенно-терригенных углеродистых сланцев; б) хемогенных карбонатных пород типа мраморизованных доломитов; в) терригенных малоуглеродистых биотитовых сланцев.

Углеродистые сланцы представляют собой темно-серые, почти черные породы, тонкозернистые, нечетко рассланцованные, а потому нередко выглядят массивными. Минеральный состав сланцев: кварц, слюды (серицит, флогопит), доломит, кальцит, углеродистое вещество, сульфиды (пирит, пирротин). По минеральному составу среди сланцев выделяются карбонатные и бескарбонатные, существенно кварцевые (кремнистые) сланцы и малокварцевые

разности, а по соотношению серицита и флогопита – разности серицитовые, существенно флогопитовые и смешанные – флогопит-серицитовые. Из числа названных групп в разрезе углеродистой пачки преобладают существенно кварцевые (кремнистые) сланцы, а также бескарбонатные типы, а по соотношению слюдистого вещества – серицитовые и смешанные флогопит-серицитовые. Углеродистое вещество (в среднем 5,47 % органического углерода) присутствует в пылевидном состоянии. Распределение углерода по разрезу неравномерное. Углеродистые сланцы характеризуются повышенными содержаниями сульфидных минералов: пирит, пирротин, сфалерит, арсенопирит, галенит, халькопирит. Суммарное количество сульфидов колеблется от 5 до 30 %.

#### Методы исследования и аналитические данные

Все изученные образцы представляли собой керн скважин № 2586, 3602, 3556, 3557, который был де-

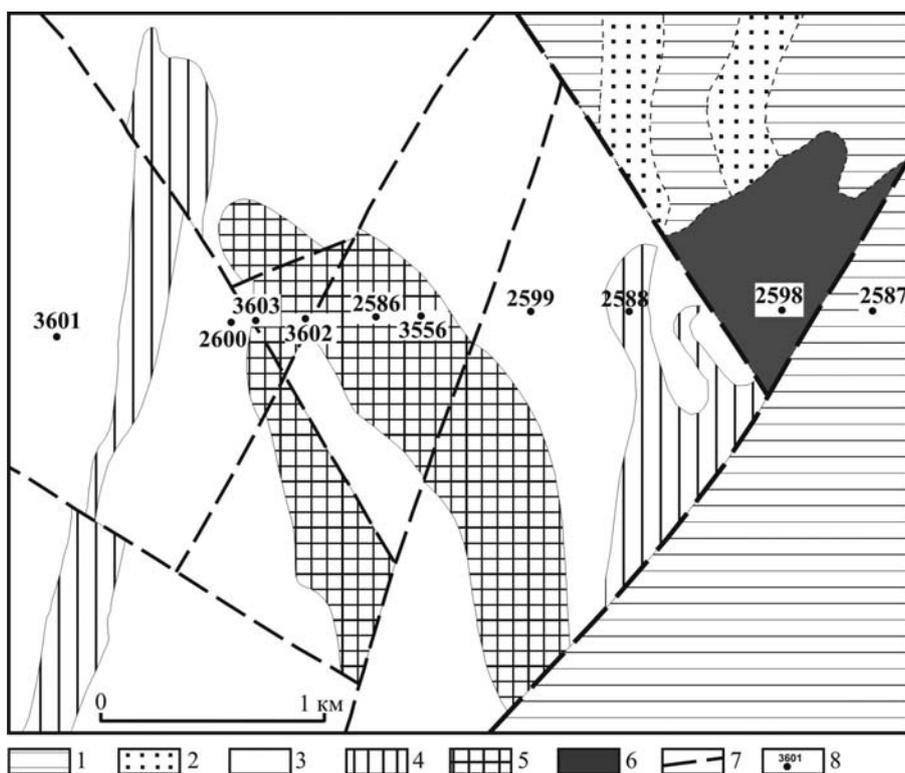


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Стрекаловского участка Рьльской структуры КМА [6, с изменениями]. Условные обозначения: 1–2 – урская серия: 1 – Стойленская свита. Кварцитопесчаники, кварциты безрудные, прослои кварц-доломитовых сланцев; 2 – Коробковская свита, нерасчлененная, с распространением преимущественно малорудных разностей кварцитов, магнетитсодержащих сланцев; 3–5 – оскольская серия: 3 – микросланцы филлитовидные кварц-анкерит-двусланцевые, кварц-плагиоклаз-биотитовые актинолитизированные с гранитом, карбонатные породы; 4 – сланцы анкерит-кварц-биотитовые с серицитом, плагиоклазом, обогащенные магнетитом; 5 – микросланцы углеродисто-кварц-слюдистые карбонатные, малоуглеродистые кварц-биотитовые; доломитовые мраморы; 6 – стойло-николаевский комплекс: габбро-диабазы плагиоклаз-роговообманковые; 7 – тектонические нарушения; 8 – скважины и их номера

тально описан при проведении полевых работ. Из керн на скважин были получены пробы и препараты для дальнейших исследований. Малые и редкие элементы определялись методом ICP-MS в Аналитическом сертификационном испытательном центре ИПТМ (г. Черноголовка). Разложение образцов сланцев осуществляли путем кислотного вскрытия в закрытой системе. 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 российского стандартного образца сланца черного СЧС-1 (ГСО 8549-2004). Относительное стандартное отклонение для всех элементов не превышало 0,3 при измерении содержания этих элементов до  $5 \times \text{ПО}$  и 0,15 при измерении содержания  $> 5 \times \text{ПО}$ .

Определения содержаний элементов-примесей в сульфидах благородных металлов, общего и карбонатного углерода выполнены в аттестованной лаборатории ФГУП ВСЕГЕИ. Состав сульфидов анализировался методом LA-ISP-MS (масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой и лазерной абляцией). Анализ выполнен с использованием масс-спектрометра с ICP "ELAN-6100 DRC" фирмы Perkin-Elmer, США, с лазерным пробоотборником "LSX-200" фирмы Cetac Technology, США. Нижний предел определения элементов составил 0,01 ppm. Относительная погрешность измерения – 15 отн. %. Калибровка измерительных каналов осуществлялась по синтетическим стандартам NIST 612, NIST 613).

Определения концентраций благородных металлов выполнены методом атомно-абсорбционной спектроскопии на оборудовании Perkin Elmer Analyst-800. Нижние пределы обнаружения составили: Au – 0,002 ppm, Pt – 0,04 ppm, Pd – 0,03 ppm.

Определения содержаний углерода общего выполнены методом инфракрасной спектроскопии, нижний предел обнаружения 0,03 %; содержания углерода карбонатного определены кулонометрическим методом на анализаторе АН-7529, нижний предел обнаружения 0,03 %.

### Геохимия золота в углеродистых сланцах Рьльской структуры

Проведенные ранее исследования [6] углеродистых сланцев Рьльской структуры спектроскопическим и пробирным методами позволили установить в сланцах с сингенетичной пиритизацией высокие содержания золота (более 0,5 г/т) в 15 пробах. Максимальное значение – 2,8 г/т. В большинстве проб концентрации золота изменялись в пределах 0,05–0,20 г/т.

Геохимические особенности золота в углеродистых сланцах оскольской серии Стрекаловского участка были рассмотрены на основе 17 химических

анализов породообразующих окислов, редких и рассеянных элементов, углерода и серы.

Среднее содержание золота (атомно-абсорбционный метод) в изученных сланцах составляет 0,0093 г/т. Максимальные содержания золота достигают 0,0250 г/т. Определения методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой показывают более высокие значения – до 0,0350 г/т. Закон распределения золота, определенный методом оценки асимметрии и эксцесса, соответствует нормальному (параметры  $t_1$  и  $t_2$  меньше 3) [7]. В трех пробах содержания золота превышают сумму среднего арифметического и стандартного отклонения (0,0170 г/т). Содержание золота в этих пробах рассматривается как повышенное, а сланцы условно названы «рудноносными».

Для выявления различий в химическом составе углеродистых сланцев с повышенными содержаниями золота и средним составом сланцев для каждого компонента анализировались кларки концентрации [8], отношение среднего содержания в «рудноносных» сланцах к среднему и был проведен корреляционный анализ.

Среди транзитных элементов значимые положительные корреляционные зависимости с золотом установлены для Mn, Fe, Co, Cu, Zn. Как видно из табл. 1, средние содержания этих элементов в углеродистых сланцах Рьльской структуры с содержаниями золота  $> 0,0170$  г/т также повышены (максимальные превышения средних значений характерны для марганца и железа – в 5,89 и 2,07 раз соответственно). Клари концентрации всех транзитных элементов в углеродистых сланцах Рьльской структуры с повышенными содержаниями золота больше 1. Максимальные клари концентрации характерны для Mn – 11,11, Zn – 5,25, Cu – 5,21, V – 2,75, Ni – 2,46, Co – 2,4.

Установлены значимые положительные коэффициенты корреляции золота с тремя литофильными элементами – Pb, W, P (табл. 2). Содержание свинца в сланцах Рьльской структуры с повышенными содержаниями золота относительно среднего превышено более чем в 2 раза, а клари концентрации трех литофильных элементов больше 1: W – 73,13, Pb – 4,57, Li – 1,14.

Среди высокозарядных элементов с золотом коррелирует только иттрий, по своим свойствам очень близкий к редкоземельным элементам, которые также характеризуются положительными корреляциями с золотом (табл. 3). Концентрация иттрия в углеродистых сланцах с повышенными содержаниями золота относительно среднего возрастает незначительно – всего в 1,34 раза, при кларке концентрации – 2,14 (также повышены клари концентрации у Hf – 6,37 и Nb – 4,86).

Таблица 1

Статистические характеристики транзитных элементов и их коэффициенты корреляции с золотом в углеродистых сланцах Рыльской структуры

Элемент	Коеф. коррел.	Среднее, г/т	Среднее в рудных, г/т	Минимум, г/т	Максимум, г/т	Стандартное отклонение, г/т	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>
Au	<b>1,00</b>	0,0093	0,0223	0,0010	0,0250	0,0077	1,37	-0,48
Ti	0,42	5628,84	6518,83	1929,40	11 603,36	2841,32	0,63	-0,85
Mn	<b>0,83</b>	1885,09*	11112,34	313,47	17 545,92	4535,11	4,07	4,68
Fe	<b>0,81</b>	30723,65	63719,24	9793,20	74 949,94	19 268,79	1,59	-0,10
V	0,07	295,05	247,94	79,51	457,02	99,04	-0,69	-0,03
Cr	-0,36	135,49	104,27	82,67	174,67	28,68	-0,27	-1,10
Co	<b>0,51</b>	34,00	44,30	13,03	72,74	16,45	1,08	0,06
Ni	0,41	130,37	142,87	85,03	196,54	28,25	1,24	0,53
Cu	<b>0,48</b>	209,92	245,07	9,87	340,00	90,10	-1,23	-0,03
Zn	<b>0,47</b>	360,62*	435,93	70,80	1236,86	274,52	3,00	3,49

Примечание: \* – среднее геометрическое, соответствующее логнормальному закону распределения; t<sub>1</sub> и t<sub>2</sub> – параметры для оценки законов распределения; жирным шрифтом выделены значимые коэффициенты корреляции (> 0,46) [7].

Таблица 2

Статистические характеристики литофильных элементов и их коэффициенты корреляции с золотом в углеродистых сланцах Рыльской структуры

Элемент	Коеф. коррел.	Среднее, г/т	Среднее в рудных, г/т	Минимум, г/т	Максимум, г/т	Стандартное отклонение, г/т	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>
Au	1,00	0,0093	0,0223	0,0010	0,0250	0,0077	1,37	-0,48
Rb	-0,18	117,36	104,72	87,11	143,74	16,40	-0,01	-0,67
Sr	-0,33	125,71	129,59	47,02	229,54	46,29	0,49	0,09
Cs	-0,45	4,40*	3,50	2,82	11,21	1,87	5,38	9,24
Ba	0,21	492,62*	542,11	208,32	4577,31	991,30	7,30	15,39
Pb	<b>0,80</b>	36,45	73,13	6,66	79,49	26,69	0,26	-1,64
Li	0,02	45,13	36,47	28,59	66,06	10,25	0,12	-0,52
Be	0,16	2,37*	3,06	1,07	7,76	1,56	3,96	5,85
P	<b>0,48</b>	489,45*	855,13	236,94	1606,45	344,54	3,31	3,72
W	<b>0,63</b>	66,39	95,07	18,13	127,92	32,16	0,32	-0,78

Примечание: см. табл. 1.

Таблица 3

Статистические характеристики высокозарядных элементов и их коэффициенты корреляции с золотом в углеродистых сланцах Рыльской структуры

Элемент	Коеф. коррел.	Среднее, г/т	Среднее в рудных, г/т	Минимум, г/т	Максимум, г/т	Стандартное отклонение, г/т	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>
Au	1,00	0,0093	0,0223	0,0010	0,0250	0,0077	1,37	-0,48
Sc	0,26	12,45	12,18	7,88	17,70	2,68	0,99	-0,23
Y	<b>0,73</b>	46,37	62,14	20,31	74,17	16,96	0,11	-1,28
Zr	0,26	221,57*	322,20	112,02	627,04	133,32	3,14	2,84
Nb	0,44	57,31	97,18	6,30	178,40	51,50	1,70	0,11
Hf	0,17	5,06*	6,37	2,80	12,69	2,35	3,82	4,71
Ta	0,35	3,14	3,91	0,51	10,06	2,76	2,42	1,24
Th	-0,02	12,92	13,36	7,95	22,01	3,54	2,42	1,58
U	-0,01	5,02	4,57	3,64	6,61	0,85	0,19	-0,76

Примечание: см. табл. 1.

Большинство халькофильных элементов характеризуются положительными корреляционными связями с золотом, кроме мышьяка, для которого отмечена значимая отрицательная корреляция (табл. 4). Углеродистые сланцы с повышенными содержаниями золота относительно среднего максимально обогащены кадмием и теллуром, в 2,18 и 2,13 раз соответственно. Кларки концентрации халькофильных элементов по сравнению с другими химическими элементами в золотоносных сланцах Стрекаловского участка максимальны: Те – 1769,58, Се – 194,76, Ви – 80,87, Sb – 32,71, Ag – 15,00. Не-

смотря на высокие содержания сидерофильных Re и Mo (кларки концентрации 28,57 и 12,86 соответственно), их значимых корреляций с золотом не установлено. Особого внимания заслуживает высокий положительный коэффициент корреляции золота с серой и почти двукратное обогащение ей сланцев, содержащих повышенные концентрации золота.

Отрицательными коэффициентами корреляции с золотом отличаются MgO и углерод карбонатный. Их содержания в золотоносных сланцах относительно среднего понижены (табл. 5).

Таблица 4

Статистические характеристики халькофильных элементов и их коэффициенты корреляции с золотом в углеродистых сланцах Рыльской структуры

Элемент	Коэф. коррел.	Среднее, г/т	Среднее в рудных, г/т	Минимум, г/т	Максимум, г/т	Стандартное отклонение, г/т	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>
Re	-0,33	0,03	0,02	0,00	0,07	0,02	1,12	-0,71
Mo	-0,25	22,26	14,14	1,50	47,89	15,00	1,04	-0,81
Ga	-0,02	15,18	14,54	9,81	21,71	2,58	0,91	1,65
As	<b>-0,55</b>	13,88*	5,33	2,66	77,36	18,48	3,43	4,26
Se	<b>0,60</b>	7,82	9,74	0,30	12,40	3,61	-1,17	-0,52
Ag	<b>0,91</b>	0,64	1,05	0,11	1,13	0,32	-0,08	-1,29
Cd	<b>0,65</b>	1,34*	2,92	0,07	11,35	2,96	3,17	3,11
Sn	<b>0,56</b>	2,52	2,72	1,18	4,37	0,94	0,56	-0,97
Sb	<b>0,79</b>	8,70	16,35	1,00	18,03	5,74	0,14	-1,30
Te	<b>0,95</b>	0,83	1,77	0,10	1,85	0,70	0,53	-1,74
Tl	0,42	1,93*	2,01	0,65	9,66	1,97	6,24	12,18
Bi	<b>0,58</b>	0,45	0,73	0,09	0,83	0,17	0,68	0,94
S	<b>0,83</b>	3,19	6,33	0,06	8,03	2,13	1,12	-0,13

Примечание: см. табл. 1.

Таблица 5

Статистические характеристики некоторых породообразующих окислов углерода и их коэффициенты корреляции с золотом в углеродистых сланцах Рыльской структуры

Элемент	Коэф. коррел.	Среднее, г/т	Среднее в рудных, г/т	Минимум, г/т	Максимум, г/т	Стандартное отклонение, г/т	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>
Na <sub>2</sub> O	0,06	0,61	0,66	0,09	2,04	0,51	2,57	2,62
MgO	<b>-0,53</b>	3,74*	3,03	2,40	7,24	1,21	2,82	3,16
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0,01	11,26	10,76	7,53	14,07	1,56	-0,67	0,83
K <sub>2</sub> O	0,39	3,73	3,78	2,22	5,61	1,08	0,97	-1,11
CaO	-0,36	4,15*	3,35	1,02	12,12	2,49	3,79	5,99
C общ. %	-0,29	6,65	4,93	2,92	11,80	2,79	0,67	-0,99
C карб. %	<b>-0,50</b>	0,66	0,48	0,02	4,34	1,07	3,03	3,55
C орг. %	-0,12	5,47	4,45	1,91	8,52	2,23	-0,29	-1,35

Примечание: см. табл. 1.

Для всех без исключения редкоземельных элементов характерны нормальный закон распределения и значимые положительные коэффициенты корреляции с золотом (табл. 6). Максимальные кларки кон-

центрации отмечены у Lu – 6,57, La – 2,37, Tm – 2,02, Eu – 1,96, Ce – 1,88. Относительно PAAS золотоносные сланцы более всего обогащены европием и гадолинием (в 2,31 и 1,93 раза) соответственно.

Статистические характеристики редкоземельных элементов и их коэффициенты корреляции с золотом в углеродистых сланцах Рыльской структуры

Элемент	Коэф. коррел.	Среднее, г/т	Среднее в рудных, г/т	Минимум, г/т	Максимум, г/т	Стандартное отклонение, г/т	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>
La	<b>0,51</b>	68,78	98,06	24,50	141,13	37,92	1,06	-0,82
Ce	<b>0,50</b>	131,93	194,61	41,76	277,19	76,47	1,18	-0,72
Pr	<b>0,50</b>	15,86	22,88	5,33	33,26	9,08	1,16	-0,68
Nd	<b>0,51</b>	58,05	81,95	20,92	119,41	31,61	1,06	-0,78
Sm	<b>0,54</b>	10,37	14,38	4,19	20,59	5,21	0,93	-0,91
Eu	<b>0,60</b>	2,55	3,69	1,02	5,12	1,38	0,60	-1,32
Gd	<b>0,63</b>	9,06	12,72	4,17	17,17	4,20	0,63	-1,21
Tb	<b>0,62</b>	1,29	1,77	0,60	2,38	0,57	0,60	-1,21
Dy	<b>0,65</b>	7,27	9,79	3,49	12,67	2,88	0,48	-1,23
Ho	<b>0,67</b>	1,42	1,85	0,68	2,35	0,51	0,34	-1,16
Er	<b>0,68</b>	4,05	5,19	1,89	6,32	1,36	0,14	-1,08
Tm	<b>0,69</b>	0,54	0,68	0,26	0,84	0,17	0,07	-0,92
Yb	<b>0,64</b>	3,55	4,18	1,68	5,54	1,04	0,25	-0,16
Lu	<b>0,58</b>	0,53	0,59	0,24	0,82	0,15	0,61	0,85

Примечание: см. табл. 1.

Кроме того, установлены определенные закономерности в поведении некоторых отношений:  $La_n / Yb_n$ ,  $Eu / Eu^*$ ,  $Ce / Ce^*$ ,  $\sum REE$ ,  $Ce / La$ ,  $La / Sm$ ,  $Ce / Sm$ ,  $Yb / Sm$ . По величине  $La_n / Yb_n$  сланцы Рыльской структуры можно разделить на два типа. Сланцы первого типа характеризуются высокими значениями  $La_n / Yb_n$  ( $La_n / Yb_n$  ср. = 17,23), второго типа – низкими ( $La_n / Yb_n$  ср. = 7,81). Рудоносные сланцы Рыльской структуры по соотношению редкоземельных элементов относятся к первому типу ( $La_n / Yb_n$  ср. = 16,81) (рис. 2) и характеризуются: а) максимальными средними значениями  $Eu / Eu^* - 0,82$ ,  $\sum REE - 452$ ,  $Ce / La - 1,98$ ;  $Ce / Sm - 13,53$ ;  $Ce / Ce^* - 0,96$ ; б) высоким  $La / Sm - 6,82$  и наименьшим значением  $Yb / Sm - 0,29$ .

На графике распределения редкоземельных элементов, нормированных относительно хондрита, точки составов углеродистых сланцев Рыльской структуры с повышенными содержаниями золота очень четко обособлены от составов сланцев второго типа и PAAS (рис. 2).

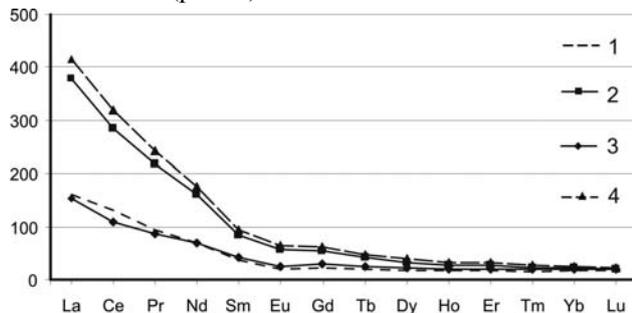


Рис. 2. Кривые распределения редкоземельных элементов, нормированные к хондриту C1: 1 – PAAS; 2–4 – углеродистые сланцы Рыльской структуры: 2 – первого типа; 3 – второго типа; 4 – с повышенными содержаниями золота

Установленные значимые положительные корреляции золота с серой и халькофильными элементами определили необходимость более детального изучения особенностей распределения золота в сульфидах (как в отдельных минеральных зернах, так и в продуктах гравитационного обогащения, состоящих преимущественно из сульфидов). В пробе (весом 8 кг) сульфидизированных углеродистых сланцев Рыльской структуры установлено обогащение золотом гравитационных концентратов до 0,0610 г/т. Это более чем в 2 раза выше, чем в исходных пробах – 0,0290 г/т и хвостах обогащения – 0,023 г/т. В результате проведенного изучения особенностей распределения элементов-примесей в различных сульфидных минералах углеродистых сланцев Стрекаловского участка Рыльской структуры получены новые данные о концентрациях золота и платиновых металлов в пирите, пирротине и сфалерите. Средние содержания Au максимальны для пирротина – 0,329 г/т, в сфалерите – 0,213 г/т, в пирите – 0,063 г/т. Максимальные концентрации благородных металлов (ЭПГ + Au) характерны также для пирротина – до 13,43 г/т. В целом в сульфидах золота на порядок больше, чем в сланцах, их содержащих.

### Выводы

На основании анализа новых аналитических данных получены новые геохимические особенности золота в углеродистых сланцах Стрекаловского участка Рыльской структуры КМА. Установлены значимые положительные корреляции золота с некоторыми транзитными (Mn, Fe, Co, Cu, Zn), литофильными (Pb, P, W), высокозарядными (Y), халькофильными (Se, Ag, Cd, Sn, Sb, Te, Bi, S) элементами, а также от-

рицательные корреляции Au с As, MgO, углеродом карбонатным.

Элементы, имеющие положительную корреляцию с золотом, зачастую характеризуются повышенными кларками в золотоносных пробах и в подавляющем большинстве являются типогенными для магматических горных пород кислого и среднего состава и сульфидных месторождений.

Результаты проведенных исследований в целом согласуются с предшествующими. Промышленных содержаний золота в углеродистых сланцах Стрекаловского участка на данном этапе исследований не установлено. Не содержат ураганных концентраций золота сульфиды и гравитационные концентраты, выделенные из сульфидизированных разновидностей сланцев. Вероятными причинами могут являться как сравнительно небольшой объем выборки, так и трудности в определении благородных металлов в углеродистых породах.

В то же время полученные новые данные о геохимии золота позволяют прогнозировать повышенные содержания золота в гранатсодержащих сланцах, обогащенных марганцем. Представляется целесообразным определение концентраций благородных металлов в магнитной фракции. Положительные корреляции золота с S, Fe, Cu, Pb, Zn дают основание для дальнейшего изучения особенностей распределения золота в сульфидизированных сланцах и сульфидных минералах различных генераций и морфологических типов.

Положительные значимые корреляционные связи золота с халькофильными элементами S, Se, Te, Sb, Ag, Sn позволяют прогнозировать находки эпи- и мезотермальных минералов благородных металлов гидротермального и метаморфогенно-гидротермального происхождения, установленных в настоящее время в углеродистых сланцах тимской свиты в Тим-Ястребовской структуре.

*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*

*ОАО «Югозапгеология», г. Курск*

*Скулков Н. А., ведущий геолог*

*Тел.: 8-961-194-07-12*

Таким образом, установленные геохимические особенности углеродистых сланцев позволяют конкретизировать дальнейшие исследования и установить природу образования повышенных концентраций благородных металлов в черносланцевых толщах Рыльской структуры КМА.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мяснянкин В. И. Новый тип золотого оруденения в протерозойских толщах Тим-Ястребовской структуры / В. И. Мяснянкин, Н. М. Чернышов // *Отечеств. геология.* – 1992. – № 12. – С. 150–154.

2. Созинов Н. А. Металлоносные черные сланцы Курской магнитной аномалии / Н. А. Созинов, Н. Н. Чистякова, В. А. Казанцев. – М.: Наука, 1988. – 149 с.

3. Чернышов Н. М. Платиноносные формации Курско-Воронежского региона (Центральная Россия) / Н. М. Чернышов. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2004. – 448 с.

4. Чернышов Н. М. Новые минералы платиноидов в черносланцевых комплексах тимского типа (КМА) / Н. М. Чернышов, В. Г. Моисеенко, В. В. Абрамов // *Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология.* – 2007. – № 2. – С. 76–83.

5. Чернышов Н. М. К вопросу о выборе технологий обогащения и извлечения благородных металлов из железистых кварцитов, черных сланцев и продуктов их переработки / Н. М. Чернышов, В. В. Абрамов, В. С. Кузнецов // *Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология.* – 2009. – № 2. – С. 110–122.

6. Скулков Н. А. Геологическое строение и полезные ископаемые Стрекаловского участка (северо-запад КМА), 1985 г. / Н. А. Скулков. – Фонды курского филиала ФБУ «ТФГИ по Центральному федеральному округу».

7. Ефремова С. В. Петрохимические методы исследования горных пород: справочное пособие / С. В. Ефремова, К. Г. Стафеев. – М.: Недра, 1985. – 511 с.

8. Ярошевский А. А. Распространенность химических элементов в земной коре / А. А. Ярошевский // *Геохимия.* – 2006. – № 3. – С. 54–62.

*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*

*JSC «Yugozapgeologiya», Kursk*

*Skulkov N. A., Leading Geologist*

*Tel.: 8-961-194-07-12*