МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И РУДОНОСНОСТЬ ЧЕРНЫХ СЛАНЦЕВ СРЕДНЕГО ТИМАНА

С. К. Кузнецов, М. Ю. Сокерин, А. С. Шуйский

Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар; kuznetsov@geo.komisc.ru

Приведены основные сведения о минералогических, геохимических, изотопно-геохимических особенностях и рудоносности черных сланцев паунской свиты верхнего рифея Цилемского и Ворыквинско-Светлинского районов, изучены углеродсодержащие сланцы лунвожской свиты среднего рифея Кыввожского района Среднего Тимана. Показано, что черные сланцы характеризуются широким развитием сульфидной минерализации. Наряду с пиритом присутствуют галенит, халькопирит, сфалерит, герсдорфит, кобальтин, минералы редких земель — ксенотим, монацит. В отношении рудоносности наибольший интерес представляют черные сланцы Ворыквинско-Светлинского района, отличающиеся высоким содержанием золота, элементов платиновой группы, редких и редкоземельных элементов. Повышенные содержания золота отмечаются также в черных сланцах Цилемского района. В углеродсодержащих сланцах лунвожской свиты Кыввожского района значимых содержаний золота и платиноидов не установлено, однако в связи с имеющимися в этом районе золотоносными россыпями ближнего сноса и проблемой поиска коренных рудопроявлений необходимо более детальное изучение как самих пород, так и наложенных на них зон развития сульфидной минерализации.

Ключевые слова: черные сланцы, Средний Тиман, золото, платиноиды, сульфидная минерализация.

MINERALOGICAL-GEOCHEMICAL FEATURES AND ORE CONTENT OF BLACK SCHISTS, MIDDLE TIMAN

S. K. Kuznetsov, M. Yu. Sokerin, A. S. Shuisky

Institute of Geology, FRC Komi SC UB RAS, Syktывkar

Basic information on the mineralogical, geochemical, isotope-geochemical peculiarities and ore content of the black schists of the Paunsky suite of the Upper Riphean Tsilemsky and Vorykvinso-Svetlinsky regions is given, and carbon-bearing schists of the Lunvozh suite of the Middle Riphean Kyvvozhsky region in Middle Timan were studied. It is shown that black schists are characterized by the sulfide mineralization of wide development. Along with pyrite, there are galenite, chalcopyrite, sphalerite, gersdorffite, cobaltite, and rare-earth minerals — xenotime and monazite. With regard to ore content, black schists of the Vorykvinso-Svetlinsky region are of the greatest interest, characterized by a high content of gold, elements of the platinum group, rare and rare-earth elements. The increased gold content is also noted in black schists of the Tsilemsky region. In carbon-bearing schists of the Lunvozh suite of the Kyvvozhsky region, no significant gold and platinoid contents were found. However, due to the presence of close wash-down gold-bearing placers in this region and the problem of searching for native ore occurrences, a more detailed study of the rocks themselves and the zones of overlapping sulfide mineralization is necessary.

Keywords: black schists, Middle Timan, gold, platinoids, sulfide mineralization.

Черные углеродистые сланцы на протяжении многих лет привлекают внимание геологов в связи с повышенным содержанием в них различных рудных компонентов. Известны крупные месторождения золота и платиноидов, локализованные в черносланцевых толщах. При геологическом изучении Среднего Тимана многими авторами отмечалась потенциальная рудоносность рифейских черных сланцев [4, 5, 7, 8—10, 13 и др.]. В 2008—2009 гг. В. И. Сиротинным и другими геологами ухтинского предприятия «Геолог-1» с участием сотрудников ЦНИГРИ проведены ревизионно-поисковые работы по оценке золотоносности черных сланцев паунской свиты верхнего рифея Ворыквинско-Светлинской площади, расположенной к северо-западу от Ворыквинской группы бокситовых месторождений. Выполнен большой объем аналитических, в том числе изотопно-геохимических исследований, показана перспективность района в отношении золота, платины, редких земель и редких металлов. В 2015 г. сотрудниками ООО «Ухтинская геолого-разведочная экспедиция» и ВСЕГЕИ при состав-

лении геологической карты 1 : 1 000 000 в Цилемском районе отмечено несколько золоторудных проявлений и пунктов минерализации, локализованных в черносланцевых породах паунской свиты [9]. Позднее изучение этих пород проведено сотрудниками Института геологии Коми НЦ УрО РАН [2]. В связи с проводящимся в настоящее время ВСЕГЕИ геологическим доизучением Кыввожской площади, в пределах которой известны золотоносные россыпи ближнего сноса с часто встречающимися минералами платиновых металлов, нами исследованы черные сланцы лунвожской свиты среднего рифея. В данной статье представлены основные сведения о геохимических особенностях и рудоносности черных сланцев Цилемского, Ворыквинско-Светлинского и Кыввожского районов.

Материал и методы исследований

Материалом для изучения углеродсодержащих пород лунвожской свиты Кыввожского района послужи-

Для цитирования: Кузнецов С. К., Сокерин М. Ю., Шуйский А. С. Минералого-геохимические особенности и рудоносность черных сланцев Среднего Тимана // Вестник геонаук. 2020. 5(305). С. 3—8. DOI: 10.19110/geov.2020.5.1.

For citation: Kuznetsov S. K., Sokerin M. Yu., Shuisky A. S. Mineralogical-geochemical features and ore content of black schists, Middle Timan. Vestnik of Geosciences. 2020. 5(305). С. 3—8. DOI: 10.19110/geov.2020.5.1.

ли точечные и штупные пробы, отобранные из береговых обнажений и горных выработок в долинах ручьев Средний Кыввож и Кыввож — левых притоков верховьев р. Белая Кедва. Определение содержаний Au проводились атомно-абсорбционным методом, Co, Ni, Cu, Zn, Ge, Se, Mo, Ag, Sb, Te, Ba, Pb, Bi, элементов платиновой группы — ICP MS в Центральной лаборатории ВСЕГЕИ. СЭМ-изображения и определения химического состава минералов в полированных шлифах получены на сканирующем электронном микроскопе Tescan MIRA 3 LMN в ЦКП «Геонаука» в Институте геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. Текстурно-структурные характеристики пород изучались в полированных и прозрачных шлифах с помощью оптического микроскопа Nikon Eclipse LV100ND. Содержания C_{org} определялись в лаборатории филиала ООО «Газпром ВНИИГАЗ» в г. Ухте. Изотопный анализ серы выполнен в лаборатории стабильных изотопов ЦКП Приморского центра локального элементного и изотопного анализа ДВГИ ДВО РАН в г. Владивостоке.

Результаты исследований и их обсуждение

В Цилемском и Ворыквинско-Светлинском районах черные сланцы входят в состав паунской свиты верхнего рифея, прослеживающейся в виде полосы шириной до 1.5—3.5 км от Верхнешугорской площади (Четласский выступ) до Верхнецилемской депрессии (рис. 1). Мощность черносланцевых пород варьирует от первых десятков метров до 350—500 м [5]. Выделяются слабоизвестковистые, алевритистые до глинистых, углеродисто-глинистые и существенно углеродистые разности, сосредоточенные преимущественно в приподшенной части разреза паунской свиты. Характерны интенсивное рассланцевание и брекчирование пород, гидротермально-метасоматические изменения, пиритизация, развитие кварцевых жил и прожилково-вкрапленной сульфидной минерализации. В Ворыквинско-Светлинском районе черносланцевые породы местами прорваны дайками основных пород. Углеродистое вещество в черных сланцах распределено неравномерно в виде тонких прослоек в хлорит-кварц-серицитовой массе. Содержание углеродистого вещества колеблется в основном от 0.42 до 6 % [2, 5 и др.]. В черных сланцах Ворыквинско-Светлинского района, по данным В. И. Сиротина, оно достигает 15.3 %.

В Кыввожском районе, расположенном в центральной части Вольско-Вымского вала, черные сланцы в виде линз и пластов мощностью до 15 м входят в состав лунвожской свиты, возраст которой, по данным датировок детритовых цирконов, оценивается как поздне-рифейский [11].

Породы интенсивно рассланцованы, в них отмечаются вкрапленность пирита, прожилки кварца с сульфидами (рис. 2). Углеродистое вещество распределено относительно равномерно в межзерновых интерстициях породообразующих минералов, тонких, в сотые доли миллиметра прослоев, реже образует микропятнистую текстуру. Содержание углеродистого вещества, по данным 5 анализов, варьирует от 0.29 до 0.33 % (в среднем 0.32 %). В связи с относительно невысоким содержанием углерода эти породы могут рассматриваться лишь как углеродсодержащие.

Согласно результатам изотопных исследований, полученным В. И. Сиротиным, И. И. Голубевой [2], значения $\delta^{13}C$ углеродистого вещества черных сланцев паунской свиты Цилемского и Ворыквинско-Светлинского районов варьируют от -13.8 до -27.3 ‰. Эти данные свидетельствуют о том, что углерод черных сланцев имеет облегченный изотопный состав, соответствующий типичному углеродному веществу органического происхождения [1]. Это хорошо согласуется с геологическими наблюдениями [5]. В отдельных пробах Ворыквинско-Светлинской площади отмечаются более высокие значения $\delta^{13}C$, достигающие -6.7 ‰, что предположительно связывается с присутствием в породах генетически иной — ювенильной — углеродистой фазы.

Из элементов-примесей в черных сланцах наиболее распространенными и значимыми являются As, Ni, Cu, Zn, Pb, V, Mn, Ba, Li, B, Rb, Sr, Sc, Ga, Zr, редкие земли [5]. Отмечаются определенные закономерности в распределении примесей по разрезу и в связи с литологическими особенностями пород. По данным И. И. Голубевой и др. [2], содержание элементов-примесей в черных сланцах близки к кларковым значениям, приведенным в работе [13], либо несколько превышают их. В частности, в углеродисто-терригенных породах установлены надкларковые содержания Li, Rb, Cs, Tl, W, Co, Ti, Be, а также Au — до 0.1 г/т, в углеродисто-карбонатных породах — Ta и Nb. Вместе с этим В. С. Юдиным в ходе геолого-съёмочных работ, проводившихся в северной части Среднего Тимана в конце семидесятых годов, в черных сланцах Цилемского района, в участках развития в них кварцевожилной и сульфидной минерализации (проявления Верхняя Каменка, Волчий, Верхнекоренковское) золотоспектральным методом установлены содержания Au, достигающие 0.5 г/т, в отдельных случаях до 2.3 г/т [9].

При изучении черных сланцев Ворыквинско-Светлинской площади с использованием золотоспектрального, атомно-абсорбционного, ICP-MS и других методов В. И. Сиротиным установлены содержания золота и платиноидов значительно выше кларковых. Содержание варьирует (г/т): Au — от 0.16 до 12.5, Pt — от 0.02 до 2.60, Pd — от 0.03 до 0.65. Кроме того, в черных сланцах, и особенно в развивающихся по ним корам выветривания, определены высокие содержания PЗЭ и Y: средние суммарные PЗЭ — от 510 до 3227 г/т, содержание Y достигает 2902 г/т. Отмечаются повышенные значения Li, Sr, Zr, Re, Ge, Te. Содержание Re достигает (г/т) 4.5, Ge — 45, Te — 10.8. Выявлены значимые прямые корреляционные связи Au с Pt, Pd, Re.

В таблице приведены полученные нами данные о содержании золота и других рудных элементов в углеродсодержащих сланцах лунвожской свиты Кыввожского района. Содержание Au во всех пробах низкое (ниже 0.002 г/т — предела обнаружения Au атомно-абсорбционным методом) и лишь в одной из проб составляет 0.012 г/т, что немного выше кларка. В отдельных пробах отмечаются надкларковые значения Co, Cu, Ge и Bi. Выделяется проба СК-66 с мелкими вкраплениями сульфидов, отобранная из отвалов одного из поисковых шурфов в верховьях руч. Средний Кыввож. В этой пробе выявлены максимальные содержания Co, Ni, Cu, Zn, Se, Te, Bi. Из элементов платиновой группы в углеродсодержащих сланцах установлены

Рис. 1. Схема распространения рифейских пород Среднего Тимана [9 и др.]: 1 — породы рифея; 2 — фанерозойские образования; 3 — разрывные нарушения: а — надвиги, б — разломы, в — зоны дизъюнктивных дислокаций, выделенные по геофизическим данным; 4 — Среднетиманский бокситовый рудник; 5 — контуры районов: I — Цилемский, II — Ворыквинско-Светлинский, III — Кыввожский. Прописными буквами показаны: А — Цилемский вал, Б — Четласский выступ, В — Вольско-Вымский вал

Fig. 1. Scheme of Riphean rocks distribution, Middle Timan [9 and etc.]: 1 — Riphean rocks; 2 — Phanerozoic formations; 3 — fractures: a — overthrusts, b — faults, c — zones of disjunctive dislocations, identified by geophysical data; 4 — Middle Timan bauxite mine; 5 — contours of regions: I — Tsilemsky, II — Vorykvinsko-Svetlinsky, III — Kyvvozhsky. Uppercase letters indicate: A — Tsilemsky barrier, B — Chetlassky ledge, C — Volsk-Vymsky barrier

Рис. 2. Коренные выходы углеродсодержащих кварц-хлорит-серицитовых сланцев лунвожской свиты в верховьях руч. Средний Кыввож: а — интенсивное расщепление и система трещин поперечной ориентировки; б — согласные сланцеватости пород кварцевые прожилки с вкрапленностью сульфидов и развитием бурых оксидов и гидроксидов железа

Fig. 2. Original outcrops of carbon-bearing quartz-chlorite-sericite schists of the Lunvozh suite in the upper Middle Kyvvozhs stream: a — intensive schistosity and a system of transversal crack orientation; b — quartz veins, concordant in relation to rock schistosity, with the impregnations of sulfides and the development of brown iron oxides and hydroxides

Содержание рудных элементов в углеродсодержащих сланцах Кыввожского района (г/т)

Content of ore elements in carbon-bearing schists, Kyvvozhsky region (g/t)

Номера проб Sample No.	Au	Co	Ni	Cu	Zn	Ge	Se	Mo	Ag	Sb	Te	Ba	Pb	Bi
СК-9123	0.014	18.3	20.8	106	118	1.97	2.33	-	0.046	1.22	0.24	н. а.	41	0.89
СК-22-1	0.012	14.7	30.4	35.1	73.1	2.47	1.26	1.3	0.082	1.59	0.45	451	16.6	1.02
СК-20-1	<0.002	20.5	36	36.9	83.8	2.4	1.21	<0.6	0.072	0.86	<0.2	564	63.6	1.07
СК-23	0.0032	22.9	34	29.8	93.7	2.48	1.48	3.21	0.057	1.74	0.1	504	6.86	0.3
СК-58	0.016	37	24.2	372	262	3.32	7.31	<0.6	0.097	1.7	0.39	65.6	194	3.7
СК-66	0.0028	57.3	44.7	211	146	2.42	3.52	1.69	0.71	1.45	1.95	н.а.	н.а.	16.9
СК-69a	<0.002	16.1	31.8	26.6	101	2.63	2	0.79	0.068	1.61	<0.2	—/—	—/—	0.36
СК-69б	<0.002	18.3	35.4	29.1	101	2.37	2.43	<0.6	0.044	0.62	<0.2	—/—	—/—	0.39
СК-69г	<0.002	17.4	34.5	27.3	97.4	2.35	2.22	<0.6	0.041	0.65	<0.2	—/—	—/—	0.24
5120-01	<0.002	20.7	53.2	182	105	2.59	1.47	<0.6	0.13	7.2	<0.2	754	85.4	1.59
5124-01	<0.002	15.6	37.9	35.6	122	2.63	1.26	<0.6	0.1	1.2	<0.2	714	56	0.78
5137-01	0.0033	37.2	46.6	27.2	108	2.83	1.62	0.6	0.061	1.67	0.24	1250	14.4	0.4

Примечание. Определение содержания Au проводилось атомно-абсорбционным методом, остальных элементов — методом ICP MS в Центральной лаборатории ВСЕГЕИ; н. а. — элемент не определялся.

Note. Au content was determined by atomic absorption method, content of other elements — by ICP MS at the Central Laboratory of VSEGEI; н. а. — element was not determined.

Pd до 0.03 и Pt до 0.006 г/т при содержании Au 0.0041—0.0045 г/т. Ru, Rh и Ir не обнаружены.

В черных углеродистых сланцах и вообще в позднепротерозойских породах тиманского фундамента известна различная рудная, преимущественно сульфидная минерализация [3, 4, 10 и др.]. В углеродистых сланцах паунской свиты наиболее широко распространен пирит, представленный зернами кубической формы величиной до нескольких сантиметров, в виде редкой или густой вкрапленности. Часто отмечаются пиритовые жилки или линзочки толщиной до 3 см. Наряду с пиритом присутствует пирротин и в небольших количествах сфалерит, галенит, халькопирит, арсенопирит, молибденит, ильменит, рутил. Обнаружен еще ряд точно не диагностированных микроминеральных фаз, преимущественно сульфидов меди, цинка, никеля, кобальта [2]. Самородное золото установлено в единичном случае в виде нанометрового включения в пирите из терригенных черных сланцев в районе Светлинского бокситового месторождения.

При детальном минералогическом изучении черных сланцев Ворыквинско-Светлинской площади также отмечено широкое развитие пирита, в том числе мышьяковистого, присутствие халькопирита, сфалерита, галенита, пирротина, пентландита. В. И. Сиротиным в тяжелой фракции флотационных концентратов наряду с пиритом, галенитом, сфалеритом рентгеноструктурным методом определены рениит ReS_2 , ильменорутил $(\text{Ti}, \text{Nb}, \text{Ta}, \text{Fe})\text{O}_2$, самарскит $(\text{Y}, \text{Nb}, \text{Ta}, \text{Fe})\text{O}_2$, итробетафит $\text{Y}_2\text{Ti}_2\text{O}_6(\text{OH})$, минералы платиновых металлов (теллуриды, арсениды, сульфидарсениды), нагигит $\text{Au}(\text{Pb}, \text{Sb}, \text{Fe}_4)_8(\text{TeS})_{11}$, самородные палладий, рутений, селен, теллур, связанные преимущественно с углеродистым веществом. При электронно-микроскопическом и микрозондовом изучении концентратов обнаружено самородное медистое золото в форме округлых глобул величиной 2—10 мкм. В составе пирита и галенита определены примеси Au, элементов платиновой группы, находящиеся, как отмечается авторами, в дисперсной и ультрадисперсной формах. Минералы платиновых метал-

лов в виде визуально наблюдаемых фаз не установлены.

В углеродсодержащих сланцах лунвожской свиты Кыввожского района также отмечается редкая вкрапленность, иногда прожилки пирита, которые могут быть как согласными слоистости пород (обычно приурочены к контактам тонких слоев песчаников), так и секущими слоистость, выполняющими трещины, согласные сланцеватости пород. В ассоциации с пиритом находятся халькопирит, галенит, сфалерит, герсдорфит, кобальтин, ксенотим, монацит, рутил, циркон, анкерит (рис. 3). Иногда в пирите встречаются включения, вероятно, более раннего пирита с примесями As — 1.9 и Ni — 2.27 мас. %.

При рассмотрении условий формирования рудной минерализации в черных сланцах большой интерес представляют результаты изучения изотопного состава серы сульфидов, полученные разными авторами [2, 6 и др.]. Величины $\delta^{34}\text{S}$ сульфидов из углеродистых сланцев паунской свиты лежат в интервале значений от +10.6 до +16.5 ‰. При этом $\delta^{34}\text{S}$ пирита составляет 11.3—16.5 ‰, пирротина — 10.6—10.8 ‰, халькопирита — 11.2 ‰. Для пирита из черных сланцев Ворыквинско-Светлинской площади значения $\delta^{34}\text{S}$ в отдельных случаях достигают 25.5 ‰. Для Кыввожского района проведен изотопный анализ серы пирита из обычных серых, зеленовато-серых кварц-серицитовых сланцев лунвожской и кыввожской свит, подобного пириту из углеродсодержащих сланцев. Значения $\delta^{34}\text{S}$ колеблются от 14.2 до 17.8 ‰ и существенно не отличаются от значений, характерных для пирита из черных сланцев паунской свиты. Эти данные согласуются с полученными нами результатами изотопного анализа серы пирита. Величина $\delta^{34}\text{S}$ варьирует в интервале 15.8—23.6 ‰ при медианном значении 17.8 и среднем 18.0 ‰.

Можно полагать, что первичным источником серы был морской сульфат. Кристаллизация пирита происходила, вероятно, уже при диагенезе осадков. Впоследствии важную роль в формировании сульфидной минерализации, вероятно, играли наложенные на черные сланцы гидротермально-метаморфогенные про-

Рис. 3. Сульфиды и минералы редких земель в углеродсодержащих сланцах лунвожской свиты Кыввожского района: а — пирит с гетитом по трещинам; б — включение пирита с примесями мышьяка и никеля; с — скопления фрамбоидального пирита; d — галенит в сростании с пиритом; е — халькопирит в сростании с кобальтином; f — обособленное выделение кобальтина; g — сфалерит в сростании с галенитом; h — ксенотим, развивающийся по периферии зонального зерна циркона; i — монацит в сростании с пиритом и апатитом. СЭМ-изображения в режиме обратноотраженных электронов

Fig. 3. Sulphides and rare earth minerals in carbon-bearing schists of the Lunvosh suite of the Kyyvzhsky region: a — pyrite, with goethite along cracks; b — pyrite inclusion with arsenic and nickel impurities; c — accumulations of framboidal pyrite; d — intergrowths of galenite and pyrite; e — chalcopyrite and cobaltite intergrowths; f — isolated cobaltite segregation; g — sphalerite in intergrowth with galenite; h — xenotime, developing along the periphery of the zonal zircon grain; i — monazite in intergrowth with pyrite and apatite. BSE image

цессы с мобилизацией различных компонентов преимущественно из вмещающих пород. Оценка температур формирования сульфидного парагенезиса по серо-изотопным термометрам показывает, что кристаллизация пирита, пирротина и халькопирита происходила в интервале температур от 173 до 381 °C [2].

Согласно полученным нами результатам изучения сульфидной минерализации в углеродсодержащих и других породах Кыввожского района, можно выделить две основные стадии минералообразования: раннюю — пиритовую — и позднюю — галенит-халькопиритовую [4]. На ранней стадии происходило отложение пирита, причем вначале с примесями мышьяка и никеля, на поздней — халькопирита, галенита, сфалерита, кобальтина, монацита, ксенотима. В отношении золота наиболее продуктивной, вероятно, является поздняя стадия минералообразования, что косвенно подтверждается находками в россыпях частиц золота в сростках с галенитом, халькопиритом, сфалеритом, а также с включениями этих минералов.

Аномально высокое содержание золота, элементов платиновой группы и редкоземельно-редкометаллических элементов в черных сланцах Ворыквинско-Светлинской площади, возможно, связано с наиболее высоким по сравнению с другими районами содержанием в них органического вещества и изначальной обогащенностью рудными элементами с их последующим переотложением гидротермально-метаморфогенными растворами.

Развивающиеся по черным сланцам коры выветривания, несомненно, способствовали концентрации рудных элементов. Нельзя исключать также вероятность привноса золота, платиноидов и других элементов эндогенными флюидами с их накоплением в породах благодаря особой сорбционной (буферной) роли углеродного вещества.

Судить о возрасте рудной минерализации довольно сложно ввиду отсутствия надежных геохронологических данных. Вероятнее всего, рудообразование было длительным, охватывающим значительный промежуток времени начиная со среднего или позднего рифея, при отложении осадков, богатых органическим веществом и их диагенезе. Формирование галенит-халькопиритовой минерализации произошло после расланцевания пород и развития разрывных нарушений. Важную роль, несомненно, играли процессы тектономагматической активизации, проявившиеся в кембрии и позднем девоне [3].

Заключение

Исследования, проведенные нами и другими авторами, свидетельствуют о надкларковом содержании в черных сланцах целого ряда элементов и достаточно широком развитии в этих породах рудной, прежде всего сульфидной, минерализации. Наряду с пиритом отмечаются халькопирит, галенит, сфалерит, кобальтин,

а также минералы редких земель и редких металлов. Согласно результатам ранее выполненных работ, большого внимания заслуживают черные сланцы паунской свиты Ворыквинско-Светлинской площади, характеризующиеся высоким содержанием золота, платины, палладия, редкоземельных и редких элементов, в частности иттрия, рения, германия, теллура, и единичными находками самородного золота. Эта площадь перспективна на выявление золотоплатиновых и редкоземельно-редкометаллических руд, хотя, на наш взгляд, необходимо подтверждение некоторых аналитических данных и уточнение форм нахождения золота и элементов платиновой группы. Повышенные содержания золота отмечаются также в черных сланцах паунской свиты Цилемского района. В углеродсодержащих сланцах лунвожской свиты Кыввожского района значимые содержания золота и платиноидов не установлены, однако в связи с имеющимися в этом районе золотоносными россыпями и проблемой поиска коренных рудопроявлений необходимо более детальное изучение как самих пород, так и наложенных на них зон развития сульфидной минерализации.

Исследования выполнены при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-45-110009 р-а.

Литература

1. Галимов Э. М. Геохимия стабильных изотопов углерода. М.: Недра, 1968. 226 с.
2. Голубева И. И., Терентьева Е. И., Майорова Т. П., Исаенко С. И. Вещественный состав рифейских черных сланцев Среднего Тимана // Региональная геология и металлогения. 2018. № 75. С. 79—89.
3. Кочетков О. С. Золотоносность Тимана // Руды и металлы. 1996. № 4. С. 66—79.
4. Кузнецов С. К., Майорова Т. П., Сокерина Н. В., Филиппов В. Н., Есев А. А. Минеральный состав зон пиритизации Кыввожского района (Средний Тиман) // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2014. № 10. С. 12—16.
5. Лебедев В. А., Землянский В. Н. Рифейско-вендский складчатый фундамент Среднего Тимана. Ухта: УГТУ, 2016. 274 с.
6. Майорова Т. П. Изотопный состав сульфидной серы рудопроявлений в рифейских черных сланцах Среднего Тимана // XXII симпозиум по геохимии изотопов им. акад. А. П. Виноградова: Расширенные тезисы докладов. ГЕОХИ РАН. 2019. С. 302—307.
7. Малахов А. А. Геология Среднего Тимана и Западного Притиманья // Тр. Северного геологич. управления. 1940. Вып. 6. 114 с.
8. Оловянишников В. Г. Верхний докембрий Тимана и полуострова Канин. Екатеринбург: УрО РАН, 1988. 155 с.
9. Пармузин Н. М., Мазуркевич К. Н., Семенова Л. Р., Косовая О. Л. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Мезенская. Лист Q-39 — Нарьян-Мар. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ. 2015. 393 с.
10. Плякин А. М., Исаева Г. А. Органическое вещество и рудная минерализация докембрийских сланцев Среднего Тимана // Проблемы осадочной геологии докембрия. М.: Наука, 1981. С. 92—96.
11. Соболева А. А., Андреичев В. Л., Бурцев И. Н. и др. Детритовые цирконы из верхнедокембрийских пород Вымской серии Среднего Тимана: U-Pb-возраст и источники сноса // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. геол. 2019. Т. 94, вып. 1. С. 3—16.
12. Степаненко В. И., Капитанова В. А., Макеева Н. В. Позднепротерозойский гидротермально-метаморфогенный процесс на Среднем Тимане // Метаморфогенная металлогения Урала. Свердловск. 1988. С. 135—136.
13. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Элементы-примеси в черных сланцах. Екатеринбург: Наука. 1994. 303 с.

References

1. Galimov E. M. *Geokhimiya stabil'nykh izotopov ugleroda* (Geochemistry of stable carbon isotopes). Moscow: Nedra, 1968, 226 p.
2. Golubeva I. I., Terent'yeva Ye. I., Mayorova T. P., Isayenko S. I. *Veshchestvennyy sostav rifeyskikh chernykh slantsev Srednego Timana* (Material composition of Riphean black schists of Middle Timan). *Regionalnaya geologiya i metallogeniya* (Regional geology and mineralogy), 2018, No. 75, pp. 79—89.
3. Kochetkov O. S. *Zolotonosnost' Timana* (Gold deposits of Timan). *Rudy i metally* (Ores and metals). 1996, No. 4, pp. 66—79.
4. Kuznetsov S. K., Mayorova T. P., Sokerina N. V., Filippov V. N., Yesev A. A. *Mineralnyy sostav zon piritizatsii Kyvvozhskego rayona (Sredniy Timan)* (Mineral composition of the pyritization zones of the Kyvvozhsky district (Middle Timan)). *Vestnik IG Komi SC UB RAS*, 2014, No. 10, pp. 12—16.
5. Lebedev V. A., Zemlyanskiy V. N. *Rifeysko-venedskiy skladchatyy fundament Srednego Timana* (Rifean-Vendian folded foundation of Middle Timan). *Ukhta: USTU*, 2016, 274 p.
6. Mayorova T. P. *Izotopnyy sostav sulfidnoy sery rudoproyavleniy v rifeyskikh chernykh slantsakh Srednego Timana* (The isotopic composition of sulfide sulfur in ore occurrences in the Riphean black shales of Middle Timan). *Proceedings of conference, Institute of geochemistry*, 2019, pp. 302—307.
7. Malakhov A. A. *Geologiya Srednego Timana i Zapadnogo Pritimanya* (Geology of Middle Timan and Western Timanim) *Tr. Severnogo geologich. Upravleniya*, 1940, 6, 114 p.
8. Olovyanishnikov V. G. *Verkhniy dokembriy Timana i poluostrova Kanin* (Upper Precambrian Timan and the Kanin Peninsula). *Yekaterinburg: UB RAS*, 1988, 155 p.
9. Parmuzin N. M., Mazurkevich K. N., Semenova L. R., Kossovaya O. L. et al. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii* (State geological map of the Russian Federation). Scale 1:1 000 000. *Seriya Mezenskaya. Q-39 — Nar'yan-Mar. Note.. St. Petersburg: VSEGEI*, 2015, 393 p.
10. Plyakin A. M., Isaeva G. A. *Organicheskoe veshchestvo i rudnaya mineralizatsiya dokembriyskikh slancev Srednego Timana* (Organic matter and ore mineralization of Precambrian schists of Middle Timan). *Problemy osadochnoy geologii dokembriya* (Problems of Precambrian sedimentary geology). Moscow: Nauka, 1981, pp. 92—96.
11. Soboлева A. A., Andreichev V. L., Burcev I. N. I dr. *Detritovye cirkony iz verhnedokembriyskix porod Vymsoj serii Srednego Timana: U-Pb vozrast i istochniki snosa* // *Byul. Mosk. o-va ispytatelej prirody. Otd. geol.* 2019. T. 94, vyp. 1. S. 3—16.
12. Stepanenko V. I., Kapitanova V. A., Makeyeva N. V. *Pozdneproterozoyskiy gidrotermal'no-metamorfogennyy protsess na Srednem Timane* (Late Proterozoic hydrothermal metamorphogenic process in Middle Timan). *Metamorfogennaya metallogeniya Urala, Sverdlovsk*, 1988, pp. 135—136.
13. Yudovich Ya. E., Ketris M. P. *Elementy-primesi v chernykh slantsakh* (Impurity elements in black shists). *Yekaterinburg: UIF Nauka*, 1994, 303 p.

Поступила в редакцию / Received 15.05.2020