

© A.V. Snachev

GEOLOGY AND GOLD-BEARING BLACK SHALES OF THE NEPRYAKHINO ORE FIELD (SOUTHERN URALS)

Institute of Geology,
Ufa Federal Research Centre,
Russian Academy of Sciences,
16/2, ulitsa K. Marksa,
450077, Ufa, Russian Federation,
e-mail: SAVant@rambler.ru

This article considers the geological structure of the Nepryakhino ore field located along the eastern flank of the Ilmen-Sysert Meganticlinorium. Particular attention is paid to stratigraphic subdivisions that contain carbonaceous shales. Based on research of the latter's chemical composition, it has been concluded that they belong to the low-carbon type and the siliceous-carbonaceous rocks accumulated within a relatively deep basin. Among terrigenous impurities in the carbonaceous deposits, disintegration products of ultrabasic rocks and basalts of the Ordovician Shemetovo Strata display the prevalence. The structure of the Saitovo and Igish Formations as well as the Bulatovo Strata and also their petrogeochemical features suggest that these subdivisions are coeval. The difference lies only in the degree of metamorphism.

Consideration given to the gold content of carbonaceous deposits shows that their silicified and sulfidized varieties contain 3 to 5 times more gold than the unchanged ones, sometimes by an order of magnitude. The microprobe analysis of the gold nuggets from the Nikolaevskoe, Mikhaylovskoye, Veseloye, Olginskoye, Zheleznaya Shlyapa and other deposits occurring among the black shales and related to the gold-quartz vein system leads to the following conclusions: 1) gold content is medium and high; 2) Os, Ir, Pt impurities up to 0.65 wt.%, as well as As, Hg and Cu are found in the composition being indicative of relatively shallow conditions for their formation. The research carried out as well as the analysis of the geological structure of the Nepryakhino ore field made it possible to highly evaluate the prospects of carbonaceous deposits for gold. Particular attention should be paid to areas where intensive metamorphic transformations are found, including silicification and sulfidization.

Key words: carbon-containing deposits, black shales, gold, precious metals, South Urals, Ilmen-Sysert Meganticlinorium, Nepryakhino ore field

Черносланцевые отложения известны среди вулканогенно-осадочных образований восточного обрамления Ильменогорско-Сысертского мегантиклинория, а также занимают верхние части базальт-фтанитовой формации Арамильско-Сухтелинской структурно-формационной зоны (рис. 1). В период с 1997 по 2003 г. в пределах листа N-41-VII (Миасс) геолого-съёмочные работы проводил отряд ФГУП «Челябинскгеосъёмка» под руководством В.И. Петрова.

Согласно этим исследованиям, углеродсодержащие отложения широко развиты в саятовской, игишской свитах и булатовской толще. *Саятовская свита* (RF_{2st}) делится на две подсвиты: нижнесаятовскую – на 80–90% сложенную амфиболитами; амфиболовыми, биотит-амфиболовыми, гранат-амфиболовыми плагиосланцами; верхнесаятовскую, представленную биотитовыми, гранат-биотитовыми, мусковит-биотитовыми, биотит-амфиболитовыми и амфиболовыми плагиосланцами

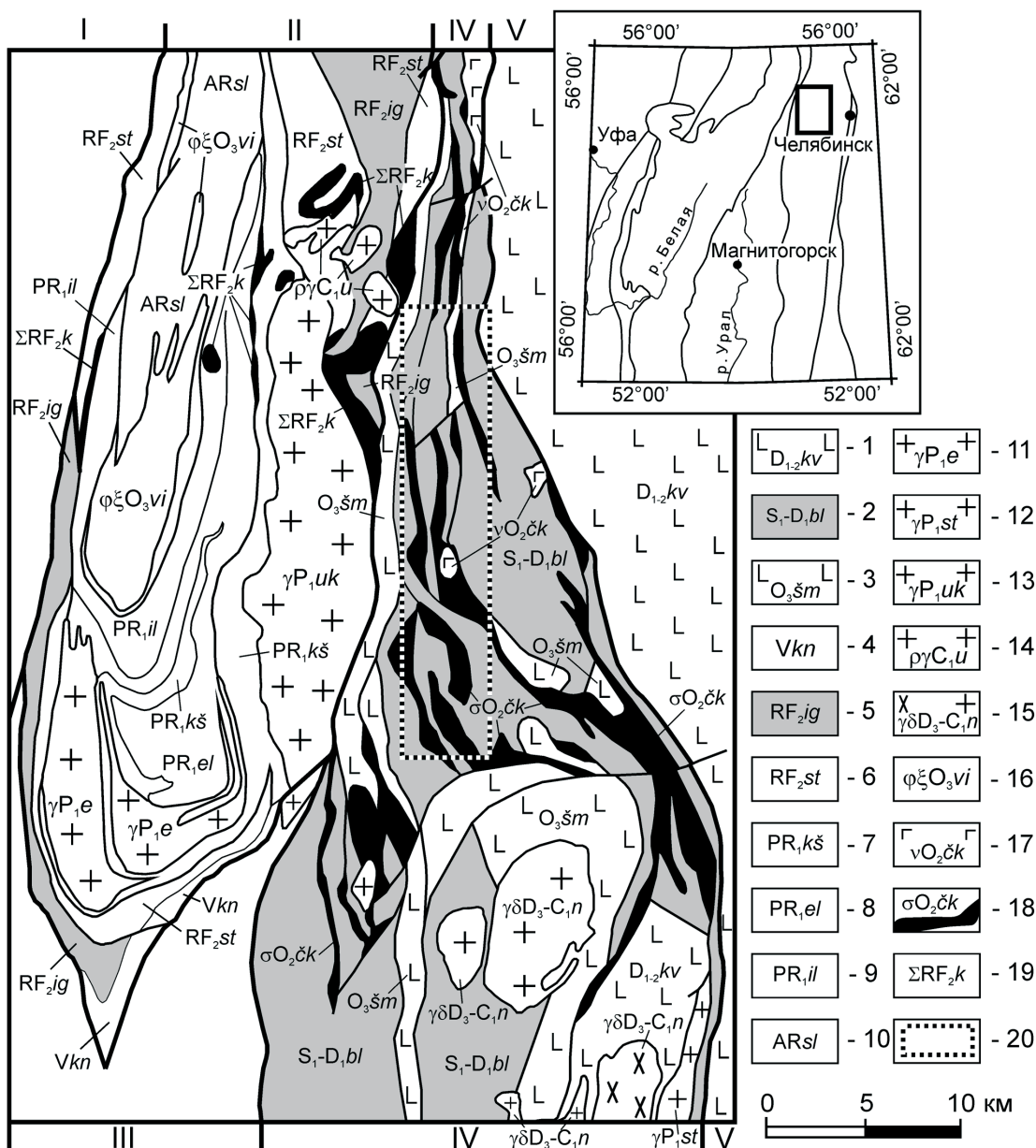


Рис. 1. Геологическая карта Ильменогорско-Сысертского мегантиклинория и восточного его обрамления (составлена по материалам В.И. Петрова)

Условные обозначения: 1 – кулеувская толща (лавы и лавобрекчи базальтов, реже андезибазальтов); 2 – булатовская толща (сланцы углеродисто-кремнистые, углеродисто-глинисто-кремнистые); 3 – шеметовская толща (базальты, андезибазальты); 4 – кундравинская свита (метагравелиты, метапесчаники с прослоями мраморизованных известняков); 5 – игишская свита (кварциты графитистые, графитистые кварцито-сланцы); 6 – сайтовская свита (плагиосланцы амфиболовые, гранат-биотит-амфиболовые); 7 – кыштымская толща (амфиболиты, гнейсы гранат-биотитовые); 8 – еланчиковская толща (гнейсы биотитовые, амфибол-биотитовые); 9 – ильменогорская толща (амфиболиты, плагиогнейсы биотитовые); 10 – селянкинская свита (плагиогнейсы биотитовые, гранат-биотитовые); 11 – еланчиковский комплекс гранитовый; 12 – степнинский комплекс монцодиорит-граносиенит-гранитовый; 13 – увильдинско-кисегачский комплекс монцодиорит-граносиенит-гранитовый; 14 – уразбаевский комплекс тоналит-плагиогранитовый; 15 – неплюевский комплекс диорит-гранодиорит-гранитовый; 16 – вишневогорско-ильменогорский комплекс карбонатит-миаскитовый; 17 – чебаркульско-казбаевский комплекс серпентинизированных дунитов, гарцбургитов; 18 – чебаркульско-казбаевский комплекс габбровый; 19 – каганский комплекс метаморфизованных ультрамафитов и габброидов; 20 – контур Непряхинского рудного узла.

Римскими цифрами показаны зоны: I – Вознесенско-Присакмарская и Западномагнитогорская, II – Ильменогорско-Сысертская, III – Уйско-Новооренбургская, IV – Арамилско-Сухтелинская, V – Касаргино-Рефтинская.

с прослоями графитистых кварцитов. Количество последних увеличивается вверх по разрезу. В составе *игишской свиты* (RF₂ig) отмечены преимущественно графитистые кварциты, графитистые кварцито-сланцы; среди *булатовской толщи* (S₁-D₁bl) – углеродисто-кремнистые, углеродисто-глинисто-кремнистые и кремнистые сланцы.

Нами обработан собственный, а также проанализирован накопленный ранее геологический и аналитический материал по рассматриваемым отложениям. В составе сланцев преобладает кварц (90–95%), углеродистое вещество составляет от 1 до 5%, в незначительных количествах присутствует серицит и биотит. Зерна кварца величиной от 0,001 до 0,08 мм обычно изометричные, с неровными краями [1].

Для определения формационной принадлежности рассматриваемых черных сланцев использовалась диаграмма А-S-C (где $A=Al_2O_3-(CaO+K_2O+Na_2O)$ – глиноземистость; $S=SiO_2-(Al_2O_3+Fe_2O_3+CaO+MgO)$ – кремнеземистость и $C=CaO+MgO$ – карбонатность) (рис. 2), полученная на основе обобщения большого количества химических анализов пород углеродистых формаций [2]. Подавляющее их большинство попадает в поле кремнисто-углеродистых образований. Обратная корреляция между параметрами А и S, а также С и S указывает, во-первых, на био-хемогенный и вулканогенный источники кремнезема, но не терригенный его привнос, а во-вторых, на независимые источники кремнезема и карбоната. Ситуация, при которой наблюдается резкий дефицит CaO и избыток SiO₂, присуща для активно прогибающихся дистальных частей бассейнов.

Результаты анализа кремнисто-углеродистых отложений, вынесенные на тройную петрохимическую диаграмму Н.П. Семененко [3], служащую для восстановления первичной природы и химической классификации метаморфических пород, образуют любопытную картину. Некоторые из них имеют в своем составе терригенную примесь, по составу

соответствующую ультраосновным породам, но основная масса – базальтам шеметовской толщи (что позволяет усомниться в докембрийском возрасте образований саитовской и игишской свит).

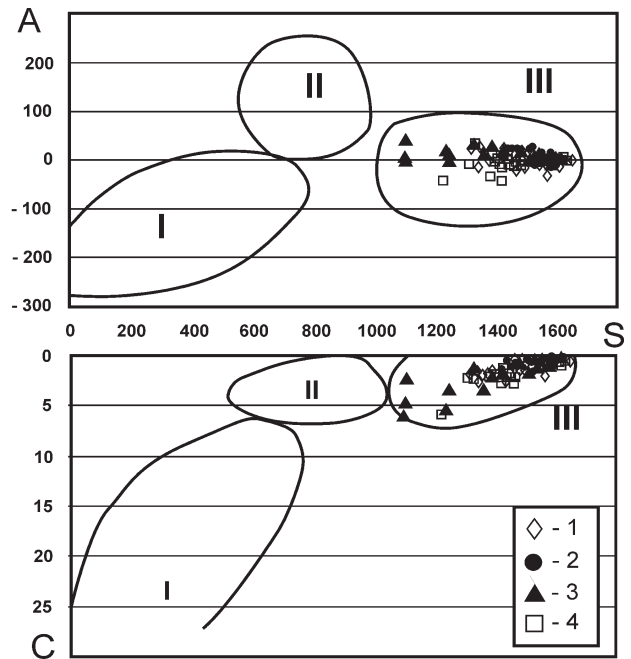
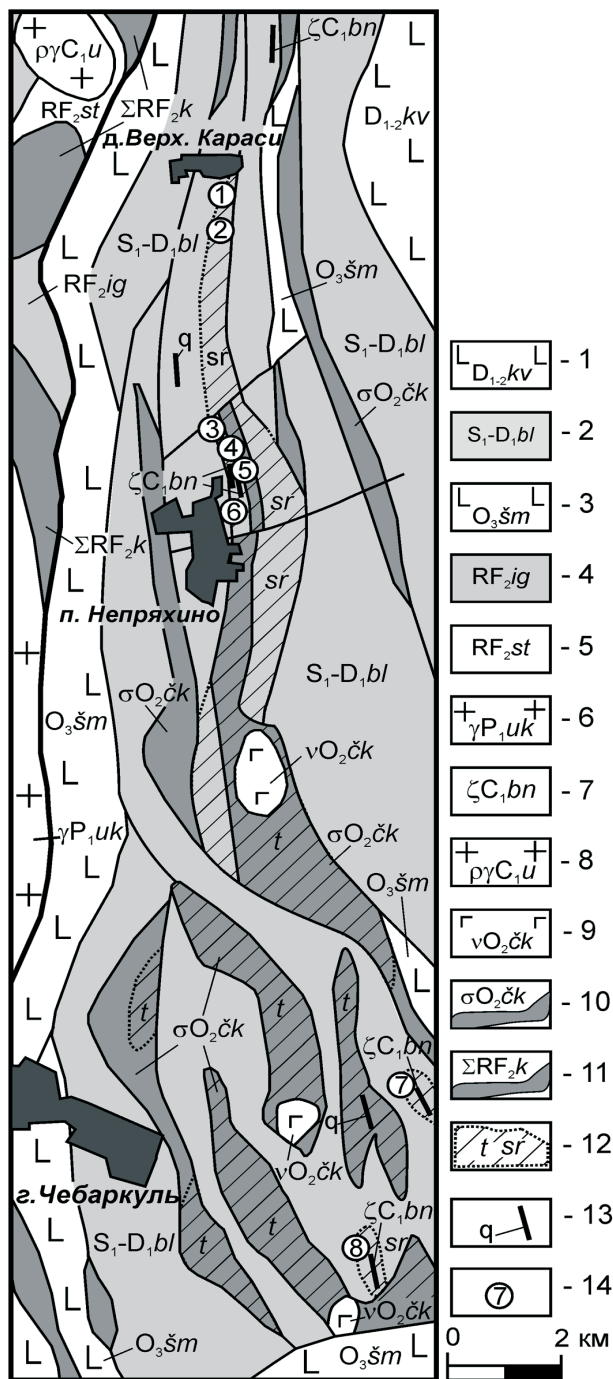


Рис. 2. Типизация углеродистых отложений Арамилско-Сухтелинской зоны с помощью диаграммы Горбачёва О.В., Созинова Н.А. [2].

Условные обозначения: 1, 2 – булатовская толща; 1 – Пластовская площадь; 2 – Миасская площадь; 3 – Саитовская свита; 4 – Игишская свита; поля формаций: I – карбонатно-углеродистая, II – терригенно-углеродистая, III – кремнисто-углеродистая.

По содержанию углерода черные сланцы делятся на низкоуглеродистые – 1–3; углеродистые – 3–10; высокоуглеродистые – >10 (%) [4]. Результаты анализа показывают, что рассматриваемые отложения относятся преимущественно к низкоуглеродистому и реже к углеродистому типам и укладываются в интервал от 1 до 3%. При этом почти 100% углерода составляет C_{орг}, на долю CO₂ приходятся ничтожные значения. Отчетливо распознаются два типа углеродистого вещества: седиментационно-диагенетический, присущий недеформированным, слабометаморфизованным осадочным толщам и метаморфогенный, свойственный углеродистым отложениям, подвергнутым интенсивному



На других золотоносных объектах Непряхинского рудного поля сульфидная минерализация широко развита и представлена пиритом, реже галенитом, халькопиритом (Ходневские проявления), арсенопиритом (Кулуевские жилы). В сером шлихе, отмытом из осветленных, ожелезненных и сильно разрушенных сланцев Ольгинского месторождения, отмечаются единичные знаки турмалина и талька [7].

Через рудное поле проходят крупные продольные разломы, прослеженные к северу от рудника не менее чем на 8 км (рис. 3). Подобные структуры являются весьма благоприятными для локализации жильной и жильно-штоковерковой золоторудной минерализации [8]. В этих тектонически ослабленных зонах развивались древние коры выветривания. В зоне окисления мощностью до 60 м зеленые хлорито-карбонатные и углеродисто-кремнистые сланцы превращены в милониты и рыхлую пелитовую массу белого или кремового цвета (так называемые «беляки»), гипербазиты же – в тальково-карбонатные породы [9].

В старых горных выработках ряда месторождений (Ольгинское, Шалашинская жила, Николаевская и Смоленская полосы, Михайловское, Мягкая жила и др.), входящих в Непряхинский рудный узел, из «беляков» с реликтовыми остатками кремнисто-углеродистых сланцев нами были отмыты и проанализированы несколько десятков мелких золотин размером от 0,2 до 1 мм (рис. 4).

Рис. 3. Геологическая карта Непряхинского рудного узла и ближайшего его обрамления (составлена по материалам В.И. Петрова)

Условные обозначения: 1 – кулуевская толща (лавы и лавобрекчии базальтов, реже андезибазальтов); 2 – булатовская толща (сланцы углеродисто-кремнистые, углеродисто-глинисто-кремнистые); 3 – шеметовская толща (базальты, андезибазальты); 4 – игишская свита (кварциты графитистые, графитистые кварцито-сланцы); 5 – сайтовская свита (плагосланцы амфиболовые, гранат-биотит-амфиболовые); 6 – увильдинско-кисегачский комплекс монцодиорит-граносиенит-гранитовый; 7 – тела дацитов березиновского комплекса; 8 – уразбаевский комплекс тоналит-плагιοгранитовый; 9 – чебаркульско-казбаевский комплекс габбровый; 10 – чебаркульско-казбаевский комплекс серпентинизированных дунитов, гарцбургитов; 11 – каганский комплекс метаморфизованных ультрамафитов и габброидов; 12 – область развития метасоматических изменений: *t* – оталькование, *sr* – серицитизация; 13 – кварцевые жилы; 14 – номера золотых объектов: 1 – Ольгинское северное, 2 – Ольгинское южное, 3 – Мягкая жила, 4 – Николаевская полоса, 5 – Михайловская полоса, 6 – Смоленская полоса, 7 – Железная шляпа, 8 – Веселое.

ТАБЛИЦА – Результаты микрозондового анализа золотин из месторождений
Непряхинского рудного поля (в %)

№ золотины		Cr	Co	Ni	Cu	As	Ag	Sb	Te	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Bi
29	ц		0,27	0,13	0,18		14,69	0,06		0,26			84,23		0,18
	к		0,15	0,02			14,94		0,07			0,28	84,50		
30	1ц	0,02	0,29	0,25			12,26	0,06		0,68			86,17		0,23
	1к	0,06	0,06	0,04	0,08	0,45	11,84		0,04		0,07	0,47	86,86		
	2ц	0,05			0,12		8,41		0,03	0,37			90,84		0,17
	2к	0,15	0,13		0,16		8,33		0,08		0,30	0,47	90,33		
31	ц	0,17			1,10	0,02	12,00			0,50	0,18	0,08	85,77	0,13	0,02
	к	0,07			1,21	0,18	12,49				0,02	0,65	85,34		0,04
32/1	ц	0,11			0,02	0,54	17,24		0,09	0,25			81,73		
	к		0,05		0,06	0,30	17,63				0,03	0,39	81,52		
32/2	ц	0,16		0,24	0,04	0,04	20,79			0,40	0,54		77,75		
	к		0,05	0,11		0,02	19,82	0,12	0,07			0,51	79,15		
33	ц						2,19	0,03		0,54	0,05		97,19		
	к	0,13		0,12	0,08		34,13			0,12		0,47	64,87		
34	ц	0,07	0,18		0,40	0,03	6,57	0,14	0,05	0,40			89,77	2,39	
	к			0,07	0,39	0,25	6,84	0,03	0,06	0,30		0,64	89,51	1,90	

Примечание – Месторождение: 29 – Николаевская полоса, 30 – Михайловская полоса, 31 – Ольгинское южное, 32 – Ольгинское северное, 33 – Железная шляпа, 34 – Веселое.

Сумма элементов приведена к 100%, пустая ячейка – содержание ниже порога чувствительности прибора. Каждое зерно анализировалось дважды: ц – центр зерна, к – край. Анализ выполнен в лаборатории «Физических методов исследования минералов» кафедры минералогии Геологического факультета МГУ на микрозонде «САМЕВАХ SX50» фирмы «САМЕСА» с применением эталонов (аналитик, ст. н. сотр. И.А. Брызгалов).

(западнее д. Кулуево): Au – 95,86%; Ag – 2,25%; Bi – 1,09%. Заметно больше элементов-примесей обнаружено в золотилах, выделенных из кварцевых жил с повышенным количеством сульфидов свинца и меди. В частности, в золотилах Ходневского проявления установлено: Au – 88,02%; Ag – 8,50%; Hg – 2,62%; Ni – 0,24%; Cu – 0,43%; Cr – 0,13% (анализ производился на растровом сканирующем микроскопе JSM-840 с приставкой «Link» в ИПСМ РАН, г. Уфа).

Таким образом, обрамление Ильменогоско-Сысертской и смежная часть Арамилско-Сухтелинской зон, в значительной мере представленные углеродистыми отло-

жениями, насыщенными магматическими породами различного состава и возраста и подвергшимися метаморфическим преобразованиям, являются важным объектом для проведения дальнейших поисковых работ на благородное оруденение, что подтверждается и открытыми в последние годы в черносланцевой формации ряда золоторудных проявлений [12; 13]. Кроме того, большая часть жил и приуроченных к ним золотых россыпей были отработаны лишь до уровня грунтовых вод и на глубину практически не изучены. Их доразведка может привести к открытию новых золоторудных объектов.

- evaluation works]. Otchet po obyektu № 65-99-10/1. Moscow, 2002. (In Russian).
8. Znamensky S.E., Znamenskaya N.M. Rudovmeshchayushchie transtensivnye dupleksy zoloto-kvartseykh i zoloto-sulfidno-kvartseykh mestorozhdeniy Yuzhnogo Urala [Ore-bearing transtensional duplexes of gold-quartz and gold-sulfide-quartz deposits of the Southern Urals] *Litosfera – Lithosphere*, 2011, no. 1, pp. 94–105. (In Russian).
 9. Albov M.N. Mestorozhdeniya k vostoku ot Ilmenskogo khrebtа [Deposits eastwards of the Ilmen Ridge]. 200 let zolotoy promyshlennosti Urala [200th anniversary of gold mining in the Urals]. Sverdlovsk, UFAN SSSR, 1948, pp. 305–315. (In Russian).
 10. Sazonov V.N., Koroteev V.A., Ogorodnikov V.N., Polenov Yu.A., Velikanov A.Ya. Zoloto v «chernykh slantsakh» Urala [Gold in «black shales» of the Urals]. *Litosfera – Lithosphere*, 2011, no. 4, pp. 70–92. (In Russian).
 11. Petrovskaya N.V. Samorodnoye zoloto (obshchaya kharakteristika, tipomorfizm, voprosy genezisa) [Native gold (general characteristics, typomorphism, genesis)]. Moscow, Nauka, 1973. 347 p. (In Russian).
 12. Snachev A.V., Kuznetsov N.S., Snachev V.I. Chernoozerskoye proyavlenie zolota – pervyy obyekt na Yuzhnom Urale v uglerodistykh otlozheniyakh ofiolitovoy assotsiatsii [Chernoozerskoye gold manifestation as the first object in the South Urals in the carbonaceous deposits of the ophiolitic association]. *Doklady Earth Sciences*, 2011, vol. 439, no. 1, pp. 83–85. (In Russian).
 13. Snachev V.I., Snachev A.V. Zakonomernosti razmeshcheniya zolotorudnykh proyavleniy v uglerodistykh otlozheniyakh Beloretskogo metamorficheskogo kompleksа (Yuzhnyy Ural) [Regularities in the location of gold ore occurrences in carbonaceous deposits of the Beloretsk metamorphic complex (South Urals)]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Geologiya – Bulletin of the Voronezh State University. Ser. Geology*, 2014, no. 2, pp. 79–87. (In Russian).

** Работа выполнена в рамках Государственного задания по теме № 0252-2017-0014.*

