
ГЕОЛОГИЯ, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ТВЕРДЫХ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, МИНЕРАГЕНИЯ

УДК: 553.411

[DOI: 10.46698/VNC.2022.58.17.010](https://doi.org/10.46698/VNC.2022.58.17.010)

Оригинальная статья

Потенциально золотonosные минерализации в углеродистых породах Малка-Муштинского рудного узла (Северный Кавказ)

С. Г. Парада 

Геофизический институт Владикавказского научного центра
российской академии наук, Россия, 362002, РСО-Алания, г. Владикавказ,
ул. Маркова, 93а, e-mail: maurmar@yandex.ru

Статья поступила: 28.10.2022, доработана: 21.11.2022, одобрена в печать: 25.11.2022

Резюме: Актуальность темы исследования определяется необходимостью изучения вещественного состава и условий формирования крупнообъемных минерализаций и вмещающих черносланцевых пород рудных узлов Северного Кавказа. **Материалы.** Результаты полевых исследований автора различного типа минерализаций и вмещающих черносланцевых пород в коренных обнажениях по берегам долины р. Хасаут Малка-Муштинского рудного узла (ММРУ), шлифы и аншлифы, изготовленные из отобранных штучков, фондовые материалы результатов поисковых работ ООО «Каббалкгеология» 2007-2009 годов. **Методы исследования.** Геологическая документация коренных обнажений, изготовление и изучение под микроскопом шлифов и аншлифов рудных минерализаций и вмещающих пород. **Цель исследования.** Выявить и описать потенциально золотonosные минерализации в черносланцевых породах ММРУ, изучить особенности их вещественного состава и выделить основные минерально-морфологические типы. **Результаты исследования.** Установлена приуроченность потенциально золотonosных минерализаций ММРУ к верхнепротерозойским углеродистым породам верхов малкинской свиты. По особенностям морфологии и вещественному составу выделено три основных минерально-морфологических типа таких минерализаций: сульфидно-вкрапленный, кварцево-жильно-прожилковый и джаспероидный. Первые два типа избирательно развиваются по углеродистым филлитам и филлитовидным сланцам верхней части малкинской свиты, третий тип, джаспероиды – по карбонатным прослоям в углеродистых породах. В составе сульфидно-вкрапленного типа по морфологии и происхождению выделены три разновидности сульфидной минерализации: 1) рассеянная в углеродистых сланцах вкрапленность осадочно-диагенетических сульфидов (преимущественно пирита), 2) сульфидно-кварцевые линзовидные обособления катагенетического и (или) метаморфогенного происхождения, 3) выделения типичных метакристаллов или их сростков, образование которых связано с поздними гидротермально-метасоматическими процессами. Установлено, что кварцево-жильно-прожилковый тип минерализации имеет значительно более широкое распространение, чем сульфидно-вкрапленный или джаспероидный. Он представлен скоплениями сближенных однообразно- и (или) разно ориентированных убогосульфидных и малосульфидных жил и прожилков преимущественно кварцевого и кварц-полевошпатового состава в углеродистых сланцах, образующих в совокупности субсогласные штокверки, часто подверженные более поздним дислокациям. Впервые на территории ММРУ в составе малкинской свиты выявлены прослои и линзы джаспероидов в черносланцевой толще, несущие тонко вкрапленную сульфидизацию, преимущественно пирита.

Ключевые слова: черные сланцы, рудная минерализация, золото, сульфиды, кварцевые жилы, джаспероиды

Благодарности: Статья подготовлена в рамках государственного задания на научно-исследовательские работы Геофизического института ВНЦ РАН.

Для цитирования: Парада С. Г. Потенциально золотonosные минерализации в углеродистых породах Малка-Муштинского рудного узла (Северный Кавказ). *Геология и геофизика Юга России*. 2022. 12 (4): 129-141. DOI: 10.46698/VNC.2022.58.17.010.

GEOLOGY, PROSPECTING AND EXPLORATION
OF SOLID MINERALS, MINERAGENCY

DOI: [10.46698/VNC.2022.58.17.010](https://doi.org/10.46698/VNC.2022.58.17.010)

Original article

Potentially gold-bearing mineralization
in carbonaceous rocks of the Malka-Mushta
ore node (North Caucasus)S. G. Parada 

Geophysical Institute, Vladikavkaz Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, 93a
Markova Str., Vladikavkaz 362002, Russian Federation, e-mail: maurmar@yandex.ru

Received: 28.10.2022, revised: 21.11.2022, accepted: 25.11.2022

Abstract: The relevance of the research topic is determined by the need to study the material composition and conditions for the formation of large-volume mineralizations and enclosing black shale rocks of ore nodes of the North Caucasus. **Materials.** The results of the author's field studies of various types of mineralization and enclosing black shale rocks in the bedrock outcrops along the banks of the Khasaut River valley of the Malka-Mushtinsky ore node (MMRU), slabs and anshlifs made from selected ores, stock materials of the results of prospecting works of Kabbalkgeology LLC 2007-2009. **Methods.** Geological documentation of the bedrock outcrops, production and microscopic examination of cuts and anshlifs of ore mineralization and host rocks. **Aim.** To identify and describe potentially gold-bearing mineralizations in the black shale rocks of the MMRU, to study the features of their material composition and to identify the main mineral-morphological types. **Results.** It is established that the potentially gold-bearing mineralizations of the MMRU are confined to the Upper Proterozoic carbonaceous rocks of the upper Malkin formation. According to morphology and material composition, three main mineral-morphological types of such mineralizations are distinguished: sulfide-interspersed, quartz-vein-veined and jasperoid. The first two types selectively develop from carbonaceous phyllites and phyllite – like shales of the upper part of the Malkin formation, the third type, jasperoids, from carbonate interlayers in carbonaceous rocks. In the composition of the sulfide-interspersed type, three varieties of sulfide mineralization are distinguished by morphology and origin: 1) inclusions of sedimentary-diagenetic sulfides (mainly pyrite) scattered in carbonaceous shales, 2) sulfide-quartz lenticular separations of catagenetic and (or) metamorphogenic origin, 3) isolation of typical metacrystals or their accretions, the formation of which is associated with late hydrothermal-metasomatic processes. It has been established that the quartz-vein-veined type of mineralization has a much wider distribution than sulfide-interspersed or jasperoid. It is represented by clusters of converging monotonously and (or) differently oriented low-sulfide and low-sulfide veins and veins of predominantly quartz and quartz-feldspar composition in carbonaceous shales, forming in aggregate sub-consistent stockwork, often subject to later dislocations. For the first time in the territory of the MMRU as part of the Malkin formation, interlayers and lenses of jasperoids in the black shale thickness bearing finely interspersed sulfide mineralization, mainly of pyrite composition, were revealed.

Keywords: black shales, ore mineralization, gold, sulfides, quartz veins, jasperoids

Acknowledgements: The article was prepared as part of the state assignment for research work of the Geophysical Institute of the VNC RAS.

For citation: Parada S. G. Potentially gold-bearing mineralizations in carbonaceous rocks of the Malka-Mushta Ore node (North Caucasus). *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South.* (in Russ.). 2022. 12 (4): 129-141. DOI: 10.46698/VNC.2022.58.17.010.

Введение

Условия образования золоторудных месторождений в черносланцевых толщах по-прежнему остаются предметом дискуссий. Это связано, во-первых, с возможным наличием различных генетических типов оруденения в углеродистых толщах, и, во-вторых, с вопросами источников рудоносных минерализаций и собственно самого золота.

Ранее развивалась гипотеза классического магматогенно-гидротермального происхождения руд, согласно которой под рудными полями расположены локальные очаги гранитизации углеродистых пород, над которыми возникают потоки сверхкритических восстановленных газов, что приводит к образованию рассеянного аморфного углеродистого вещества, антраксолита или графита. Свободные формы углерода, как и вода, являются продуктами окисления мантийных водно-углеводородных и восстановленных газов в земной коре [Иванкин, Назарова, 1988, и др.].

В. А. Буряк на примере месторождения Сухой Лог и ряда других золоторудных объектов Ленского района (Иркутская область) разработал и всесторонне обосновал модель метаморфогенно-гидротермального рудообразования [Буряк, 1975]. В предложенной концепции главная рудоконцентрирующая роль принадлежит процессам зонального регионального метаморфизма терригенных толщ. Непосредственно из боковых пород изымается не более 5-15% золота, которое содержится в руде, а основное его количество поступает из зон высокотемпературного метаморфизма и гранитизации; кремнезем и железо, изымаются непосредственно из вмещающих боковых пород [Буряк, 1975]. По результатам исследований золоторудных месторождений Казахстана ученые ЦНИГРИ стали развивать гипотезу полигенного вулканогенно-осадочного генезиса ряда месторождений в черносланцевых толщах [Фогельман и др., 1995 и др.].

На основе изучения золотоносности черносланцевых толщ Южного Тянь-Шаня обоснована модель осадочно-метаморфогенного золотого оруденения центральных Кызылкумов (Узбекистан) и выделение самостоятельной углеродистой золоторудной формации [Гарьковец, 1976].

Таким образом, имеется ряд гипотез: магматогенно-гидротермальная, метаморфогенно-гидротермальная, осадочно-гидротермальная, седиментогенная. Наиболее значительную поддержку получила гипотеза метаморфогенного генезиса золоторудной минерализации в черносланцевых толщах, согласно которой минералообразующий раствор формируется из направленных потоков термодегитратационных (метаморфогенных) флюидов, выделяющихся из осадочной толщи в процессе регионального метаморфизма [Буряк, 1975; Hagemann, Cassidy, 2000; Groves, 2003; Pirajno, 2009; Goldfarb, Groves, 2015 и др.]. Вместе с тем, присутствие на многих рудных полях интрузивных пород, позволяет некоторым исследователям считать определяющим при формировании золоторудных месторождений магматический источник [Lang, Baker, 2001; Distler et al., 2004; Graupner et al., 2006; Aristov, 2019; Voisey et al., 2020].

Часто на многих месторождениях, локализованных в черносланцевых толщах, отмечаются различные сочетания признаков седиментогенного, вулканогенного, метаморфогенного, магматогенного происхождения, что и приводит к появлению различных гипотез их происхождения. Объяснение этим фактам нашло отражение в гипотезе полигенно-полихронного формирования таких месторождений [Кокин, 1990; Курбанов и др., 1992; Парада, 2002; Чернышев и др., 2011; Кряжев, 2017 и др.].

В работах А. В. Кокина, на примере месторождений, локализованных в углеродисто-терригенных породах верхоянского комплекса (Якутия), показано, что с каждым этапом геологического развития региона источники золота трансформируются, то есть эволюционируют [Кокин, 1990]. В качестве первичного источника А. В. Кокин обосновал наличие отдельных, обогащенных золотом слоев углеродистых пород.

Группа исследователей из ИГЕМ РАН, обратила внимание на региональное развитие зон тонко вкрапленной сульфидизации в черносланцевых толщах, предположив, что они являются важнейшим металлогеническим ресурсом и источником золота, платиноидов и др. металлов при эндогенном рудообразовании [Сидоров, Томсон, 2000 и др.]. Однако, ни А. В. Кокин, ни А. А. Сидоров с коллегами, не отвечают на главный вопрос, – первопричины появления обогащенных золотом или золотоносными сульфидами участков черносланцевых толщ.

Ответ на этот вопрос содержится в работах С. Г. Парады, где развивается концепция, согласно которой, на разных стадиях литогенеза в больших объемах горных пород могут формироваться осадочно-диагенетические сульфиды, субмаринные эксгальационно-осадочные сульфидные и сульфидно-кремнистые образования, а на стадии катагенеза – латераль-секреционные кварцевые жилы и прожилки [Парада, 2002]. Все эти литогенные по-сути образования могут содержать относительно повышенные концентрации золота и других рудообразующих элементов. Крупнообъемные скопления таких относительно слабо золотоносных минерализаций могли быть источником золота в последующих эндогенных рудообразующих процессах (метаморфогенных и (или) магматогенных), а также частиц самородного золота в аллювиальных россыпях. В связи с изложенным, возникает необходимость изучения вещественного состава и условий формирования таких крупнообъемных минерализаций и вмещающих черносланцевых пород.

Материалы и методы исследования

В настоящем исследовании использованы материалы, полученные в ходе полевых работ, проведенных автором в пределах ММРУ. Наблюдения осуществлялись по коренным обнажениям черных сланцев в бортах долины р. Хасаут. При этом осуществлялся отбор образцов для изготовления шлифов и аншлифов, отбор штучных проб для последующих химических анализов. Использовались также фондовые материалы ООО «Каббалкгеология» с результатами поисковых работ 2007-2009 годов. Основными методами исследования являются полевые геологические наблюдения и документация коренных обнажений, отбор образцов рудоносных минерализаций и вмещающих черносланцевых пород, петрографическое и минераграфическое изучение под микроскопом в шлифах и аншлифах.

Результаты работы и их обсуждение

На Северном Кавказе вот уже более 20 лет проводятся поисковые работы на рудное золото в пределах развития потенциально рудоносных черносланцевых толщ [Гурбанов и др., 2021; Парада, Гамбург, 2022]. Одним из таких объектов стал Малка-Муштинский рудный узел (ММРУ). В период с 2007 по 2009 год большая часть площади ММРУ была охвачена поисковыми работами на золото, проводимыми ООО «Каббалкгеология». По результатам этих работ выявлены относительно слабо золотоносные участки сгущения разно ориентированных кварцевых жил и

прожилков, а также участки скопления сульфидно-вкрапленной минерализации. Границы таких участков определены по результатам опробования и анализа на золото штуфов и бороздовых проб из горных выработок и керновых проб из буровых скважин. Области же распространения сгущений разно ориентированных кварцевых жил и прожилков значительно шире выделенных золотоносных участков. Эти участки названы в отчете геологов залежами, так как они имеют линзообразную и пластообразную форму и приурочены к слоям углеродистых сланцев и филлитов. Следует ожидать, что и все области распространения разно ориентированных кварцевых жил и прожилков имеют такую же пластообразную морфологию. Средние содержания золота в рудоносных залежах кварцево-жильно-прожилкового типа обычно на уровне десятых долей г/т, в залежах сульфидно-вкрапленного типа – и того меньше.

По результатам анализа фондовых материалов и собственных полевых исследований удалось установить, что потенциально золотоносные минерализации Малка-Муштинского рудного узла представлены тремя основными минерально-морфологическими типами: сульфидно-вкрапленный, кварцево-жильно-прожилковый и джаспероидный. Первые два типа избирательно развиваются по графит-биотит-кварцевым сланцам, углеродистым филлитам и филлитовидным сланцам, джаспероиды – по карбонатным прослоям в углеродистых сланцах. Наиболее широко все три типа представлены в верхах малкинской свиты.

Сульфидно-вкрапленный тип

Сульфидная минерализация в углеродистых сланцах ММРУ довольно скудная и представлена, в основном, рассеянной вкрапленностью пирита.

Сульфиды, как и рассеянное углеродистое вещество, обнаруживают признаки перераспределения внутри слоя породы. Количество сульфидов в шлифах наблюдается до 2-3%, максимум 5%. Представлены они, в основном, пиритом. Среди сульфидных выделений отмечаются практически все морфогенетические разности, установленные на типичном представителе месторождений в черносланцевых породах Сухой Лог [Буряк и др., 1975; Distler et al., 2004]. Наиболее ранней формой диагностируется тонкодисперсная рассеянная вкрапленность сульфидов, распределение которой контролируется слоистостью (рис. 1а). Нередко эта тонкодисперсная форма агрегирована в виде послойных линзовидных скоплений (рис. 1б) или микрогнезд обогащенных микрогранобластовым кварцевым материалом (рис. 1в). Здесь сульфиды укрупняются с образованием на порядок более крупнозернистых кварц-сульфидных микролинз или микрогнезд, вероятно метаморфогенной природы. Некоторые микрогнезда сульфидов имеют типичную оторочку кварца, с реликтовой стебельчатой структурой, как на месторождении Сухой Лог.

В некоторых случаях в сланцах отмечается карбонатизация. Она проявлена в выделении метасоматического железистого карбоната (сидероплезиты) в виде бурых неправильных уплощенных микрогнезд (рис. 1г) и метакристаллов. Содержание железистого карбоната может составлять до 10-15% площади шлифа. Местами карбонатизация проявлена в виде наложения прожилковой и гнездовой минерализации безжелезистого карбоната. В некоторых углеродистых сланцах отмечено развитие турмалина в «тених давления» вокруг сульфидных сегрегаций.

Другой формой сульфидизации служат выделения типичных метакристаллов или их сростков. Метакристаллы пирита нередко имеют карбонат-кварцевую

оторочку. Размер метакристаллов квадратных и скошенных сечений достигает 0,2-0,5 мм, реже до 1 мм (рис. 1д). Наиболее полно метакристаллы сульфидов встречаются в сланцах, затронутых метасоматозом, где первые формы уже практически отсутствуют, вероятно, в связи с ремобилизацией вещества в условиях метаморфизма.

Судя по распределению в породном матриксе и присутствию переходных форм, основная масса сульфидов имеет исходно осадочно-диагенетическое происхождение с перераспределением и, возможно, дополнительным формированием на стадии катагенеза и метаморфизма с проявлением сегрегационной дифференциации вещества. В сланцах присутствуют и типично гидротермальные формы выделения сульфидов, которые отмечаются в составе секущих нитевидных мономинеральных пиритовых, карбонат-кварцевых и хлорит-карбонат-кварцевых прожилков (рис. 1е), происхождение которых может быть связано с метаморфизмом или метасоматозом.

Гидротермально-метасоматические изменения сланцев проявляются в альбитизации и биотитизации (рис. 2). Порода из углеродистого сланца практически превращается в метасоматит альбит-кварц-биотит-серицитового состава с небольшим количеством (1-2%) углеродистого вещества и примесью сульфидов (до 1-2%). Для породы характерна сланцеватая, участками очковая текстура. На фоне основной ткани здесь выделяются относительно более крупные линзовидные (очковые) выделения и порфиробласты альбита (рис. 2а) и коричневого биотита (рис. 2б). Такое явление обнаружено нами ранее для золотоносных черносланцевых комплексов

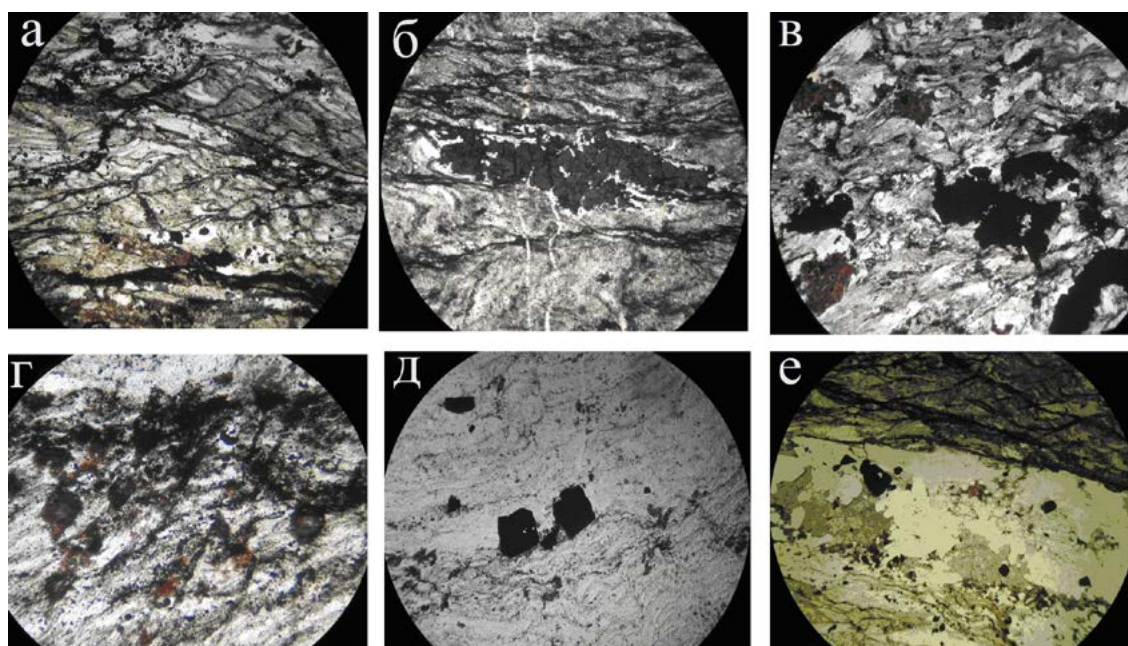


Рис. 1. Сульфидная минерализация в углеродистых сланцах: а) контролируемая слоистостью рассеянная вкрапленность сульфидов; б) послойное линзовидное скопление сульфидов; в) метаморфогенное гнездовое выделение кварцево-сульфидного состава; г) ромбовидные метакристаллы железистого карбоната (бурое); д) метакристаллы сульфидов; е) вкрапленность и гнезда сульфидов в сегрегационном кварцевом прожилке /

Fig. 1. Sulfide mineralization in carbonaceous shales: a) stratified dispersed inclusions of sulfides; b) layered lenticular accumulation of sulfides; c) metamorphogenic nesting of quartz-sulfide composition; d) diamond-shaped metacrystals of ferruginous carbonate (brown); e) sulfide metacrystals; f) inclusions and nests of sulfides in a segregated quartz vein

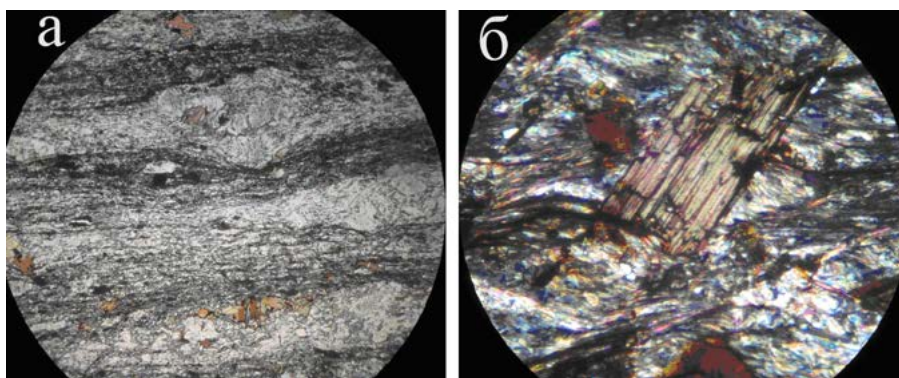


Рис. 2. Гидротермально-метасоматически измененные углеродистые сланцы: а) альбитизация с порфиробластами и очковыми выделениями альбита; б) биотитизация с порфиробластами биотита (никколи скрещены) /

Fig. 2. Hydrothermal-metasomatically altered carbonaceous shales: a) albitization with porphyroblasts and spectacled albite secretions; b) biotitization with porphyroblasts of biotite (nicoli crossed)



Рис. 3. Коренное обнажение дислоцированного участка потенциально золотоносной минерализации кварцево-жильно-прожилкового типа в углеродистых филлитах малкинской свиты. Левый борт долины р. Хасаут /

Fig. 3. Root outcrop of a dislocated site of potentially gold-bearing mineralization of quartz-vein-veined type in carbonaceous phyllites of the Malkin formation. The left side of the valley of the Khasaut river

Амуру-Охотской области [Парада, 2002]. В затронутых метасоматозом сланцах сульфидизация проявляется преимущественно в виде метакристаллов.

Кварцево-жильно-прожилковый тип

Потенциально продуктивная на золото кварцево-жильно-прожилковая минерализация распространена значительно шире, чем сульфидно-вкрапленная. Выделяются следующие виды прожилков: кварцевые убогосульфидные и малосульфидные, кварц-полевошпатовые малосульфидные, друзитовые кварц-карбонатные, нитевидные кварц-карбонатные. Скопления сближенных жил и прожилков в углеродистых сланцах образуют субсогласные штокверки, часто подверженные более поздним дислокациям (рис. 3).

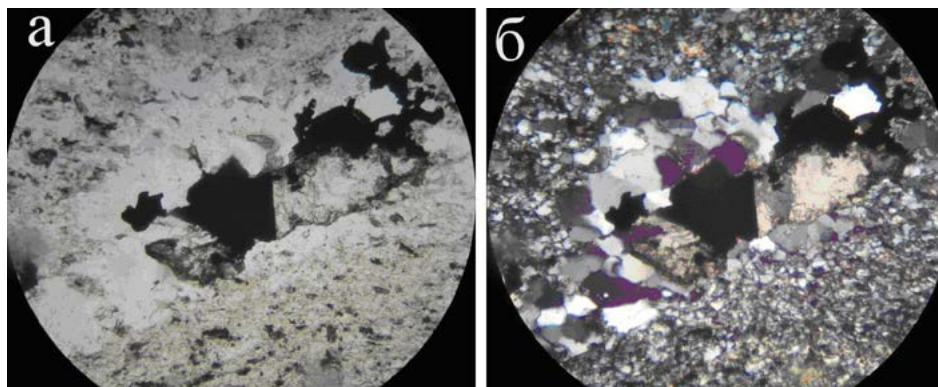


Рис. 4. Кварцевый прожилок с включениями сульфидов и железистых карбонатов в углеродистом сланце: а) николи параллельны; б) николи скрещены /

Fig. 4. Quartz veins with inclusions of sulfides and ferruginous carbonates in carbonaceous shale: a) the nichols are parallel; b) the nichols are crossed

Наиболее распространены разно ориентированные кварцевые и кварц-полевошпатовые малосульфидные и убогосульфидные прожилки и жилы. Сложены они полупрозрачным и молочно-белым крупнозернистым трещиноватым кварцем и содержат небольшое (0,5-2%) количество сульфидов (пирит, халькопирит, реже галенит и др.). Иногда в них отмечают железо-магниевого карбонаты (рис. 4а, б). В пробах-протоловках отмечается самородное золото. Содержания золота в отдельных прожилках по непроверенным данным предшественников достигают 100 г/т.

Кварц-карбонатные прожилки распространены в основном в слабо углеродистых сланцах, а также в породах основного состава. Они также как и кварцевые прожилки разно ориентированные. Прожилки до 1 см мощностью часто имеют зональное строение. Центральная часть их выполнена кварцем иногда друзитового строения, периферия выражена железисто-карбонатной каемкой. Иногда кварца совсем мало и тогда центральная их зона выполнена крупнозернистыми агрегатами кальцита с тонкой каемкой магнезиально-железистого карбоната. Пирит приурочен к железистому карбонату.

Разно ориентированные нитевидные кварц-карбонатные прожилки, как правило, сопровождаются линзочками и просечками пирита. При выветривании придают породе от кремовой до светло коричневой окраску.

В составе секущих кварцевых, кварц-полевошпатовых и карбонат-кварцевых прожилков отмечаются типично гидротермальные формы выделения сульфидов. В этом случае, кроме пирита, отмечаются халькопирит и сфалерит, а также самородное золото (рис. 5). В одном случае нами обнаружено очень мелкое зерно самородной платины.

Джаспероиды

Прослои и линзы потенциально золотоносных джаспероидов в ММРУ диагностированы нами впервые. Они развиты в пачке углеродистых сланцев в ассоциации с линзовидно-послойными сериями кварцевых жил и прожилков.

Джаспероиды ММРУ избирательно развиваются по слоям и линзам карбонатных пород в составе толщи углеродистых филлитов и филлитовидных сланцев.

Текстура джасперодов реликтовая слоистая. Структура породы микрогранобластовая. Основную ткань породы составляет тонкозернистый мозаичный агрегат

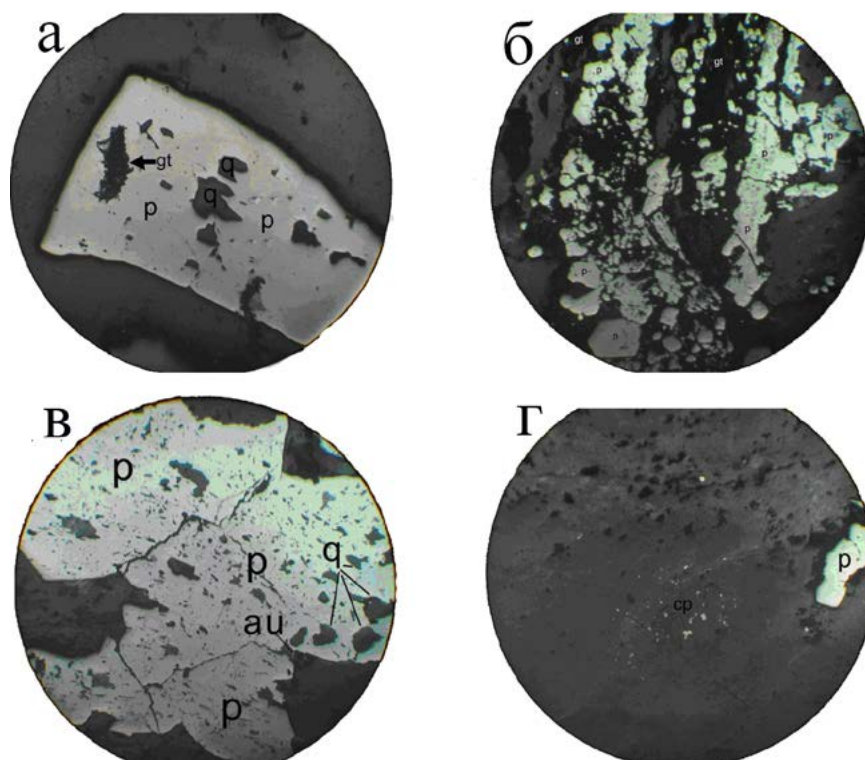


Рис. 5. Формы выделения рудных минералов в кварцевых жилах и прожилках: а) метакристалл пирита с включениями гетита; б) катаклазированный пирит; в) тонкая чешуйка самородного золота размером $<0,01$ мм на контакте с зерном пирита; г) рассеянная вкрапленность халькопирита в кварце /

Fig. 5. Forms of ore minerals separation in quartz veins and veins: a) pyrite metacrystal with goethite inclusions; b) cataclasized pyrite; c) a thin flake of native gold <0.01 mm in size on contact with a pyrite grain; d) scattered chalcopyrite inclusions in quartz

кварца с гнездами и прожилками карбоната и мелкой сыпью рудного минерала (рис. 6а). Рудный минерал (пирит) распределен в породе крайне неравномерно в виде сыпи мелких кубических кристаллов, нередко собранных в густые «струи» (рис. 6б). Местами отмечаются более крупные метакристаллы. В джаспероидах с реликтовой слоистостью рудный минерал выделяется в виде рассредоточенных мелких субизометричных зерен и их сростков, распределенных по полосчатости.

В составе джаспероидов могут принимать участие в качестве второстепенных минералов также биотит, актинолит, минералы эпидотовой группы, серицит и плагиоклаз.

Кварц представлен, как правило, двумя генерациями. Ранний кварц образует зерна размером сотые доли мм, составляющие общий фон породы. Кварц второй, более поздней генерации, имеет размеры в десятые доли и первые мм, выделяясь в виде более раскристаллизованных линзочек, а также кварц-карбонатных прожилков.

Реликтовая слоистость в породе выражена в различном минеральном составе и зернистости породы. Микрослойки выделяются по различному соотношению темноцветных и светлоокрашенных минералов, распределению рудного минерала.

В некоторых шлифах структура тонкозернистая микронематогранобластовая за счет присутствия биотита (до 10%), мелкой тонкозернистой сыпи минералов цои-

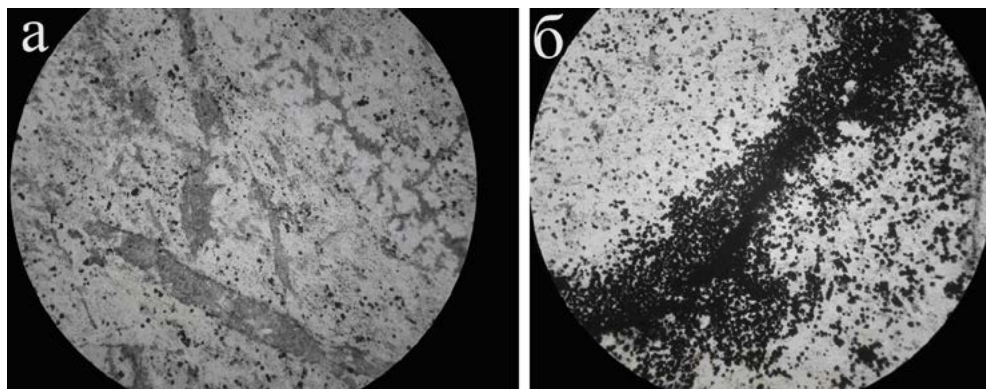


Рис. 6. Джаспероиды: а) тонкозернистый мозаичный агрегат кварца с гнездами и прожилками карбоната и мелкой сыпью рудного минерала; 2) скопление кубических кристаллов пирита в джаспероиде /

Fig. 6. Jasperoids: a) fine-grained mosaic aggregate of quartz with nests and veins of carbonate and a fine rash of ore mineral; 2) accumulation of cubic pyrite crystals in jasperoid

зит-эпидотовой группы (до 17%), призмочек актинолита (до 8%), мелких чешуек серицита, которые заметно укрупняются среди выделений кварца второй генерации. Отмечаются также редкие зерна полисинтетически сдвойникового кислого плагиоклаза. Биотит в шлифе имеет изометричную форму, характерную для роговиковой структуры. Актинолит наблюдается в виде мелких призмочек, ориентированных субсогласно полосчатости и более крупных, расщепляющихся на концах, удлиненно призматических кристаллов, ориентированных субперпендикулярно к полосчатости.

Джаспероиды обычно рассматриваются как потенциально золотоносные образования. Такими образованиями сложены рудные тела месторождения Карлин в США [Large et al., 2011]. Открытие джаспероидов в черносланцевых толщах Малка-Муштинского рудного узла повышает его перспективы на обнаружение золотого оруденения карлинского типа.

Выводы

1. Установлена приуроченность потенциально золотоносных минерализаций ММРУ к верхнепротерозойским углеродистым породам верхов малкинской свиты. По морфологии и вещественному составу выделено три основных минерально-морфологических типа таких минерализаций: сульфидно-вкрапленный, кварцево-жильно-прожилковый и джаспероидный. Первые два типа избирательно развиваются по углеродистым филлитам и филлитовидным сланцам верхней части малкинской свиты, джаспероиды – по карбонатным прослоям в углеродистых породах.

2. В составе сульфидно-вкрапленного типа по морфологии и происхождению выделены три разновидности сульфидной минерализации: 1) рассеянная в углеродистых сланцах вкрапленность осадочно-диагенетических сульфидов (преимущественно пирита); 2) сульфидно-кварцевые линзовидные обособления катагенетического и (или) метаморфогенного происхождения; 3) выделения типичных метакристаллов или их сростков, образование которых связано с поздними гидротермально-метасоматическими процессами.

3. Кварцево-жильно-прожилковый тип минерализации имеет значительно более широкое распространение, чем сульфидно-вкрапленный или джаспероидный.

Он представлен скоплениями сближенных однообразно- и (или) разно ориентированных убогосульфидных и малосульфидных жил и прожилков преимущественно кварцевого и кварц-полевошпатового состава в углеродистых сланцах, образующих в совокупности субсогласные штокверки, часто подверженные более поздним дислокациям.

4. Впервые на территории ММРУ в составе черносланцевой толщи верхней части малкинской свиты выявлены прослои и линзы джаспероидов (гидротермально окварцованных известняков), несущих тонко вкрапленную сульфидную минерализацию, преимущественно пиритового состава.

Литература

1. Буряк В. А. Метаморфогенно-гидротермальный тип золотого оруденения. // Геология рудных месторождений. – 1975. – Т. 18. № 2. – С. 15-26.
2. Гарьковец В. Г. О выделении углеродисто-рудной формации (на примере Южного Тянь-Шаня). // Узб. геол. журн. – 1976. – № 5. – С. 17-21.
3. Гурбанов А. Г., Докучаев А. Я., Газеев В. М., Гурбанова О. А. Аномально высокие содержания благородных металлов в отходах фиагдонской обогатительной фабрики: возможный новый для северного кавказа золото-платиноидный с полиметаллами тип оруденения, локализованный в ранне-среднеюрских черных сланцах. // Геология и геофизика Юга России. – 2021. – Т. 11 (2). – С. 6-21. DOI: 10.46698/VNC.2021.41.26.001
4. Иванкин П. Ф., Назарова Н. И. Методика изучения рудоносных структур в терригенных толщах. – М.: Недра, 1988. – 253с
5. Кокин А. В. Новые данные по золотоносности осадочных пород Юго-Восточного обрамления Сибирской платформы. // Доклады АН СССР. – 1990. – Т. 13. № 3. – С. 697-699.
6. Кряжев С. Г. Изотопно-геохимические и генетические модели золоторудных месторождений в углеродисто-терригенных толщах // Отечественная геология. – 2017. – № 1. – С. 28-38.
7. Курбанов Н. К., Арифуров Ч. Х., Ехиванов В. А., Романов В. И. Полигенно-полихронные золоторудные месторождения терригенных комплексов. // Руды и металлы. – 1992. – Стартовый номер. – С. 54-61.
8. Парада С. Г. О литогенной природе некоторых золоторудных месторождений в углеродисто-терригенных толщах. // Литология и полезные ископаемые. – 2002. – № 3. – С. 275-288.
9. Парада С. Г., Гамбург К. Ю. Проблемы аналитического определения благородных металлов в черносланцевых породах Юга России. // Геология и геофизика Юга России. – 2022. – Т. 12 (3). – С. 119-132. DOI: 10.46698/VNC.2022.23.74.008
10. Сидоров А. А., Томсон И. Н. Условия образования сульфидизированных черносланцевых толщ и их металлогеническое значение. // Тихоокеан. геология. – 2000. – Т. 19. № 1. – С. 37-49.
11. Фогельман Н. А., Константинов М. М., Курбанов Н. К. Принципы систематики золоторудных месторождений для прогноза и поиска. // Отечественная геология. – 1995. – № 3. – С. 31-41.
12. Чернышев И. В., Бортников Н. С., Чугаев А. В., Гамянин Г. Н., Бахарев А. Г. Источники металлов крупного орогенного золоторудного Неждановского месторождения (Якутия, Россия): результаты высокоточного изучения изотопного состава свинца (MC-ICP-MS) и стронция. // Геология руд. месторождений. – 2011. – Т. 52. № 5. – С. 395-418.
13. Aristov V.V. Spatial regularities of localization of gold ore occurrences in the Yana – Kolyma province. // Russian Geology and Geophysics. – 2019. – Vol. 60. No. 8. – pp. 876-889.
14. Distler V.V., Yudovskaya M.A., Mitrofanov G.L., Prokof'ev V. Yu., Lishnevskii E.N. Geology, composition and genesis of the Sukhoi Log noble metals deposit, Russia. // Ore Geol. Rev. – 2004. – Vol. 24. – pp. 7-44.

15. Goldfarb R. J., Groves D. I. Orogenic gold: Common or evolving fluid and metal sources through time. // *Lithos.* – 2015. – No. 233. – pp. 2-26.
16. Graupner T., Niedermann S., Kempe U., Klemm R., Bechtel A. Origin of ore fluids in the Muruntau gold system: constraints from noble gas, carbon isotope and halogen data. // *Geochim. Cosmochim. Acta.* – 2006. – Vol. 70. – pp. 5356-5370.
17. Groves D. I., Goldfarb R. J., Robert F., Hart C. J. R. Gold deposits in metamorphic belts: overview of current understanding, outstanding problems, future research, and exploration significance. // *Econ. Geol.* – 2003. – Vol. 98. – pp. 1-29.
18. Hagemann S. G., Cassidy K. F. Archean orogenic lode gold deposit. // *Rev. Econ. Geol.* – 2000. – Vol. 13. – pp. 9-68.
19. Lang J. R., Baker T. Intrusion-related gold systems: the present level of understanding. // *Mineral. Deposita.* – 2001. – Vol. 36. – pp. 477-489.
20. Large R. R., Bull S. W., Maslennikov V. V. A carbonaceous sedimentary source-rock model for Carlin-type and orogenic gold deposits. // *Econ. Geol.* – 2011. – Vol. 106. – pp. 331-358.
21. Pirajno F. Hydrothermal processes and mineral systems / Geological Survey of Western Australia. – London: Springer, 2009. – 1250 p.
22. Voisey C. R., Willis D., Tomkins A. G., Wilson C. J. L., Micklethwaite S., Salvamin F., Bougoure J., Rickard W. D. A. Aseismic refinement of orogenic gold systems. // *Econ. Geol.* – 2020. – Vol. 115. No. 1. – pp. 33-50.

References

1. Buryak V. A. Metamorphogenic-hydrothermal type of gold mineralization. *Geology of ore deposits.* 1975. Vol. 18. No. 2. pp. 15-26. (In Russ.)
2. Garkovets V. G. On the identification of a carbonaceous-ore formation (on the example of the Southern Tien Shan. *Uzbek geological journal.* 1976. No. 5. pp. 17-21. (In Russ.)
3. Gurbanov A. G., Dokuchaev A. Ya., Gazeev V. M., Gurbanova O. A. Abnormally high content of noble metals in wastes of the Fiagdon concentration plant: a possible new type of mineralization for the North Caucasus is gold-platinoid with base metals, localized in the Early-Middle Jurassic black shales. *Geology and Geophysics of Russian South.* 2021. Vol. 11 (2). pp. 6-21. DOI: 10.46698/VNC.2021.41.26.001. (in Russ.)
4. Ivankin P. F., Nazarova N. I. Method for studying ore-bearing structures in terrigenous strata. Moscow. Nedra. 1988. 253 p. (In Russ.)
5. Kokin A. V. New data on the gold content of sedimentary rocks of the South-Eastern framing of the Siberian platform. *Doklady Akademii Nauk of the USSR.* 1990. Vol. 13. No. 3. pp. 697-699. (In Russ.)
6. Kryazhev S. G. Isotope-geochemical and genetic models of gold deposits in carbonaceous terrigenous strata. *Russian geology.* 2017. No. 1. pp. 28-38. (In Russ.)
7. Kurbanov N. K., Arifulov Ch. Kh., Ekhivanov V. A., Romanov V. I. Polygenic-polychronous gold deposits of terrigenous complexes. *Ores and metals.* 1992. St. No. pp. 54-61. (In Russ.)
8. Parada S. G. On the lithogenic nature of some gold deposits in carbonaceous-terrigenous strata. *Lithology and minerals.* 2002. No. 3. pp. 275-288. (In Russ.)
9. Parada S. G., Hamburg K. Yu. Problems of Analytical Determination of Precious metals in Black shale rocks of Southern Russia. *Geology and Geophysics of Russian South.* 2022. Vol. 12 (3). pp. 119-132. DOI: 10.46698/VNC.2022.23.74.008. (In Russ.)
10. Sidorov A. A., Thomson I. N. Conditions for the formation of sulfidized black shale strata and their metallogenic significance. *Pacific geology.* 2000. Vol. 19. No. 1. pp. 37-49. (In Russ.)
11. Fogelman N. A., Konstantinov M. M., Kurbanov N. K. Principles of taxonomy of gold deposits for forecasting and prospecting. *Russian geology.* 1995. No. 3. pp. 31-41. (In Russ.)
12. Chernyshev I. V., Bortnikov N. S., Chugaev A. V., Gamyagin G. N., Bakharev A. G. Sources of metals in the large orogenic gold ore Nezhdaninskoye deposit (Yakutia, Russia): results of a high-precision study of the isotopic composition of lead (MC-ICP-MS) and strontium. *Geology of ore deposits.* 2011. Vol. 52. No. 5. pp. 395-418. (In Russ.)

13. Aristov V.V. Spatial regularities of localization of gold ore occurrences in the Yana – Kolyma province. *Russian Geology and Geophysics*. 2019. Vol. 60. No. 8. pp. 876-889.
14. Distler V.V., Yudovskaya M.A., Mitrofanov G.L., Prokof'ev V. Yu., Lishnevskii E.N. Geology, composition and genesis of the Sukhoi Log noble metals deposit, Russia. *Ore Geol. Rev.* 2004. Vol. 24. pp. 7-44.
15. Goldfarb R. J., Groves D. I. Orogenic gold: Common or evolving fluid and metal sources through time. *Lithos*. 2015. No. 233. pp. 2-26.
16. Graupner T., Niedermann S., Kempe U., Klemm R., Bechtel A. Origin of ore fluids in the Muruntau gold system: constraints from noble gas, carbon isotope and halogen data. *Geochim. Cosmochim. Acta*. 2006. Vol. 70. pp. 5356-5370.
17. Groves D. I., Goldfarb R. J., Robert F., Hart C. J. R. Gold deposits in metamorphic belts: overview of current understanding, outstanding problems, future research, and exploration significance. *Econ. Geol.* 2003. Vol. 98. pp. 1-29.
18. Hagemann S.G., Cassidy K.F. Archean orogenic lode gold deposit. *Rev. Econ. Geol.* 2000. Vol. 13. pp. 9-68.
19. Lang J. R., Baker T. Intrusion-related gold systems: the present level of understanding. // *Mineral. Deposita*. 2001. Vol. 36. pp. 477-489.
20. Large R.R., Bull S.W., Maslennikov V.V. A carbonaceous sedimentary source-rock model for Carlin-type and orogenic gold deposits. *Econ. Geol.* 2011. Vol. 106. pp. 331-358.
21. Pirajno F. Hydrothermal processes and mineral systems. *Geological Survey of Western Australia*. London, Springer. 2009. 1250 p.
22. Voisey C. R., Willis D., Tomkins A. G., Wilson C. J. L., Micklethwaite S., Salvamin F., Bougourel J., Rickard W. D. A. A seismic refinement of orogenic gold systems. *Econ. Geol.* 2020. Vol. 115. No. 1. pp. 33-50.