ОБЩАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК 552.323.5
DOI: 10.46698/VNC. 2021.41.26.001

Оригинальная статья

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

А. Г. Гурбанов[1, 2], А. Я. Докучаев[1], В. М. Газеев[1, 2], О. А. Гурбанова[3]

[1]Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии рудных месторождений петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН), Россия, 119017, г. Москва, Старомонетный пер., 35, e-mail: gurbanov@igem. ru;

[2]Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Владикавказский научный центр РАН», Россия, 362027, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Маркуса, 22, e-mail: gazeev@igem. ru;

[3]Министерство науки и высшего образования Российской Федерации ФГБОУ высшего образования Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова (МГУ), Россия, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1

Статья поступила: 11.02.2021, доработана: 30.03.2021, принята к публикации: 05.04.2021

Резюме: Актуальность работы. На Северном Кавказе благороднометалльное (золото, серебро, платина, элементы платиновой группы) оруденение черносланцевого типа локализовано в тоар-ааленских флишоидных углеродсодержащих терригенных отложениях, приуроченных к региональной Самуро-Белореченской металлогенической зоне (СБМЗ) – от Дагестана до Адыгеи и Краснодарского края. Вовлечение в поисково-разведочные работы этого стратегического минерального типа оруденения дает возможность расширить минерально-сырьевую базу Южного федерального округа России. **Цель исследований** – выявление содержаний благородных металлов и элементов платиновой группы (ЭПГ) в промышленных отходах Фиагдонской обогатительной фабрики (ФОФ) и в рудовмещающих тоар-ааленских черносланцевых толщах. ФОФ, в частности, перерабатывала руды полиметаллических месторождений Кадат и Какадур, локализованных в тоар-ааленских флишоидных углеродсодержащих терригенных отложениях Авсандур-Ламардонского рудного поля (АЛРП). Проведена оценка АЛРП на возможность выявления здесь промышленно значимого золото-платиноидного с полиметаллами оруденения в черносланцевой толще. **Методы исследования**. *ICP-MS* анализом проанализированы 5 проб в Центре «ИГЕМ-Аналитика» на масс-спектрометре X-Series II и 13 проб – в Лаборатории физико-химических и химических методов анализа ИМГРЭ на приборе Elan 6100 DRC. **Результаты работы.** Установленные в 18 пробах (в керне скважин) Фиагдонского хвостохранилища (ФХ) повышенные содержания благородных металлов можно объяснить наличием как в рудах АЛРП, так и во вмещающей их нижне-среднеюрской углеродсодержащей песчано-глинистой флишоидной толще нового для Северного Кавказа нижне-среднеюрского золото-платиноидного с полиметаллами оруденения в черносланцевой толще (2,5-3,2 мас. % УГВ). Предложена модель

образования золото-платинового оруденения черносланцевого типа за счет конвекции вадозных вод в высоко металлоносных (*Au*, *Ag*, *Pt*, *Pd*) ранне-среднеюрских флишоидных толщах алевролито-аргиллитового состава. При поисковых работах на золото-кварцевый, золото-сульфидный и колчеданно-полиметаллический с золотом типы оруденения в Горной Осетии и в восточной части Горного Дагестана был выявлен ряд перспективных на золото объектов. В пределах СБМЗ может быть выявлен ряд промышленно значимых объектов с золото-платиноидным с полиметаллами оруденением в черносланцевых толщах тоар-ааленского возраста. Предложен комплекс мероприятий с минимальными временными, материальными и финансовыми затратами.

Ключевые слова: золото-платиноидное с полиметаллами оруденение, черносланцевые толщи, источники благороднометалльного оруденения, рудовмещающие углеродсодержащие аргиллиты, Самуро-Белореченская металлогеническая зона, Северный Кавказ.

Для цитирования: 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. 11 (2): 6 – 21. DOI: 10.46698/VNC. 2021.41.26.001.

Благодарности: *Работа выполнена по плану НИР ВНЦ РАН при финансовой поддержке НИОКТР КНИО ВНЦ РАН (регитстрационный № АААА-А19-119040190054-8) и в рамках Базовой темы Лаборатории петрографии ИГЕМ РАН «Петрология и минерагения магматизма конвергентных и внутриплитных обстановок: история формирования крупных континентальных блоков». Регистрационный № ЕГИСУ НИОКТР 121041500222-4.*

GENERAL AND REGIONAL GEOLOGY

DOI: 10.46698/VNC. 2021.41.26.001

Original paper

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

A. G. Gurbanov[1, 2], A. Ya. Dokuchaev[1], V. M. Gazeev[1, 2], O. A. Gurbanova[3]

[1]Institute of geology of ore deposits, petrography, mineralogy and geochemistry RAS, 35 Staromonetny Lane, Moscow 119017, Russian Federation, e-mail: gurbanov@igem. ru;

[2]Vladikavkaz Scientific Center, Russian Academy of Sciences, 22 Markusa Str., Vladikavkaz 362027, Russian Federation, e-mail: gazeev@igem. ru;

[3]Lomonosov Moscow State University, 1 Lenin Hills, Moscow 119991, Russian Federation

Reseived: 11.02.2021, revised: 30.03.2021, accepted: 05.04.2021

Abstract: Relevance. In the North Caucasus noble-metal (gold, silver, platinum, elements of the platinum group (PGE)) mineralization of the black-shale type is localized in Toar-Aalenian flysch-like organic matter rich, terrigenous sediments in the regional (from Dagestan to Adygea and Krasnodar Territory) Samuro-Belorechenskaya

metallogenic zone (SBMZ). Involvement in prospecting and exploration of this strategic type of mineralization provides the opportunity to expand the mineral resource base of the Southern Federal District of Russia. **The Aim of the research** is to identify the content of platinum and PGE in the industrial wastes of the Fiagdon concentration plant (FCP) and in the ore-bearing Toar-Aalenian black shale strata. In particular, processed ores of the Kadat and Kakadur polymetallic deposits, localized in Avsandur-Lamardon ore field (ALOF). The ALRP was prospected for economic gold-platinum with polymetallic deposit in the black-shales series. **Methods.** ICP-MS analysis – 5 samples were analyzed by ICP-MS in IGEM-Analytics Center on an X-Series II mass spectrometer and 13 samples – in the Laboratory of Physical-Chemical and Chemical Methods of Analysis of the IMGRE on the Elan 6100 DRC instrument. **Results.** The elevated noble metal concentrations established in 18 samples (borehole core samples) from the Fiagdon tailings dump could be explained by the presence of both the ALRP ores and the gold-platinum with polymetallic mineralization in the host Toar- Aalenian black-shales series (2.5-3.2 wt. % of carbonaceous matter). The model of formation of gold-platinum mineralization at the expense of vadose water convection in highly metalliferous (Au, Ag, Pt, Pd) Early-Middle Jurassic flysch-like strata of siltstone-argillite composition is proposed. During prospecting works for gold-quartz, gold-sulfide and colliery-polymetallic with gold types of mineralization in the Mountain Ossetia and in the eastern part of Mountain Dagestan a number of promising objects for gold were revealed. A number of economic significant objects with gold-platinum with polymetallic mineralization in black-shale series of Toar-Aalenian age can be identified within the SBMZ. A complex of prospecting with minimal time, material and financial expenses is proposed.

Keywords: gold-platinum with polymetallic mineralization, black-shaleseries, sources of noble-metal mineralization, ore-bearing organic matter-bearing argillites, Samuro-Belorechenskaya metallogenic zone, Northern Caucasus.

For citation: 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. *Geologiya I Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South*. (in Russ.). 2021. 11 (2): 6 – 21. DOI: 10.46698/VNC. 2021.41.26.001.

Acknowledgments: *This work was supported by State Topic registration number AAAA-A19-119040190054-8 in CRD VSC RAS and within the framework of the Basic Theme of the Laboratory of Petrography at IGEM RAS "Petrology and minerageny of magmatism in convergent and intraplate environments: history of formation of large continental blocks" Registration No. EGISU R&D 121041500222-4.*

Введение

Комплексная утилизация техногенных месторождений в России позволяет решать проблему сырьевых источников большинства высокотехнологичных металлов. Захороненные промышленные отходы ГОКов имеют значительный практический интерес: они часто являются комплексными и характеризуются значительными запасами и повышенными концентрациями экономически важных рудных элементов (включая благородные металлы и металлы платиновой группы – МПГ). Важным экономическим стимулом при этом является отсутствие дополнительных транспортных расходов и энергетических затрат на их измельчение.

Фундаментальной проблемой геологии золоторудных месторождений является установление причин их платино- и палладиеносности. Основная часть ресурсов *Pt* связана с магматическими ее источниками, гипербазитами. Но все большее значение начинают иметь гидротермальные источники, вплоть до телетермальных месторождений цветных и редких металлов.

Главным мировым источником добычи минералов МПГ являются собственно магматические месторождения. Более 99% мировых запасов (ведущими являются Китай, Канада, США, Финляндия, ЮАР, Австралия) сосредоточено в малосульфидных платинометалльных, сульфидных платиноидно-медно-никелевых и платиноидно-хромитовых месторождениях; на другие источники приходится менее 0,3%.

Новым мировым источником прироста ресурсов, запасов и добычи МПГ в текущем столетии являются разновозрастные металлоносные высоко-углеродсодержащие комплексы, характерные для всех континентов. Месторождения МПГ этого типа в Южном Китае (Цзиньбаошань в провинции Юньнань) локализованы в глинистых сланцах нижнего кембрия [Котельников и др., 2019; Coveney, Chen, 1989; Fan Delian et al., 1984]. Платиноиды, и в первую очередь палладий, в России извлекаются совместно с платиной из сульфидных медно-никелевых руд Норильского узла. Нетрадиционные источники получения этих металлов установлены в сульфидах из «черных курильщиков» на дне океанов [Hodge et al., 1985], в техногенных россыпях и хвостохранилищах [Sparrow, Woodcock, 1991], в регенерированных месторождениях, проявленных в пределах различных геологических провинций. На Дальнем Востоке имеется ряд геологических объектов, уникальность которых выявлена спустя многие годы после их открытия. В сороковые годы прошлого столетия месторождения Тамгино-Тургеневской группы (север Ханкайского террейна) стали крупнейшим в СССР источником кристаллического графита. Недавно установлено, что они содержат значительные запасы *Au* и МПГ [Ханчук и др., 2004].

Геохимическая специализация на элементы платиновой группы (ЭПГ), установленная для золоторудных месторождений в черносланцевых толщах различными методами [Буряк и др., 2001, 2005; Гончаров и др., 1995], требует выявления минеральных форм нахождения ЭПГ, а также типоморфных минералов – спутников ЭПГ (прежде всего, ими являются минералы *Ni*).

Целью наших исследований было выявление содержаний *Pt* и ЭПГ в промышленных отходах Фиагдонской обогатительной фабрики (ФОФ), которая перерабатывала руды полиметаллических месторождений Кадат и Какадур, а также во вмещающих их тоар-ааленских флишоидных углеродсодержащих (2,5-3,2 мас. % УГВ) терригенных отложениях Авсандур-Ламардонского рудного поля (АЛРП) и оценка АЛРП на возможность выявления в нем промышленно значимого золото-платиноидного с полиметаллами оруденения в черносланцевых толщах.

Методы исследований

Методы отбора проб и их подготовки для анализа детально рассмотрены в [Гурбанов и др., 2020а]. Пять проб хвостов и 9 проб из вертикального 700-метрового ранне-среднеюрского черносланцевого разреза анализировались *ICP MS* методом в ЦКП «ИГЕМ-Аналитика» на масс-спектрометре *X-Series II*, и 13 проб – методом *ICP MS* в Лаборатории физико-химических и химических методов анализа ИМГРЭ на приборе *Elan 6100 DRC* с использованием международных стандартов.

Результаты исследований и их обсуждение

Рассмотренные ранее (Давыдов и др., 2009; Туаев, 2019 в [Гурбанов и др., 2020а], а также [Лазаренков и др., 1998; Мацапулин и др., 2009]) объекты с золото-сульфидно-кварцевым оруденением в пределах тоар-ааленских флишоидных углеродсодержащих терригенных отложений Авсандур-Ламардонского рудного поля АЛРП (Северная Осетия) помогли выявить следующие их особенности: 1) Потенциально перспективные рудные тела приурочены к участкам, для которых характерна наибольшая степень гидротермально-метасоматических изменений и тектонической нарушенности черносланцевых толщ (аргиллиты и алевролиты), что отразилось в объемном окварцевании и в образовании маломощных (до 20-40 см)

кварцевых жил, в значительной лимонитизации, в развитии прожилковой, мелко гнездовой и рассеянной вкрапленности сульфидов (пирит, галенит, сфалерит, халькопирит). Тектоническая проработка отразилась в развитии зон дробления, с зеркалами скольжения и глинками трения. 2) Выявлен новый минеральный тип руд, который может иметь промышленное значение – золото-мышьяковисто-полиметаллический с тонкодисперсным *Au*, с типичными для АЛРП содержаниями *Au* 2,0 г/т и высокими концентрациями рудных элементов. 3) Минералами-концентраторами *Au* являются мышьяковистый пирит и арсенопирит, а *Ag* – галенит. 4) По результатам технологических испытаний руды отнесены к труднообогатимым полиметаллическим слабо окисленным золото-сульфидно-кварцевым. Суммарное извлечение *Au* – 65,09%, *Ag* – 41,59% (ионообменная смола и цинковый концентрат). 5) Запасы *Au* категории P_1 составили 23,1 т (при содержании *Au* 1,84 г/т) и категории P_2-25,9 т (при содержании *Au* 1,74 г/т) (Туаев, 2019 в [Гурбанов и др., 2020а]). 6) Показана возможность рентабельной отработки открытым способом 43% рудной массы при борте 0,5 г/т и 57% – подземным штольневым способом (Туаев, 2019 в [Гурбанов и др., 2020а]). 7) Содержания *Pt* и ЭПГ при поисковых работах не определялись.

Помимо данных, полученных по АЛРП, необходимо учесть следующие факты: 1) Резко повышенные суммарные содержания *Pt* и ЭПГ, варьирующие от 0,122 г/т до 1,35 г/т, выявлены в захороненных в Фиагдонском хвостохранилище (ФХ) промышленных отходах обогатительной фабрики [Гурбанов и др., 2020а]. 2) Повышенные содержания *Au*, *Pt* и ЭПГ установлены в нижне-среднеюрских углеродсодержащих аргиллитах, вмещающих золото-сульфидные и золото-кварцевые рудные тела в пределах АЛРП, а также в расположенных на 400-600 м ниже уровня дневной поверхности рудных телах полиметаллических месторождений Кадат и Какадур, по данным анализов материала из хвостохранилища [Гурбанов и др., 2020а]. Следовательно, в области распространения тоар-ааленских углеродисто-терригенных толщ целесообразно выделить Фиагдон-Терскую металлогеническую подзону, перспективную на обнаружение золото-платиноидного с полиметаллами оруденения в черносланцевых толщах, являющуюся частью региональной Самуро-Белореченской металлогенической зоны (СБМЗ).

Пока не решены вопросы об источнике рудного вещества (*Au*, *Pt*, *Pd*) и генезисе данного типа оруденения. Для их понимания ниже дано описание полиметаллических месторождений Кадат и Какадур, региональных субмеридиональных ослабленных зон, а также приведены новые данные о содержании *Au*, *Pt* и ЭПГ в пробах из ФХ и из тоар-ааленских черносланцевых толщ, вмещающих эти месторождения.

Геолого-структурная характеристика ранне-среднеюрского колчеданно-полиметаллического и свинцово-цинкового оруденения Самуро-Белореченской металлогенической зоны

При обсуждении возможного наличия золото-платинового оруденения в тоар-ааленских толщах, развитых в пределах АЛРП, включающего Какадур-Ханикомское (Как-Х) и Кадат-Хампаладагское (Кад-Х) месторождения, необходимо рассмотреть геологическое строение и металлогенические особенности ранне-среднеюрской тектонической подзоны Промежуточных синклиналей [Черницын и др., 1971] Северного склона Главного Кавказского хребта (рис. 1 в [Гурбанов и др., 2020б]).

На ранне-среднеюрском этапе развития Большого Кавказа (БК), в первую оче-

редь, образовались колчеданные и колчеданно-полиметаллические месторождения, связанные с вулканитами основного состава (Филизчай, Кизил-Дере), часть рудных тел которых сингенетична вмещающим аргиллитовым углеродсодержащим толщам; в позднеааленское время сформировались свинцово-цинковые жильные месторождения Как-Х, Кад-Х, Садон, Джимидон, Гули, Тюалойское, Лаура и другие, не проникающие в байосские и более молодые отложения [Черницын, 1977]. В этот период БК (особенно Приводораздельная металлогеническая подзона, в которой локализованы Как-Х и Кад-Х месторождения) испытывал интенсивное прогибание, в результате чего накопились мощные (более 2 км) аспидные толщи. Наиболее интенсивно свинцово-цинковое оруденение на БК формировалось в среднеюрское время (период предкелловейской складчатости), когда образовались жильные месторождения садонского типа (Садон, Как-Х, Кад-Х, Згид, Фаснал, Джимидон и др.), приуроченные к Северо-Кавказскому полиметаллическому поясу. Ко времени их формирования на БК завершился этап прогибания и начался период умеренной предкелловейской складчатости. Предкелловейское полиметаллическое оруденение сформировалось в северной части активной континентальной окраины, в раннеюрское время не претерпевшей интенсивного погружения (здесь сохранился гранитно-метаморфический слой, а также происходили частые разнознаковые движения, приведшие к дроблению слагающих ее пород).

Генетические типы и рудные формации. Среди свинцово-цинковых месторождений БК выделено четыре генетических типа: 1) скарновый; 2) гидротермально-осадочный; 3) гидротермальный (к нему относятся месторождения Как-Х и Кад-Х) и 4) осадочно-диагенетический.

Месторождения Как-Х и Кад-Х относятся к гидротермальному типу. Гидротермальная деятельность, сформировавшая эти жильные месторождения, проявлялась на БК как на заключительном этапе развития активной континентальной окраины, так и в постскладчатый период. Кварц-полиметаллическая рудная формация на БК представлена многочисленными объектами, обладающими рядом общих характерных черт: 1) главные минералы – галенит, сфалерит, пирит, халькопирит, кварц и карбонаты; 2) формирование на малых (0,7-4,0 км) глубинах; 3) три основные стадии рудообразования: кварц-пиритовая, кварц-карбонат-сульфидная и безрудная кварц-карбонатная [Черницын, 1977; Черницын и др., 1971].

Ранне-среднеюрские свинцово-цинковые месторождения Северо-Кавказского полиметаллического пояса представлены двумя группами, имеющими разную морфологию рудных тел и интенсивность проявления оруденения (последние обусловлены физико-механическими свойствами вмещающих пород): 1) богатое оруденение, локализованное в позднепалеозойских гранитах с характерными хрупкими деформациями (Садон, Згид и др.), выдержанное по падению и простиранию; 2) неправильной формы и бедные по содержанию свинца и цинка рудные тела месторождений, локализованных в пластичных углеродистых аргиллитах и песчаниках (Как-Х, Кад-Х, Куруш и др.). Околорудные изменения вмещающих пород представлены слабо проявленными хлоритизацией, окварцеванием, реже гематитизацией и карбонатизацией. Максимальная мощность околорудных метасоматитов до 5 м. Эти процессы сопровождались выносом натрия и привносом *Mg*, *Ca*, *Fe*.

Вещественный состав руд и стадийность рудоотложения. Для формаций со свинцово-цинковым оруденением характерен постоянный минеральный состав, а отличия заключаются в элементах-примесях (в зависимости от источника), в усло-

виях рудоотложения (температура, *pH* и *Eh*) и геохимических особенностях вмещающих пород. Основные элементы-примеси в рудах – *Cd, Ag, Bi, Ga, In, Co* (*Sb, Mo* встречаются редко). Главные рудные минералы – галенит, сфалерит, пирит, второстепенные – халькопирит, пирротин, марказит, арсенопирит. Главные жильные минералы – кварц, кальцит, второстепенные – барит, хлорит и серицит. При формировании кварц-полиметаллических месторождений выделяются [Черницын, 1977] стадии: I-я (не имеет промышленного значения) – пирит-кварцевая. Основные минералы – кварц (серый), пирит и серицит; второстепенные – арсенопирит, хлорит. Редкие минералы – альбит, касситерит, молибденит. Основные элементы – *Fe*, *S*; второстепенный – *As*; редкие – *Sn* и *Mo*. II-я – кварц-карбонат-сульфидная. Основные минералы – кварц (молочно-белый), сфалерит, галенит, пирит и халькопирит; второстепенные – карбонаты, серицит, пирротин, марказит, мельниковит, магнетит, висмутин, серебро; редкие – блёклые руды, самородные висмут и мышьяк. Основные элементы – *Ca*, *Fe*, *S*, *Zn*, *Pb*, *Cu*, *Cd*, *Bi*, *In*, *Ag*; второстепенные – *As*, *Sn*, *Sb*. Минералы этой стадии слагают 80-90% рудных тел. III – я (имеет малое промышленное значение) – сульфидно-карбонатная. Основные минералы – карбонаты; второстепенные – галенит, халькопирит, пирит, клейофан, кварц (друзовый), хлорит; редкие минералы – барит, диккит, реальгар, аурипигмент. Основные элементы – *Ca*, *Fe*; второстепенные – *S*, *Pb*, *Zn*; редкие – *Cu*, *Ba*.

На всех промышленных полиметаллических месторождениях БК основные стадии минералообразования всегда проявлены полностью. Важно подчеркнуть, что предыдущими исследованиями в рудных телах и во вмещающих породах не были обнаружены минералы или элементы *Au*, *Pt* и платиновой группы.

Структурный контроль. Как-Х и Кад-Х месторождения расположены в Какадур-Ламардонской рудной зоне АЛРП на восточном окончании Садоно-Унальской антиклинали (Давыдов и др., 2009 в [Гурбанов и др., 2020а]); они входят в Северо-Кавказский полиметаллический пояс (составную часть СБМЗ) с жестким сиалическим фундаментом. Пояс приурочен к периферической части нижне-среднеюрского прогиба. Прогиб с севера ограничен эскарпом Скалистого хребта, сложенного верхнеюрско-меловыми известняками и мергелями, а с юга – Адайхох-Дарьяльской структурно-формационной зоной, сложенной толщей нижнеюрских слабо метаморфизованных терригенных отложений, прорванных дайками и мелкими массивами габбро, диабазов среднеюрского Казбекского дайкового пояса и позднеплейстоценовыми гранитоидами Теплинского комплекса. В пределах подзоны Промежуточных синклиналей прослеживается цепь горст-антиклинальных поднятий, образующих подзоны Северных антиклиналей – Садоно-Унальскую, Фиагдонскую, Балкаро-Дигорскую. Эти поднятия сложены породами палеозойского фундамента – гранитами, кристаллическими сланцами и амфиболитами; в крыльях поднятий развиты породы верхнего палеозоя (пермо-карбоновые кварцевые конгломераты, мраморизованные известняки) и нижней юры (вулканогенно-осадочные породы осетинской и мизурской свит). Рудные тела месторождений приурочены к зонам перемятых аргиллитов и контролируются разломами северо-западного простирания, косо пересекающими антиклиналь.

В локализации киммерийского оруденения определенную роль играли региональные долгоживущие субмеридиональные ослабленные зоны глубинного заложения [Гурбанов и др., 2020а]. В региональном плане Как-Х и Кад-Х месторождения приурочены к узлам пересечения тектонической подзоны Промежуточных

синклиналей (или Приводораздельной металлогенической зоны) с двумя субмеридиональными ослабленными зонами (Восточно-Фиагдонской – ВФОЗ и Западно-Фиагдонской – ЗФОЗ). В пределах ВФОЗ и ЗФОЗ имеются локальные зоны шириной до 100-200 м, в которых ранне-среднеюрские аргиллиты и алевролиты (с редкими 2-3 мм линзовидными прослоями УГВ) интенсивно раздроблены, местами милонитизированы и гидротермально изменены (развитие маломощных, до 1-3 мм, кварцевых, кварц-карбонатных и кварц-полевошпатовых прожилков с редкой вкрапленностью пирита, сфалерита, галенита). ВФОЗ прослежена от СФЗ Южного склона на север на 40 км (ее ширина – до 1 км); к ней приурочена Ханикомская антиклиналь, осложненная серией субширотных разломов, сопровождающихся мощными зонами смятия. В пределах ВФОЗ локализованы Как-Х месторождение и ряд рудопроявлений (Гули, Цмити, Авсандур и др.). ЗФОЗ прослежена от СФЗ Южного склона на север на 40 км при ширине 1,0-1,5 км. В месте ее пересечения с субширотным Садоно-Унальским взбросом расположены Кад-Х полиметаллическое месторождение и ряд рудопроявлений. Важным элементом контроля киммерийского оруденения являются структурные этажи. Полиметаллические жилы не проникают в верхнеюрский-нижнемеловой этаж. Оруденение локализовано в нижне-среднеюрском и домезозойских этажах. Наиболее благоприятной для свинцово-цинкового киммерийского оруденения является зона контакта палеозойского (жесткого) и нижне-среднеюрского (пластичного) этажей. Этим объясняется концентрация свинцово-цинковых месторождений в юго-восточном (Горная Осетия) погружении кристаллического ядра БК. Для Осетии эмпирически определены протяженность рудоносного интервала для киммерийского свинцово-цинкового оруденения (до 2500-3000 м) и глубины формирования самых верхних частей рудных жил (на 700-1000 м ниже земной поверхности) [Черницын, 1977].

Положение рудных полей в пределах пояса определяется разломами и антиклинальными поднятиями северо-западного простирания, типа Садоно-Унальской антиклинали. Важную роль в размещении полиметаллических рудных зон и рудных полей на БК играют разломы субширотного и северо-западного простираний, ограничивающие юрские депрессии: Штуллу-Харесскую в Горной Осетии и Северную в Кабардино-Балкарии, представленные грабенами, заполненными юрскими породами, сформированными в предкелловейское время. К разломам, ограничивающим депрессии, тяготеют группы полиметаллических месторождений. Небольшая часть месторождений (Как-Х и Кад-Х) и рудопроявлений залегает в юрских породах в самой депрессии.

Роль депрессий в структурном контроле мезозойского полиметаллического оруденения хорошо проявлена [Черницын, 1977]. При внедрении интрузий габбро или диоритов ранне-среднеюрского возраста [Nikishin et al., 2001] в осадочные водосодержащие толщи и при высоком региональном геотермическом градиенте, происходит конвекция разогретых (за счет внедрившегося расплава) вадозных вод в надинтрузивную зону из вмещающих пород. При длительной циркуляции разогретых вод, из пород выносятся элементы (включая рудные *Pt*, *Pd*, *Au*, *Ag*, *Pb*, *Zn*, *Cd*, *Bi* и др.), которые переотлагаются во фронтальной части конвективной ячейки. Если во вмещающих углеродсодержащих толщах имеется даже убогая сингенетичная и гидротермальная жильная минерализация, то во фронтальной части конвективной ячейки или интрузива может образоваться промышленно значимое эпитермальное оруденение. Мы предполагаем, что главным механизмом формирования благород-

нометалльного оруденения могла быть конвекция, а причиной ее функционирования (при отсутствии на поверхности проявлений магматизма) – зоны активных разломов, перемещения по которым привели (за счет трения) к разогреву черносланцевых толщ, насыщенных вадозными водами (эта тектоническая активность проявилась в связи с предкелловейской фазой складчатости).

По нашему предположению, одним из основных условий для формирования этого оруденения является повышенная металлоносность вмещающих аргиллитов. По нашим данным (метод *ICP MS*), в двух сводных пробах, отобранных с площади 10 м^2 каждая из рудовмещающих аргиллитов из отвалов штолен месторождений Кад-Х и Как-Х, установлены, соответственно, следующие содержания элементов благородных металлов и ЭПГ (в г/т): *Ag*=0,77 и 1,87; *Au*=0,01 и 0,05; *Ru*=0 и 0,002; *Pd*=0,007 и 0,003; *Pt*=0 и 0,002. Толща рудовмещающих аргиллитов характеризуется наличием сингенетических и диагенетических вкрапленных и послойных скоплений сульфидов *Fe*, *Pb* и *Zn*. Полученные данные по другим элементам свидетельствуют о высокой металлоносности пород изученной черносланцевой толщи [Гурбанов и др., 2020б].

Для более представительной оценки степени рудоносности отложений тоар-ааленских углеродсодержащих толщ, в которых локализованы месторождения Как-Х, Кад-Х, а также жильные и штокверковые тела с золотосодержащим свинцово-цинковым и золото-сульфидно-кварцевым типами оруденения в пределах Афсандур-Ламардонского и Дагом-Кадатского рудных полей (Давыдов и др., 2009; Туаев, 2019 в [Гурбанов и др., 2020а]), был опробован (через каждые 80 м методом сколков с площади 10 м^2 каждая проба) вертикальный 700 – метровый разрез черносланцевой толщи. Три пробы были взяты из нижней части разреза (уровень ФХ; начало автодороги между долинами рек Фиагдон и Мидаграбин-дон); три пробы – из средней части разреза (исток р. Хаником-дон; район перевала); три пробы – из верхней части разреза (отвалы разведочных штолен). Все пробы проанализированы в ЦКП «ИГЕМ-АНАЛИТИКА» методом *ICP MS*. Поведение средних величин содержаний оксидов (в масс. %) и ряда элементов (в г/т) видно из приведенных данных: $S_{общ}$=0,046-0,032-0,53 (здесь и далее в нижней – средней – верхней частях вертикального разреза); Fe_2O_3=7,3-5,9-7,5; *Cr*=89-84–93; *Ni*=48-40–14,5; *Cu*=37,6-34–84; *Zn*=132-108–98; *As*=53-23–304; *Rb*=132-121–213; *Zr*=179-191-98; *Pb*=45-60–1274; *Sb*=1,7-1,2-5,9; *Ag*=0,07-0,08-1,06; *Au*=<ПО – <ПО – 0,06; *Pd*=<ПО – <ПО – 0,05; *Ru*=<ПО – <ПО – 0,002; *Pt*=<ПО – <ПО – 0,003 [Гурбанов и др., 2020а]. Из приведенных данных видно, что степень металлоносности тоар-ааленской черносланцевой толщи на $S_{общ}$, Fe_2O_3, *Cr*, *Ni*, *Cu*, *Zn*, *As*, *Rb*, *Zr*, *Pb*, *Sb*, *Ag*, а в верхней части разреза – на *Au*, *Pd*, *Ru*, *Pt*, **довольно высокая**. Установлено, что **к верхам** 700 – метрового вертикального разреза (до уровня разведочных штолен полиметаллических месторождений) в черносланцевой толще произошло **увеличение** (в разы) содержаний, по сравнению с низами разреза: $\boldsymbol{S_{общ}}$ – в 11,5; ***Cu*** – в 2,2; ***As*** –в 5,7; ***Rb*** – в 1.6; ***Pb*** – в 28,3; ***Sb*** – в 3,5; ***Ag*** – в 15,1 раза.

Приведенные данные косвенно подтверждают возможность существования, в данном случае, механизма конвекции при формировании полиметаллического и благороднометалльного оруденения в пределах Афсандур-Ламардонского и Дагом-Кадатского рудных полей.

Литологический контроль. В пластичных породах образуются непротяженные рудолокализующие трещины. Представлены они сетью мелких жил, образую-

щих бедные рудные тела (Как-Х и Кад-Х и др.). Структурной особенностью изученных разрезов участков Какадур и Ламардон является смена зон дробления и серий сближенных плоскостей скольжения, зон рассланцевания с глинистыми тектоническими швами и др.; это подтверждает предложенный выше конвекционный механизм формирования оруденения. Анализ имеющихся данных предшествующих исследований по минералого-геохимическому составу рудных тел Как-Х и Кад-Х месторождений показал полное отсутствие информации о нахождении в них самородных золота и платины или содержащих их минералов**.** Однако, при проведении нами геохимических исследований промышленных отходов ФОФ, перерабатывавшей руды Как-Х и Кад-Х месторождений, были получены следующие данные о содержаниях в них благородных металлов в новых 13 пробах (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

Содержание благородных металлов (в г/т) в керне трех скважин / Contents of noble metal (in ppm) in the core of three wells

Место отбора пробы / Sampling location	Глубина, м / Depth, m	Номера проб / Sample numbers	*Ru*	*Pd*	*Pt*	*Au*	*Ag*
1 скв. / 1 well	2	2/16	0,002	0,019	0,003	0,015	5,72
	4	4/16	0,001	0,021	0,000	0,028	2,83
	6	6/16	0,003	0,021	0,001	0,016	3,42
	8	8/16	0,005	0,020	0,001	0,036	3,89
	12	12/16	0,002	0,022	0,002	0,030	3.16
	17	17/16	0,002	0,032	0,000	0,033	2,55
	19	***19/16***	***0,001***	***0,049***	***0,66***	***0,08***	-
	20	***20/16***	***0,001***	***0,045***	***0,94***	***0,17***	-
	2	24/16	0,002	0,028	0,001	0,037	2,47
2 скв. / 2 well	4	26/16	0,005	0,035	0,005	0,015	2,12
	9	***31/16***	***0,001***	***0,046***	***1,29***	***0,05***	-
3 скв. / 3 well	3	35/16	<0,001	0,025	0,000	0,032	2,31
	6	38/16	0,002	0,013	0,002	0,026	2,56
	12	44/16	<0,001	0,026	0,002	0,031	4,81
	22	55/16	0,002	0,017	0,010	0,040	2,52
	28	***64/16***	***0,001***	***0,042***	***0,07***	***0,25***	-
	29	66/16	0,005	0,016	0,002	0,048	2,61
	30	***68/16***	***0,001***	***0,044***	***0,07***	***0,11***	-
ПО*, г/т			0,001	0,01	0,01	0,001	0,01

Примечание: ***31/16*** – пробы, проанализированные в ЦКП «ИГЕМ-Аналитика» методом *ICP MS* (2018 г.); 55/16 – пробы, проанализированные в ИМГРЭ методом *ICP MS* на *Elan 6100 DRC* (2020 г.). ПО – предел обнаружения. Скважины расположены в ФХ следующим образом: восточный край – скважина №2 глубиной 10 м; центр – скважина №1 глубиной 22 м; западный край – скважина №3 глубиной 31,5 м. / Comment: ***31/16*** – samples analyzed at the CFC “ IGEM-Analitica” by the ICP MS method (2018); 55/16 – samples analyzed at IMGRE by the ICP MS method on Elan 6100 DRC (2020). DL – detection limit. Wells are located in the Fiagdon tailing dump as follows: eastern edge – well No. 2, 10 m deep; center – well No. 1, 22 m deep; western edge – well No. 3, 31.5 m deep.

Анализ полученных аналитических данных. В связи с тем, что пока определено содержание благородных металлов (БМ) только в 30% запланированных проб, сейчас невозможно выявить четкие закономерности в характере распределения БМ в вертикальных разрезах ФХ. Тем не менее, полученные данные о повышенных содержаниях БМ как в материале из хвостохранилища, а значит опосредованно как в рудных телах месторождений Как-Х и Кад-Х, так и во вмещающих их углеродсодержащих черносланцевых толщах, позволило предполагать обнаружение здесь нового для Большого Кавказа ранне-среднеюрского золото-платиноидного с полиметаллами оруденения в черносланцевых толщах [Гурбанов и др., 2020а]. Важно отметить, что промышленно значимые содержания *Au* были установлены в рудных телах, локализованных в этих нижне-среднеюрских углеродсодержащих песчано-глинистых толщах, при поисковых работах на золото-сульфидный и золото-серебряный типы оруденения в Горной Осетии (Давыдов и др., 2009 и Туаев, 2019 в [Гурбанов и др., 2020а]). В результате было выделено перспективное на обнаружение *Au* АЛРП с Какадур-Ламардонской рудной зоной (на 400-600 м гипсометрически выше горизонтов штолен месторождений Как-Х и Кад-Х).

Ниже приведена информация о типах БМ оруденения (включая черносланцевый), ранее выявленных на Северном Кавказе.

После положительной оценки перспектив платиноносности девонской толщи углеродсодержащих сланцев [Лазаренков и др., 1998], гипербазитов Северного Кавказа [Парада, 2009, 2017] и среднемиоценовых (чокрак-караганских) слабо литифицированных кварцевых песчаников [Черкашин и др., 2012], круг известных в этом регионе БМ расширился. В черных сланцах р. Большая Лаба обнаружены рутениридосмин и самородная платина [Богуш, 2017]. Доказана потенциальная благороднометалльная рудоносность углеродсодержащих сланцев девонского возраста (рудная зона Грушовая с суммарным содержанием БМ до 1 г/т) [Богуш, 2001, 2019; Богуш и др., 2010, 2015, 2016; Буряк и др., 2002]. Ультрабазиты Беденского массива рассматриваются как источник БМ для вмещающих их углеродсодержащих девонских черных сланцев [Богуш и др., 2017; Парада, 2017].

В Горном Дагестане при проведении поисковых и геолого-съемочных работ *Au* и *Ag* фиксировались в колчеданных залежах, а также в кварцевых и кварц-сульфидных жилах (в том числе и на медно-пирротиновом месторождении Кизил-Дере). ИГ ДНЦ РАН при шлиховом опробовании осадочных толщ и рыхлых отложений доказана рудоносность чокрак-караганских кварцевых песчаников на *Pt* и *Au*, на *Au* – литифицированных мезо-кайнозойских песчаников, черных сланцев, доломитов, зон ожелезнения и сидеритовых конкреций [Багатаев, 2013; Мацапулин и др., 2009, 2011; Черкашин и др., 2012]. На Курушском рудном поле (составная часть СБМЗ) поисковыми работами «Дагестаннедра» в 2009-2019 гг. была выявлена связь *Au* с черносланцевыми толщами и с зонами жильного кварц-сульфидного (пирит, пирротин, халькопирит, сфалерит, галенит) оруденения. Золотоносность среднемиоценовых песчаников прослежена ИГ ДНЦ РАН на расстоянии 180 км – от долины р. Сулак до р. Рубасчай. Ширина золотоносных выходов чокрак-караганских отложений достигает 10 км при мощности непрерывной золотоносности до 20-25 м. Максимальные размеры золотин – до 0,13 мм, пробность – 780-800‰. Большая часть золотин претерпела дальний перенос, а меньшая имеет «рудный» облик и может быть связана с местными коренными проявлениями. Среднее содержание *Au* варьирует от 0,3 до 4,4 г/т, *Pt* – от 0,6 до 14,35 г/т, *Pd* – от 0,3 до 2,7 г/т

[Мацапулин и др., 2009, 2011]. Самородная *Pt* образует изометричные пластинки размером до 0,2 мм при незначительной окатанности [Черкашин и др., 2012]. Терригенные *Au* и *Pt* могут быть связаны с погребенными россыпями в чокрак-караганских песчаниках. Наиболее перспективными для поиска благородных металлов считаются прибрежно-морские россыпи [Черкашин и др., 2012].

ОАО «Севкавгеология», ГУП РЦ «Дагестангеомониторинг» и ФГУП «ЦНИГРИ» проводили работы по выявлению «крупнообъемного» *Au* оруденения в углеродсодержащих толщах на юго-востоке Дагестана, где в СБМЗ выделяются Белокано-Аварский и Ахтычай-Самурский рудные районы [Багатаев, 2013]. В СБМЗ колчеданное оруденение локализовано на двух стратиграфических уровнях – верхнетоарско-нижнеааленском и верхнеааленском (*Cu* с *Co* и полиметаллическое); также выявлено *Au* оруденение черносланцевого типа с золото-полиметаллическим составом руд. Перспективными на обнаружение «крупнообъемного» *Au* оруденения считаются Филизчай-Мачхалорский, Хнов-Борчинский и Куруш-Мазинский рудные узлы [Багатаев, 2013]. Содержащие *Au* и *Ag* руды Куруш-Мазинского рудного узла представлены пиритом, галенитом и сфалеритом; реже – халькопиритом, арсенопиритом, пирротином, вюртцитом, марказитом, гематитом, лимонитом и блёклой рудой. Субмикроскопическое *Au* (в основном, в пирите) не обнаруживается под микроскопом. При помощи электронного микроскопа установлены мелкие (5-8 мкм) частицы *Au* изометричной и пленочной формы [Багатаев, 2013]. Среднее содержание *Ag* варьирует от 15 до 17 г/т.

Ранее считалось, что на Северном Кавказе потенциально рудоносными на ЭПГ являются три описанных выше источника БМ. В последние годы установлены повышенные содержания благородных металлов (*Au*, *Ag*, *Pt*, *Ru*, *Pd*) в промышленных отходах ФОФ, перерабатывавшей руды Как-Х и Кад-Х полиметаллических месторождений [Гурбанов и др., 2020а]. Полученные нами данные могут расширить перспективы обнаружения тоар-ааленского золото-платиноидного с полиметаллами оруденения в черносланцевых толщах ЮФО РФ, так как можно прогнозировать его наличие не только в пределах Горной Осетии (в полосе шириной до 2,5 км и протяженностью до 28 км в междуречье Фиагдон – Геналдон), но и, возможно, в СБМЗ – от Дагестана до Краснодарского края. Для этого необходимо проанализировать надежными количественными методами на *Pt*, *Pd*, *Ru*, *Rh*, *Ir* дубликаты проб со значимыми содержаниями *Au* и *Ag*, имеющиеся у геологических организаций, ранее проводивших поисковые работы на *Au* в этом регионе.

Выводы

Повышенные содержания БМ в пробах, взятых из керна скважин Фиагдонского хвостохранилища, можно объяснить наличием как в рудах полиметаллических Какадур-Ханикомского и Кадат-Хампаладагского месторождений, так и во вмещающей их тоар-ааленской углеродсодержащей черносланцевой толще нового для Северного Кавказа золото-платиноидного с полиметаллами оруденения.

Литература

1. Багатаев Р. М. Золото-сульфидное оруденение черносланцевых толщ Горного Дагестана. // Разведка и охрана недр. – 2013. – № 6. – С. 3-8.

2. Богуш И. А. Благородные металлы углеродсодержащей формации Передового хребта Северного Кавказа. // V международная конференция «Новые идеи в науках о Земле». Тезисы докладов. – Т. 2. – М.: МГГА, 2001. – С. 190-191.

3. Богуш И. А., Рябов Г. В., Кафтанатий А. Б. Минералы платиновой группы в аллювии бассейна рек Уруп – Большая Лаба (Северный Кавказ). // Доклады Академии наук. – 2010. – Т. 435. №3. – С. 357-360.

4. Богуш И. А., Бурцев А. А., Черкашин В. И. Благородные металлы в черных сланцах Урупо-Лабинского района Северного Кавказа. // Материалы V научно-технической конференции «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа» (пос. Верхний Фиагдон, с. Барзыкау, Республика Северная Осетия – Алания, 22-25 октября 2015 г.). – Владикавказ. – 2015. – С. 34-39.

5. Богуш И. А., Черкашин В. И., Рябов Г. В., Абдуллаев М. Ш. Новый тип оруденения благородных металлов на Северном Кавказе. // Доклады Академии наук. – 2016. – Т. 466. №2. – С. 193-195.

6. Богуш И. А., Бурцев А. А., Рябов Г. В. Минералы благородных металлов и их источники на Северном Кавказе. // Наука юга России. – 2017. – Т. 13. №2. – С. 34-40.

7. Богуш И. А., Рябов Г. В., Черкашин В. И., Исаева Н. А. Геохимические особенности рудоносных черных сланцев Северного Кавказа. // Геология и геофизика Юга России. – 2019. – №3. – С. 6-17. DOI: 10.23671/VNC. 2019.3.36477.

8. Буряк В. А., Гончаров В. И., Горячев Н. А. Эволюционный ряд крупнообъемных золото-платиноидных месторождений в углеродистых толщах. // Доклады РАН. – 2002. – Т. 387. №4. – С. 512-515.

9. Буряк В. А, Гончаров В. И., Горячев Н. А., Цымбалюк Н. В., Абиссалов Э. Г. О соотношении кварцевожильной золотой и вкрапленной золото-сульфидной минерализаций с платиноидами в черносланцевых толщах. // Доклады РАН. – 2005. – Т. 400. №1. – С. 56-59.

10. Буряк В. А., Горячев Н. А., Сидоров В. А. и др. Основные литостратиграфические уровни юго-востока Яно-Колымского золотоносного пояса, благоприятные для локализации оруденения. // Проблемы геологии и металлогении Северо-Востока Азии на рубеже тысячелетий. Билибинские чтения. Том 2. Металлогения. – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2001. – С. 143-145.

11. Гончаров В. И. Ворошин С. В., Сидоров В. А. и др. Платиноносность золоторудных месторождений в черносланцевых толщах Северо-Востока России: проблемы и перспективы. // Платина России. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов в XXI веке. – М.: Геоинформмарк, 1995. – Т. 2. Кн. 2. – С. 156-161.

12. Гурбанов А. Г., Туаев О. П., Газеев В. М., Лексин А. Б., Гурбанова О. А., Лолаев А. Б. Полиметаллическое и золото-сульфидно-кварцевое с ЭПГ оруденение в тоар-ааленских углеродисто-терригенных флишоидных (черносланцевых) толщах Фиагдон-Терской металлогенической подзоны Самуро-Белореченской металлогенической зоны (Северный Кавказ). // Вестник Владикавказского научного центра РАН. – 2020а. – Т. 20. №3. С. 59-69.

13. Гурбанов А. Г., Докучаев А. Я., Лексин А. Б., Газеев В. М., Гурбанова О. А., Лолаев А. Б., Оганесян А. Х. О возможности обнаружения промышленного ранне-среднеюрского полиметаллически-золото-платиноидного оруденения черносланцевого типа в Северной Осетии (часть 1). // Геология и геофизика Юга России. – 2020б. – Т. 10. №4. – С. 6-29. DOI: 10.46698/VNC. 2020.37.45.001

14. Котельников Е. Е., Истомин В. А., Сидоренко К. Ю., Вильданов Д. И. Отчет «Китайская Народная Республика: геология и полезные ископаемые». – М.: ЦНИГРИ, 2019. – 102 с.

15. Лазаренков В. Г., Смыслов А. А., Тихомиров Л. И. Платинометальные провинции России. // Крупные и уникальные месторождения редких и благородных металлов. – СПб.: Санкт-Петербургский горный институт, 1998. – С. 210-230.

16. Мацапулин В. У., Юсупов А. Р., Черкашин В. И. Первые находки терригенного золота, платины в миоценовых отложениях Восточного Кавказа (Дагестан). // Доклады РАН. – 2009. – Т. 424. №6. – С. 792-795.

17. Мацапулин В. У., Юсупов А. Р., Черкашин В. И. Золотоносность среднемиоценовых (чокрак-караганских) песчаников северного склона Альпийского орогена Восточного Кавказа. // Материалы научно-практической конференции. Труды Института геологии ДНЦ РАН. – Махачкала. – 2011. – С. 37-44.

18. Парада С. Г. О платиноносности Северного Кавказа. // Проблемы геологии, планетологии, геоэкологии и рационального природопользования. Материалы VII международной научно-практической конференции (Новочеркасск, 1 декабря 2009 г.). – Новочеркасск: Центр оперативной полиграфии ЮРГТУ, 2009. – С. 10-13.

19. Парада С. Г. Предпосылки и признаки платиноносности гипербазитовых массивов Северного Кавказа. // Наука юга России. – 2017. – Т. 13. № 1. – С. 59-73.

20. Ханчук А. И., Плюснина И. П., Молчанов В. П. Первые данные о золото-платиноидном оруденении в углеродистых породах Ханкайского массива и прогноз крупного месторождения благородных металлов в Приморском крае. // Докл. РАН. – 2004. – Т. 397. № 4. – С. 524-529.

21. Черкашин В. И., Мацапулин В. У., Юсупов А. Р., Тулышева Е. В., Хлопкова М. В. Условия формирования и закономерности локализации повышенных концентраций драгоценных металлов в мезо-кайнозойских отложениях Восточного Кавказа и перспективы их промышленного освоения. // Проблемы минерагении России. / Под ред. Д. В. Рундквиста, Н. С. Бортникова, Ю. Г. Сафонова. – М.: Изд. ГЦ РАН, 2012. – 534 с.

22. Черницын В. Б. Изотопный состав серы полиметаллических месторождений Северного Кавказа. // Геология рудных месторождений. – 1971. – № 3. – С. 100-105.

23. Черницын В. Б. Металлогения Большого Кавказа. – М.: Недра, 1977. – 191 с.

24. Черницын В. Б., Андрущук В. Л., Рубцов Н. Ф. Металлогенические зоны Центрального и Северо-Западного Кавказа. – М.: Недра, 1971. – 208 с.

25. Coveney R. M., Chen N. Nickel-molibdenum-platinum-gold deposits in black shales of Southern China – new ore type with possible analogs in Pennsylvanian rocks of the USA. // US Geol. Survey. – 1989. – Circ. No. 1058. – pp. 9-11.

26. Fan Delian, Yang Ruiying, Huang Zhongziand. The Lower Cambrian bIack shale series and iridium anomaly in South China. // Contribution to the 27th International Geological Congress. – Moscow. – 1984. – pp. 215-224.

27. Hodge V. P., Stallard M., Koide M., Goldberg E. D. Platinum and palladium anomaly in the marine environment. // Earth Planetary Science Letters. – 1985. – Vol. 72. No. 2-3. – pp. 158-162.

28. Nikishin A. M., Ziegler P. A., Panov D. I., et al. Mesozoic and Cenozoic evolution Scythian Platform – Black Sea – Caucasus domain. // P. A. Ziegler, W. Cavazza and A. H. F. Robinson, S. Grasquin-Soleau (eds.). Pri-Tethys Memoir 6. Pri-Tethys Rift. / Wrench Basins and Passive Margins. Memoires du Museum natural d'Histoire naturelle. – Paris. – 2001. – Vol. 186. – pp. 296-346.

29. Sparrow G. J., Woodcock J. T. Some mineralogical and metallurgical factors in the recovery of platinum-group elements from ores. // Abstr. VIth Internation Platinum symposium. – Perth, W. Australia. – 1991. – pp. 48-49.

References

1. Bagataev R. M. Gold-sulfide mineralization of black shale strata of Gorny Dagestan. Exploration and protection of mineral resources, 2013. No. 6. pp. 3-8. (In Russ.)

2. Bogush I. A. Noble metals of the carbon-bearing formation of the Foremost Ridge of the North Caucasus. In: Proceedings of the V International Conference "New Ideas in Earth Sciences". Vol. 2. Moscow. MGGA, 2001. pp. 190-191. (In Russ.)

3. Bogush I.A., Ryabov G.V., Kaftanatii A.B. Platinum group minerals in the alluvium of the Urup – Bolshaya Laba river basin (North Caucasus). Reports of the Academy of Sciences, 2010. Vol. 435. No. 3. pp. 357-360. (In Russ.)

4. Bogush I.A., Burtsev A.A., Cherkashin V.I. Noble metals in black shales of the Urupo-Labinsk region of the North Caucasus. In: Proceedings of the V scientific and technical conference "Modern problems of geology, geophysics and geoecology of the North Caucasus" (RNO-A, October 22-25, 2015). Vladikavkaz, 2015. pp. 34-39. (In Russ.)

5. Bogush I.A., Cherkashin V.I., Ryabov G.V., AbdullaevM. Sh. A new type of mineralization of precious metals in the North Caucasus. Reports of the Academy of Sciences, 2016. Vol. 466. No. 2. pp. 193-195. (In Russ.)

6. Bogush I.A., Burtsev A.A., Ryabov G.V. Minerals of noble metals and their sources in the North Caucasus. Science of the South of Russia, 2017. Vol. 13. No. 2. pp. 34-40. (In Russ.)

7. Bogush I.A., Ryabov G.V., Cherkashin V.I., Isaeva N.A. Geochemical features of metalliferous black shale of North Caucasus. Geology and Geophysical of Russian South. 2019. Vol. 9. No. 3. pp. 6-17. DOI: 10.23671/VNC. 2019.3.36477 (In Russ.)

8. Buryak V.A., Goncharov V.I., Goryachev N.A. Evolutionary series of large-volume gold-platinoid deposits in carbonaceous strata. Reports of RAS, 2002. Vol. 387. No. 4. pp. 512-515. (In Russ.)

9. Buryak V. A, Goncharov V.I., Goryachev N.A., Tsymbalyuk N.V., Abissalov E.G. On the ratio of quartz-veined gold and disseminated gold-sulfide mineralization with platinoids in black shale strata. Reports of RAS, 2005. Vol. 400. No. 1. pp. 56-59. (In Russ.)

10. Buryak V.A., Goryachev N.A., Sidorov V.A. et al. The main lithostratigraphic levels of the southeast of the Yano-Kolyma gold-bearing belt, favorable for the localization of mineralization. Problems of geology and metallogeny of Northeast Asia at the turn of the millennium. Bilibino readings. Vol. 2. Metallogeny. Magadan, SVKNII FEB RAS, 2001. pp. 143-145. (In Russ.)

11. Goncharov V.I. Voroshin S.V., Sidorov V.A. et al. Platinum-bearing gold deposits in the black shale strata of the North-East of Russia: problems and prospects. Platinum of Russia. Problems of the development of the mineral resource base of platinum metals in the XXI century. Moscow. Geoinformmark, 1995. Vol. 2. Book. 2. pp. 156-161. (In Russ.)

12. Gurbanov A.G., Tuaev O.P., Gazeev V.M., Leksin A.B., Gurbanova O.A., Lolaev A.B. Polymetallic and gold-sulfide-quartz with PGE mineralization in the Toar-Aalenian carbonaceous-terrigenous flyschoid (black shale) strata of the Fiagdon-Tersk metallogenic subzone of the Samur-Belorechensk metallogenic zone (North Caucasus). Bulletin of the Vladikavkaz Scientific Center of the RAS, 2020a. Vol. 20. No. 3. pp. 67-70. (In Russ.)

13. Gurbanov A.G., Dokuchaev A.Ya., Lexin A.B., Gazeev V.M., Gurbanova O.A., Lolaev A.B., Oganesyan A.Kh. On the possibility of detecting of industrial Early-Middle Jurassic polymetallic-gold-platinoid mineralization of the black-shale type in North Ossetia (Part 1). Geology and Geophysical of Russian South. 2020b. Vol. 10. No. 4. pp. 6-29. DOI: 10.46698/VNC. 2020.37.45.001 (In Russ.)

14. Kotel'nikov E. E., Istomin V.A., Sidorenko K.Yu., Vil'danov D.I. Report "People's Republic of China: Geology and Minerals". Moscow. TSNIGRI, 2019. 102 p. (In Russ.)

15. Lazarenkov V.G., Smyslov A.A., Tikhomirov L.I. Platinum provinces of Russia. Large and unique deposits of rare and noble metals. Saint-Petersburg. Saint-Petersburg Mining Institute, 1998. pp. 210-230. (In Russ.)

16. Matsapulin V.U., Yusupov A.R., Cherkashin V.I. The first finds of terrigenous gold, platinum in the Miocene deposits of the Eastern Caucasus (Dagestan). Reports of RAS, 2009. Vol. 424. No. 6. pp. 792-795. (In Russ.)

17. Matsapulin V.U., Yusupov A.R., Cherkashin V.I. Gold content of the Middle Miocene (Chokrak-Karagan) sandstones of the northern slope of the Alpine orogen of the Eastern Caucasus. In: Proceedings of the Institute of Geology, DSC RAS. Makhachkala, 2011. pp. 37-44. (In Russ.)

18. Parada S. G. About the platinum content of the North Caucasus. Problems of geology, planetology, geoecology and rational nature management. In: Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference (Novocherkassk, December 1, 2009). Novocherkassk. Publ. YRSTU, 2009. pp. 10-13. (In Russ.)

19. Parada S. G. Preconditions and signs of platinum content of the hyperbasite massifs of the North Caucasus. Science of the Russian South, 2017. Vol. 13. No. 1. pp 59-73. (In Russ.)

20. Khanchuk A. I., Plyusnina I. P., Molchanov V. P. The first data on gold-platinoid mineralization in carbonaceous rocks of the Khanka massif and the forecast of a large deposit of precious metals in the Primorsky Territory. Reports of RAS, 2004. Vol. 397. No. 4. pp. 524-529. (In Russ.)

21. Cherkashin V. I., Matsapulin V. U., Yusupov A. R., Tulysheva E. V., Khlopkova M. V. Formation conditions and localization patterns of high concentrations of precious metals in the Meso-Cenozoic deposits of the Eastern Caucasus and the prospects for their industrial development. Problems of Minerageny in Russia. Moscow. Publ. GC RAS, 2012. 534 p. (In Russ.)

22. Chernitsyn V. B. Sulfur isotopic composition of polymetallic deposits in the North Caucasus. Geology of ore deposits, 1971. No. 3. pp. 100-105. (In Russ.)

23. Chernitsyn V. B. Metallogeny of the Greater Caucasus. Moscow. Nedra, 1977. 191 p. (In Russ.)

24. Chernitsyn V. B., Andrushchuk V. L., Rubtsov N. F. Metallogenic zones of the Central and Northwestern Caucasus. Moscow. Nedra, 1971. 208 p. (In Russ.)

25. Coveney R. M., Chen N. Nickel-molibdenum-platinum-gold deposits in black shales of Southern China – new ore type with possible analogs in Pennsylvanian rocks of the USA. US Geol. Survey, 1989. Circ. No. 1058. pp. 9-11.

26. Fan Delian, Yang Ruiying, Huang Zhongziand. The Lower Cambrian black shale series and iridium anomaly in South China. Contribution to the 27th International Geological Congress. Moscow. 1984. pp. 215-224.

27. Hodge V. P., Stallard M., Koide M., Goldberg E. D. Platinum and palladium anomaly in the marine environment. Earth Planetary Science Letters, 1985. Vol. 72. No. 2-3. – pp. 158-162.

28. Nikishin A. M., Ziegler P. A., Panov D. I., et al. Mesozoic and Cenozoic evolution Scythian Platform – Black Sea – Caucasus domain. Pri-Tethys Memoir 6. Pri-Tethys Rift. Wrench Basins and Passive Margins. Memoires du Museum natural d'Histoire naturelle. Paris. 2001. Vol. 186. pp. 296-346.

29. Sparrow G. J., Woodcock J. T. Some mineralogical and metallurgical factors in the recovery of platinum-group elements from ores. In: Abstr. VIth Internation Platinum symposium. Perth, W. Australia. 1991. pp. 48-49.