

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 552.323

DOI 10.46698/VNC.2023.94.26.001

Перспективы обнаружения благороднометалльного оруденения на территории Республики Южная Осетия

Анатолий Георгиевич Гурбанов

Институт геологии рудных месторождений петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН), кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, г. Москва; Владикавказский научный центр Российской академии наук, Комплексный научно-исследовательский отдел, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, Россия, Владикавказ, ag.gurbanov@yandex.ru

Анатолий Георгиевич Кусраев

Владикавказский научный центр Российской академии наук (ВНЦ РАН), научный руководитель, д. ф-м. н., профессор, Россия, Владикавказ, kusraev@smath.ru

Александр Яковлевич Докучаев

ИГЕМ РАН, ведущий научный сотрудник, заведующий Рудно-петрографическим сектором-музеем, кандидат геолого-минералогических наук, Москва, Россия, alexandre-dokuchayev@yandex.ru

Виктор Магалимович Газеев

ИГЕМ РАН, научный сотрудник, г. Москва; ВНЦ РАН, Комплексный научно-исследовательский отдел, старший научный сотрудник, кандидат геолого-минералогических наук, Россия, Владикавказ, gazeev@igem.ru

Алексей Борисович Лексин

ИГЕМ РАН, лаборатория «Геоинформатика», специалист, Россия, г. Москва, lexin@igem.ru

Ольга Александровна Гурбанова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, геологический факультет, ассистент кафедры минералогии и кристаллохимии, кандидат химических наук, Россия, г. Москва, gur_o@mail.ru

Аннотация. Во Введении к статье приведена краткая геологическая информация о распространенности золото-платиновой минерализации черносланцевого типа в ряде рудных провинций России и мира. Показано, что в 2009–2017 гг. сотрудниками ИГЕМ РАН и КНИО ВНЦ РАН были проведены полевые работы на территории Республики Южная Осетия (РЮО). Основной задачей исследований была оценка отдельных участков территории РЮО на выявление в них нетрадиционных типов полезных ископаемых, включая и благороднометалльные. Объектами исследования были: мраморный карьер Абуэти в долине р. Лопанис-Цхали (здесь ранее было обнаружено «шлиховое» самородное золото, а в районе Массис-Дзуарского серпентинитового штока в шлихах были найдены единичные знаки минералов платиновой группы); третичные андезитобазальтовые лавы в долине р. Малой Лиавы; мышьяковые рудопрооявления в районе сел. Ацерис-Хевы (долина р. Малая Лиавы); и вулканы Кельского вулканического нагорья с вмещающими их черносланцевыми углеродсодержащими толщами, содержащими кварцевые жилы и минерализованные зоны разломов. Из намеченных объектов были отобраны представительные пробы, для проведения в ЦКП ИГЕМ РАН «ИГЕМ-АНАЛИТИКА» аналитических исследований количественными методами (XRF и ICPMS). Изучение рудной минерализации проведено в Лаборатории локальных методов исследования вещества кафедры петрологии геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова на микрозондовом комплексе «JeoJSM-6480LV» с комбинированной системой рентгеноспектрального микроанализа. Выявленные повышенные содержания золота, часто ассоциирующего с адакитовым магматизмом, а также платины и элементов платиновой группы (ЭПГ), представляют несомненный практический интерес, а первоочередным и наиболее перспективным объектом для проведения поисковых работ на благородные металлы является, по нашему мнению, Кельский вулканический район (КВЦ). В его пределах наибольший интерес представляют жерловые фации многочисленных вулканов, в которых породы претерпели наибольшие гидротермально-метасоматические изменения (пропилитизацию, березитизацию, хлоритизацию, площадное окварцевание), обычно сопровождавшие процессы рудоотложения. Учитывая большое количество вулканических построек центрального типа в пределах КВЦ, не исключена возможность образования на глубине под вулканами в экзоконтактах лавоподводящих каналов и субвулканических тел с карбонатными породами (мергели, известняки) нового для региона скарнового типа редкометального с благородными металлами оруденения. Установлено, что во всех проанализированных пробах содержания Pd выше содержания Pt. Аналогичная картина опосредованно выявлена для полиметаллических месторождений Кадат, Какадур и для вмещающих их черносланцевых углеродсодержащих терригенных ранне-среднеюрских отложений в пределах Авсандур-Ламандорского рудного поля и для рудных тел месторождений Садонского рудного поля, что, скорее всего, является характерной особенностью для соотношения содержания Pd и Pt в вулканических и терригенных черносланцевых углеродсодержащих ранне-среднеюрского возраста на территории Республики Северная Осетия-Алания и Южная Осетия.

Ключевые слова: Республика Южная Осетия, повышенное содержание благородных металлов (золото, платина и элементы платиновой группы), Кельский вулканический район

Для цитирования: Гурбанов А.Г., Кусраев А.Г., Докучаев А.Я., Газеев В.М., Лексин А.Б., Гурбанова О.А. Перспективы обнаружения благороднометалльного оруденения на территории Республики Южная Осетия // Вестник Владикавказского научного центра. 2023. Т. 23. № 2. С. 54–70. DOI 10.46698/VNC.2023.94.26.001

Работа выполнена в рамках Базовой темы Лаборатории петрографии ИГЕМ РАН «Петрология и минерализация магматизма конвергентных и внутриплитных обстановок: история формирования крупных континентальных блоков», Регистрационный № ЕГИСУ НИОКТР 121041500222-4; и при финансовой поддержке НИОКТР КНИО ВНЦ РАН (регистрационный № АААА-А19-119040190054-8)

Prospects for discovering noble metal mineralization on the territory of the Republic of South Ossetia

Anatoly G. Gurbanov

Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry of the Russian Academy of Sciences (IGEM RAS), Leading Researcher, Russia, Moscow; Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Integrated Research Department, Leading Researcher, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Russia, Vladikavkaz, ag.gurbanov@yandex.ru

Anatoly G. Kusraev

Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Scientific Adviser, Dr., professor, Russia, Vladikavkaz, kusraev@smath.ru

Alexander Ya. Dokuchaev

IGEM RAS, Leading Researcher, Head of the Ore-Petrographic Sector-Museum, PhD, Russia, Moscow, alexandre-dokuchayev@yandex.ru.

Victor M. Gazeev

IGEM RAS, Researcher, Russia, Moscow; Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Integrated Research Department, Senior Researcher, PhD, Russia, Vladikavkaz, gazeev@igem.ru

Alexey B. Leksin

IGEM RAS, Lead Programmer, Russia, Moscow, lexin@igem.ru

Olga A. Gurbanova

Moscow State University M.V. Lomonosov, Faculty of Geology, Assistant of the Department of Mineralogy and Crystal Chemistry, PhD, Russia, Moscow, gur_o@mail.ru

Abstract. The Introduction to the article provides brief geological information on the occurrence of gold-platinum mineralization of the black shale type in a number of ore provinces in Russia and the world. It is shown that in 2009-2017 years employees of IGEM RAS and KNIO VSC RAS carried out field work on the territory of the Republic of South Ossetia (RSO). The main task of the research was to assess individual sections of the territory of the Republic of South Ossetia to identify non-traditional types of minerals in them, including noble metals. The objects of study were: Abueti marble quarry in the valley of the river. Lopanis-Tskhali, (earlier "schlich" native gold was discovered here, and in the area of the Massis-Dzuar serpentinite stock, single signs of minerals of the platinum group were found in the concentrates); tertiary basaltic andesite lavas in the valley of the river. Small Liahva; arsenic ore occurrences in the area of the villages. Aceris-Khevi (valley of the Malaya Liakhva river); and volcanic rocks of the Kelsky volcanic highlands with enclosing black shale carbonaceous strata containing quartz veins and mineralized fault zones. Representative samples were taken from the planned objects to conduct analytical studies using precision quantitative methods (XRF and ICP MS) at the Central Collective Use Center of the IGEM RAS "IGEM - ANALYTICS". The study of ore mineralization was carried out in the Laboratory of Local Methods for Studying Substances, Department of Petrology, Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University. M.V. Lomonosov on the microprobe complex "Jeol JSM-6480LV" with a combined system of X-ray spectral microanalysis. The revealed elevated contents of gold, often associated with adakite magmatism, as well as platinum and platinum group elements (PGE), are of undoubted practical interest, and the first and most promising object for prospecting for noble metals is, in our opinion, the Kelsky volcanic region (KVR). Within its limits, of greatest interest are the vent facies of numerous volcanoes, in which the rocks have undergone the greatest hydrothermal-metasomatic changes (propylitization, beresitization, chloritization, areal silicification), which usually accompanied ore deposition processes. Taking into account the large number of volcanic structures of the central type within the KVC, it is possible that lava-supplying channels and subvolcanic bodies with carbonate rocks (marls, limestones) of rare-metal mineralization with noble metals, new for the region, of the skarn type with noble metals, can be formed at a depth under volcanoes in exocontacts. It was found that in all the analyzed samples, the Pd content is higher than the Pt content. A similar picture was indirectly revealed for the Kadat and Kakadur polymetallic deposits and for the enclosing black shale carbonaceous terrigenous Early-Middle Jurassic deposits within the Avsandur-Lamandor ore field and for the ore bodies of the Sadon ore field deposits, which is most likely a characteristic feature for the ratio of Pd and Pt contents. in volcanic and terrigenous black shale carbonaceous rocks on the territory of the republics of North Ossetia-Alania and South Ossetia.

Keywords: Republic of South Ossetia, high content of noble metals (gold, platinum and elements of the platinum group, Kelsky volcanic region

For citation: Gurbanov A.G., Kusraev A.G., Dokuchaev A.Y., Gazeev V.M., Leksin A.B., Gurbanova O.A. Prospects for discovering noble metal mineralization on the territory of the Republic of South Ossetia // Bulletin of the Vladikavkaz Scientific Center. 2023. Vol. 23. No 2. P. 54–70. DOI 10.46698/VNC.2023.94.26.001

The work was carried out within the framework of the Basic topic of the Petrography Laboratory of IGEM RAS "Petrology and mineralogy of magmatism of convergent and intraplate environments: the history of the formation of large continental blocks" Registration No. EGISU R&D 121041500222-4; and with the financial support of R&D KNIO VNC RAS (registration No. AAAA19-119040190054-8) РАН (пеустрационный № AAAA-A19-119040190054-8)

ВВЕДЕНИЕ

Одной из главных особенностей мировой экономики последнего десятилетия является устойчивый рост спроса на «высокотехнологичное» минеральное сырье. Выявление «нетрадиционных» источ-

ников добычи редкоземельных элементов, золота, платиноидов и других стратегических полезных ископаемых предоставляет России возможность заложить основу для развития современной отечественной высокотехнологичной промышленности. Проблема обеспеченности промышленности высо-

котехнологичным стратегическим минеральным сырьем с каждым годом обостряется, что обусловлено истощением легко открываемых месторождений стратегических металлов, необходимостью прогноза и поисков новых объектов на слабоизученных и удаленных территориях, усилением внимания к новым нетрадиционным типам месторождений, вовлечением в эксплуатацию труднообогатимых руд и техногенного сырья с низким содержанием ценных компонентов (тонкой вкрапленностью, вплоть до эмульсионной, с близкими физико-химическими и технологическими свойствами минералов), перемещением геолого-разведочных работ в районы со слабо развитой инфраструктурой, сложными горно-геологическими и климатическими условиями [12].

Основными источниками высокотехнологичных стратегических металлов на территории России являются семь рудообразующих систем: 1) порфирово-эпитермальная, 2) орогенная, связанная с щелочным магматизмом и интрузивами гранитоидов, 3) магматическая ультрабазитовая, 4) колчеданно-вулканогенная, 5) осадочно-вулканогенная, 6) осадочных бассейнов, 7) россыпей и кор выветривания [54].

Длительное время основным источником золота служили россыпные месторождения, уже существенно отработанные. До 75 % разведанных запасов золота России находится в месторождениях Сибири и Дальнего Востока.

Коренные месторождения золота представлены в основном кварцево-жильным типом, как правило, с глубиной переходящим к штокверковому (месторождение Мурунтау в Западном Узбекистане, золото в минерализованных зонах смятия в КНР, Канаде и Австралии и другие) [71]. Важное значение имели открытия в США, а затем и в других странах проявления так называемого «дисперсного золота» [56], связанного с зонами развития низкотемпературной минерализации в слабо гидротермально измененных доломитах, листовниках и мергелистых сланцах (руды с рассеянными формами нахождения золота в кристаллической решетке минералов-носителей). В основном, такими минералами являются сульфиды: железа, железа и меди, свинца, висмута, а также сульфосоли, в том числе содержащие железо и медь. До сих пор нет единого мнения о формах нахождения дисперсного золота и о выборе методов определения его реальной концентрации в окислах и гидроокислах железа, минералах глин, слюдах, хлоритах, алунитах, кварце-халцедоне, ярозите, а также в углито-битумных включениях в сланцах [56]. Американские геологи используют собирательный термин «invisible gold» (невидимое золото), под которым понимается «золото в виде ионов и микронных частиц в сульфидах железа» [66]. В последнее время одной из фундаментальных проблем в области геологии золоторудных месторождений является выявление характера и причин их платино- и палладиевноносности.

В средние века платина добывалась из россыпей Центральной и Южной Америки. Разрабатывавшиеся

на Урале коренные платиновые месторождения, представленные ее гнездообразными скоплениями в гипербазитах, в XIX веке обеспечивали всю мировую потребность в этом металле. Позже значительные концентрации платины были выявлены в сульфидных рудах расслоенных интрузий и в палеовулканических структурах с гипербазитовыми ядрами. В послевоенные годы платина была установлена и в среднетемпературных медно-сульфидных месторождениях. Сегодня генетический диапазон платиноносных объектов значительно расширен. Основная часть ресурсов платины связана с магматическими ее источниками – гипербазитами. Но все большее значение начинают иметь гидротермальные источники, вплоть до телетермальных месторождений цветных и редких металлов.

При значительном многообразии нахождения минералов металлов платиновой группы (МПГ) в природе главным мировым источником их добычи являются собственно магматические месторождения. Свыше 99 % запасов зарубежных стран (ЮАР, Канада, США, Австралия, Китай, Финляндия) приходится на малосульфидные собственно платинометалльные, сульфидные платиноидно-медно-никелевые и платиноидно-хромитовые месторождения. Доля других источников составляет менее 0.3 %. Новым глобальным источником прироста ресурсов, запасов и добычи МПГ в XXI столетии становятся металлогенные высокоуглеродистые комплексы, развитые на всех континентах среди пород разного возраста. Платинометалльные месторождения этого типа известны в Южном Китае (месторождения Цзинь-баошань в уезде Миду южной провинции Юньнань). Они локализованы в глинистых, иногда «черных» сланцах нижнего кембрия [39; 67; 68].

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 [70], в техногенных россыпях и хвостохранилищах [72], в регенерированных месторождениях, проявленных в пределах различных геологических провинций.

Известно, что крупномасштабные концентрации Au объединяются по типоморфным (геолого-генетическим) чертам в три группы, сопряженные с: 1) «черными сланцами» (уникальные по запасам Au месторождения Сухой Лог, Наталка, Мурунтау и др.); 2) раннеколлизийным гранитоидным магматизмом (эталонные объекты – Мазерлонд, Кочкарское, Березовское, ряд объектов Аляски и др.); 3) зеленосланцевыми поясами архейских щитов (наиболее известные – Колар, Хоумстейк, Хемло и др.).

Геохимическая специфика золоторудных месторождений черносланцевых толщ на элементы платиновой группы (ЭПГ), определенная разными методами [15; 17; 22], требует установления минеральных форм платиноидов и минералов – типоморфных спутников платиноидов (к ним относятся минералы никеля).

Выявление платиновой минерализации в рудах месторождения Сухой Лог [40] показало возможность таких же находок и в рудах месторождений Востока России. Уровень концентрации Pt и Pd в рудах этих месторождений достигает вполне промышленных содержаний, что ставит вопрос об их специальном исследовании для возможного перевода в разряд комплексных золото-платиноидных месторождений. Это и обусловило проведение исследований, сконцентрированных на месторождениях в так называемых «черносланцевых толщах», содержащих до 2.5 % углеродистого вещества. К таковым, на юго-восточном фланге Яно-Колымского пояса, относятся месторождения Наталка и Дегдекан. Руды этих крупных месторождений локализованы среди обогащенных углеродом терригенных отложений пермского возраста и содержат промышленные концентрации Pt, Pd и примесь Ir и Ru [22; 23; 52]. Однако до сих пор минеральные формы этих элементов не были установлены, и проблема их выявления весьма актуальна до настоящего времени.

Среди новых нетрадиционных крупнообъемных источников благородных металлов выделяется золото-платиноидное оруденение [73; 74], главным образом в железистых кварцитах, слагающих в пределах всех континентов Земли крупные и гигантские месторождения, дающие 57 % мировой добычи железа и включающие около 5 % общего числа золоторудных объектов. Металлы платиновой группы (МПГ) являются важнейшим, но пока еще мало исследованным компонентом золотоносных железистых кварцитов.

В мегаблоке Курской магнитной аномалии (КМА) с железисто-кремнисто-сланцевой формацией нижнего карелия (в объеме курской серии) связан ряд уникальных золото-платиносодержащих супергигантских (Михайловское, Лебединское) и гигантских (Коробковское, Стойло-Лебединское) месторождений. Две трети разведанных запасов железистых руд России сосредоточено в этих месторождениях, которые отрабатываются тремя ГОКа, обеспечивая около 53 % добываемого в стране железорудного сырья [62; 65]. Рассмотрим благороднометалльный черносланцевый тип оруденения в ряде месторождений России и странах СНГ.

БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНОЕ ОРУДЕНЕНИЕ ЧЕРНОСЛАНЦЕВОГО ТИПА

В результате целенаправленных исследований учеными России были установлены резко повышенные содержания благородных металлов в следующих регионах:

1. Докембрийские черносланцевые и углеродосодержащие толщи Центральной зоны Северного Тянь-Шаня. Известно, что образование черносланцевой толщи связано с полифациальными условиями осадконакопления и присутствием биогенных компонентов в качестве источников органического вещества, F, S и редко SiO_2 . Высокие

концентрации последних привели к возникновению геохимических условий осаждения благородных, цветных, редких и других металлов [2; 36; 34; 35]. Обобщение данных о закономерностях размещения и условиях формирования оруденения в отдельных крупных рудоносных зонах, специализированных на благородные, редкие и другие металлы в докембрийских толщах Северного Тянь-Шаня, показало [35], что древние геокомплексы в пределах известных структурно-формационных зон Северного Тянь-Шаня расчленены на ряд формаций и по рудно-геохимической специализации. Докембрийские толщи, распространенные в Центральной зоне Северного Тянь-Шаня, содержат отдельные прослои и линзы графитизированных сланцев амфиболит-гнейсово-карбонатной подформации, характеризуются полиметаллически-редкометалльно-редкоземельно-золотой, золото-сульфидной и сульфидной минерализацией с повышенным содержанием золота.

2. На Урале крупномасштабные месторождения золота «черносланцевого» типа характеризуются следующими общими чертами [1; 13; 32; 38; 55]: а) они приурочены к кольцевым тектоническим структурам; б) они контролируются шовными зонами, часто имеющими дуплексный характер; в) рудно-магматические системы имеют длительное (десятилетия млн лет) дискретное развитие, с постепенным концентрированием от кларковых содержаний и незначительных аномалий к образованию промышленных рудных тел; г) месторождения локализованы в породах, метаморфизованных в условиях не выше зеленосланцевой фации.

Крупные месторождения на Урале формируются в двух геодинамических обстановках: в рифтогенной возникают концентрации на уровне промежуточных коллекторов, а в коллизионной происходит «дозревание» промежуточных коллекторов до месторождений.

Содержащее платиноиды золотое оруденение в «черных» сланцах распространено на Урале довольно широко и охарактеризовано в работах [31; 32; 37; 55 и др.]. Считается [1], что на Южном и Среднем Урале имеются предпосылки для открытия золото-платиновой провинции с крупными рудными узлами.

3. Северо-Восточная Азия. Здесь выделяют три региональные рудно-магматические системы: Северную (Олойско-Чукотскую), Яно-Колымскую и Верхоянскую. Отмечается тесная ассоциация ЭПГ-минерализации с золотоносными эпигенетическими метасоматитами [26; 21]. Сопоставление этих месторождений с объектами современной гидротермальной активности Восточно-Чукотского моря дало основание предположить, что источником ЭПГ в осадочных пермских отложениях Северо-Восточной Азии были сейсμοактивные троговые зоны на дне пермского моря [24]. Скорее всего обогащенность тектонических зон в разрезах пермских отложений Ni, Cr и Co свидетельствует о металлогенической роли таких сейсμοактивных зон и позво-

ляют считать их каналами, подводящими флюиды с ЭПГ, *Ni*, *Cr*, *Au* в придонные слои пермского моря, с формированием в осадках горизонтов, первично обогащенных благородными металлами. Установлена связь благородных металлов с *Ni* и показано принципиальное присутствие ЭПГ-минерализации в «черносланцевых» рудах золоторудных месторождений Яно-Колымского пояса, что расширило практическую значимость таких месторождений как комплексных золото-платиноидных. Отмечена тесная связь платиноидов в рудах с сульфидами [52; 24; 16] и выявлен новый тип золото-платиноидного оруденения, связанного с углеродистым метасоматозом [57], что свидетельствует о неслучайности повышенной платиноносности золотых руд месторождений, расположенных в черносланцевых толщах.

4. Черносланцевые толщи тимского и кшенского типов на железорудных месторождениях-гигантах (КМА). Важнейшим компонентом железистых кварцитов КМА и сформировавшихся по ним залежей богатых железных руд доверхневизейской коры выветривания, а также гигантских по объему промышленных продуктов горнорудных предприятий являются благородные металлы – крупнейший нетрадиционный источник селективной и попутной золото- и платинодобычи XXI века. Среди разнообразных по составу железных руд выделено [60; 62; 65] шесть генетических типов золото-платинометалльного оруденения: осадочно-метаморфогенный; метаморфогенно-метасоматический (стратиформный); гидротермально-метасоматический; гипергенно-метасоматический; осадочный (базальные горизонты, залегающие на богатых мармитовых рудах); и техногенный. Каждый тип характеризуется своими условиями локализации, морфологией и масштабами рудных залежей, типом минерализации, содержанием благородных металлов. Ниже приведена краткая характеристика типов руд КМА, ассоциирующих с углеродсодержащими «черными» сланцами.

Осадочно-метаморфогенный тип развит на обширных площадях среди железистых кварцитов на всех железорудных месторождениях с низкими содержаниями *Au* = 0.03 г/т; ЭПГ до 0.05 г/т. Этот тип минерализации представляет интерес для попутного извлечения *Au* и ЭПГ из продуктов переработки железистых кварцитов.

Стратифицированные высоуглеродистые комплексы и железистые кварциты раннего докембрия широко распространены и являются высокоперспективным источником золото- и платинодобычи. В докембрийском фундаменте центрального региона России (Курский и Воронежский железорудные районы) сосредоточено 60 железорудных объектов, в том числе и обрабатываемые супергигантские и гигантские по запасам месторождения железистых кварцитов и сопровождающих их углеродистых сланцев, в которых важнейшим компонентом являются благородные металлы [60]. Среди них выделен ряд формационно-генетических типов

золото-платинометалльного оруденения, ассоциирующих с железными рудами, черносланцевыми толщами и их метасоматитами [62; 64]. Установлен многокомпонентный полиминеральный состав оруденения (более 60 минералов), включая 30 минеральных фаз ЭПГ и *Au*, наличие повышенных содержаний благородных металлов (БМ) в рудообразующих сульфидах, сульфоарсенидах, теллуридах, антимонидах [65]. Доказана полигенная природа источников рудного вещества и предложена полихронная модель формирования руд. Во внутрирудных сланцах, интерес представляют высокоуглеродистые сланцы и метасоматиты оскольской вулканогенно-осадочной серии, перекрывающей курскую серию.

Характерными особенностями подобных золото-платиноносных структурно-формационных зон являются [16; 31; 38; 50; 53; 58; 60; 61; 63; 64]: а) полицикличность и многостадийность их развития с резким преобладанием терригенно-осадочных отложений на ранних стадиях (курская серия) и возрастающей ролью углеродистых вулканогенно-осадочных и вулканических образований (оскольская серия) на поздних стадиях их формирования; б) широкое развитие дифференцированных в разной мере вулканоплутонических ассоциаций с пикрит-толеит-базальтовыми и базальт-андезит-дацитовыми вулканитами (оскольская серия) и магматитами ультраосновного-основного, габбро-диорит-гранодиоритового и гранитоидного составов с отчетливой металлогенической специализацией на *Cu*, *Pb*, *Zn*, *Au*, *Ag*, ЭПГ, *P*, *B*, *P3Э*; в) высокая степень интенсивности проявления складчатости и взбросо-надвиговых перемещений, сложный структурный рисунок разломов различных порядков, с образованием зон объемного катаклаза, являющихся контролируемыми элементами рудообразующих систем; г) низкоградиентный тип метаморфизма в условиях эпидот-амфиболитовой и в большей мере зеленосланцевой фаций, способствующий перераспределению и накоплению рудного вещества и широкому развитию разнообразных по составу метасоматитов, сопровождающихся комплексным золото-платинометалльным оруденением тимского и кшенского типов;

Оруденение тимского типа, наиболее полно проявившееся в крупной (протяженностью 130 км при ширине 30–50 км) Тим-Ястребовской структуре КМА, характеризуется: локализацией в нижней сульфидизированной углеродистой терригенно-осадочной части разреза тимской свиты оскольской серии; многоуровневым (3–7 горизонтов, мощностью от первых метров до 25–30 м) размещением; высокими концентрациями (1.5–34.6 г/т) ЭПГ и *Au*; отчетливой корреляционной связью их с *C*, *S* и рядом петрогенных и малых (*Ni*, *Cu*, *Co*, *Cr*, *Zn*, *Ti*, *V*, *P* и др.) элементов; преимущественно **базальтоидным типом распределения ЭПГ ($Pd > Pt > Rh > Ru > Ir > Os$)**; высокой степенью концентрирования благородных металлов в наиболее тонкозернистой (<0.06 мм) сульфидно-углеродистой

фракции, в которой их концентрации многократно (в 15–16 раз) превышают содержания в исходных (рудовмещающих) породах.

Стратиформное метаморфогенно-метасоматическое оруденение приурочено к зонам контакта толщи углеродистых сланцев верхнестойленской подсвиты с перекрывающими безрудными и слабо рудными кварцитами нижней железорудной подсвиты коробковской свиты курской серии и к междурудным углеродсодержащим сланцам с син- и эпигенетической сульфидной минерализацией. Рудные залежи имеют пирит-пирротин-халькопирит-галенитовый состав и повышенные содержания $Au = 0.54–6.18$ г/т, $Pt = 0.12–0.30$ г/т и $Pd = 0.58–0.77$ г/т. С этим типом связан крупнообъемный по запасам тип благороднометалльного оруденения, приуроченный в Михайловском рудном районе к протяженной (более 70 км) и мощной (от 40 до 90 м) зоне контакта ритмично-слоистой толщи углеродсодержащих сланцев стойленской свиты с перекрывающими безрудными и слабо рудными кварцитами нижней железорудной толщи курской серии. В разной мере это проявляется в месторождениях Старооскольского рудного узла (Лебединское, Стойленское, Коробковское, Стойло-Лебединское), которые являются самостоятельными золото-платиноидными объектами для селективной отработки.

Техногенный (россыпной) тип включает благороднометалльное оруденение в различных продуктах переработки железных руд (общие хвосты, скважинные пробы из хвостохранилища, пробы всех стадий магнитной сепарации и флотации), накопленных действующими горнорудными предприятиями (ГРП) КМА (Михайловское, Лебединское, Стойленское, Стойло-Лебединское, Коробковское). Изучение золотоносности железистых кварцитов и богатых железных руд для КМА является одной из актуальнейших задач, так как действующие ГРП КМА перерабатывают более 50 % железных руд России и сбрасывают в отвалы большое количество золото- и платиносодержащих минералов. Повышенные концентрации благородных металлов установлены в двух крупнейших месторождениях КМА – Михайловском и Лебединском.

В совокупности все эти типы золото-платинометалльного оруденения являются вместе с тем первичным источником золота и платиноидов, поступающих в гигантские (свыше 1.3 млрд. т) хвостоотвалы ГОКов. Хвостоотвалы в процессе более чем 40-летней добычи железных руд КМА стали представлять собой новый, техногенный по своей природе, крупный самостоятельный объект золото-платиновой добычи. Набогатее обогащены БМ пески гидроциклонов (ЭПГ до 1.5 г/т, $Au = 25.0–43.54$ г/т) и немагнитная фракция ($Au = 15$ г/т, $Pt = 0.2$ г/т, $Pd = 0.4$ г/т). Общие ресурсы благородных металлов по Михайловскому месторождению составляют 1300 т.

5. На Северном Кавказе до 80-х годов прошлого века из благородных металлов было известно только золото. Мелкие аллювиальные россыпные

объекты золота в долинах рек Белая, Большая и Малая Лаба, Уруп, Зеленчук, Кубань, Малка отработывались артелями до середины 50-х годов прошлого века. Попутное золото извлекалось из пиритового и других концентратов Урупского медно-колчеданного месторождения, а также из медновисмутитового концентрата Тырныаузского вольфрам-молибденового комбината.

После исследований и положительной оценки перспектив платиноносности девонской толщи углеродсодержащих сланцев [41]; гипербазитов Северного Кавказа [48; 49]; среднемиоценовых (чокрак-караганских) мелко- и среднезернистых, слабо литифицированных кварцевых песчаников [59] и выявления аномально высоких содержаний благородных металлов в отходах Фиагдонской обогатительной фабрики [27; 28], перерабатывавшей руды полиметаллических месторождений Кадат и Какадур, и во вмещающих их ранне-среднеюрских флишеидных терригенных углеродсодержащих отложениях на территории Северной Осетии, круг БМ, известных на Северном Кавказе, расширился.

Доказана потенциальная рудоносность на БМ (Au , Pt , Pd) углеродсодержащих девонских черных сланцев (в рудной зоне Грушовой суммарное содержание трех БМ достигает 1 г/т) [5; 6; 7; 8; 10; 16; 25]. В черных сланцах р. Большая Лаба обнаружены рутениридосмин и самородная платина [9]. Ультрабазиты Беденского массива рассматриваются как источник БМ для вмещающих их углеродсодержащих девонских черных сланцев [9; 49].

Положительно оценена платиноносность Беденского и Малкинского гипербазитовых массивов в Бечасынской зоне и некоторых гипербазитовых тел в восточной части зоны Передового хребта [48; 49].

Беденский гипербазитовый массив площадью до 6.5 км² на севере граничит с метаморфизованными породами докембрия – нижнего палеозоя, на юге – тектонический контакт с вулканогенно-осадочной толщей девона и трансгрессивно перекрыт терригенными породами юры. Серпентинитовый массив сложен антигоритовыми, хризотилowymi и переходными разностями перидотитов, аподунитов и гарцбургитов, редко встречаются небольшие жилообразные и гнездообразные тела хромитов и жилы поперечно-волокнистого асбеста. В аллювии рек Большая Лаба и Уруп, пересекающих Беденский массив, установлены самородная платина, рутениридосмин и другие МПГ.

Впервые определены содержания Pt и Pd в коренных породах (средние содержания составляют 8.7 и 6.0 мг/т соответственно) и во вторичных ореолах рассеяния Беденского массива (проанализировано 318 проб). Среди апогарцбургитовых серпентинитов установлены ранее неизвестные малые тела потенциально платиноносных аподунитов. С такими телами в Бушвельдском массиве (Южная Африка) базит-гипербазитового состава связаны богатые платиновые руды. В трех пробах элюви-

ально-делювиальных отложений установлены суб-промышленные содержания Pt (от 0.11 до 0.27 г/т) и Pd (от 0.04 до 0.11 г/т).

Малкинский массив является самым крупным (около 50 км²) на Северном Кавказе и представлен бескорневым пластообразным телом мощностью около 0.5 км, сложенным серпентинизированными лерцолитами, гарцбургитами, железистыми гарцбургитами и дунитами, а также телами габброидов.

Оценка возможной платиноносности гипербазитов массива выполнена по потокам рассеяния Pt и Pd способом опробования донных осадков водотоков. Взято 62 пробы по ручьям, дренирующим аподунитовые трубки (средние содержания Pt = 8.7 мг/т; Pd = 3 мг/т), а также по ручьям, в которых дуниты не установлены (среднее содержание Pt = 7.0 мг/т; Pd = 1.15 мг/т). Петрологическая модель Малкинского массива сопоставима с таковой для Бушвельдского плутона Южной Африки, с которыми связаны месторождения платино-хромитового и платиноидно-титано-магнетитового типов [49].

Гипербазиты восточной части зоны Передового хребта (северный фланг Тырныаузского рудного поля) в 2010–2015 гг. опробовались ООО «Каббалгеология» при поисковых работах на золото. Дайки, силлы и штоки гипербазитов часто преобразованы гидротермальными процессами в листвениты и кварц-карбонатные метасоматиты. На Pt и Pd проанализированы 116 дубликатов борздовых проб, отобранных ранее на золото из серпентинизированных и гидротермально измененных гипербазитов [49]. Наиболее высокие (субпромышленные) содержания платины и палладия (в сумме более 0.1 г/т) получены в борздовых пробах из канавы № 18, вскрывшей дайку лиственитизированных с реликтами менее измененных серпентинизированных гипербазитов, платиноносной по всей мощности (до 7 м). Отношение Pt/Pd в пробах близко к единице, что соответствует платиноидно-медно-никелевым месторождениям норильско-талнахского и садберийского типов. При микроскопическом изучении установлены: самородная платина (гнезда светлосерого цвета с металлическим блеском, размером до 1.1 мм по длинной оси и 0.1–0.2 мм по короткой), пирит, хромит.

В Горном Дагестане (Восточный Кавказ) золото отмечалось попутно при геологосъемочных и поисковых работах в кварцевых, кварц-сульфидных жилах и колчеданных залежах, включая промышленное медно-пирротинное месторождение Кизил-Дере. При проведении Институтом геологии Дагестанского научного центра (ИГ ДНЦ) РАН шлихового опробования с изучением минералов тяжелой фракции осадочных литифицированных толщ и рыхлых отложений аллювиальных и морских фаций была установлена металлоносность среднемиоценовых (чокрак-караганских) мелко- и среднезернистых, слабо литифицированных кварцевых песчаников на платину и золото, а также металлоносность только на золото литифицированных мезо-кайнозойских коренных пород – песчаников, черных сланцев, доломитов, залежей сидеритовых

конкреций, зон ожелезнения [3; 43; 44; 59].

На Курушском рудном поле (восточная часть Самуро-Белореченской металогеической зоны – СБМЗ), поисковыми работами «Дагестаннедра» в 2009–2019 гг. была выявлена связь золота с черносланцевыми толщами и зонами жильного кварц-сульфидного (пирит, пирротин, халькопирит, сфалерит, галенит) оруденения.

По данным опробования, проведенного ИГ ДНЦ РАН, золотоносность среднемиоценовых песчаников прослеживается на 180 км от долины р. Сулак до р. Рубасчай при максимальной ширине выходов отложений до 10 км и при мощности непрерывной золотоносности до 20–25 м. Максимальные размеры золотин (проволочковидные, изометричные и слегка удлиненные слабо окатанные кластогенные зерна) до 0.13 мм с пробытошью 780–800 ‰. Большая часть золотин претерпела дальний перенос и многократное переотложение, а меньшая, не окатанная часть, имеет «рудный» облик и, возможно, связана с местными коренными проявлениями, хотя известно, что тонкозернистое золото не подвержено окатыванию. Среднее содержание золота варьирует от 0.3 до 4.4 г/т, платины – от 0.6 до 14.35 г/т, палладия – от 0.3 до 2.7 г/т [43; 44].

Платина образует изометричные пластинки, иногда удлиненной формы с максимальным размером до 0.2 мм при незначительной окатанности [59]. Основная часть терригенных золота и платины связана с древними россыпями, локализирующимися в среднемиоценовых отложениях [59]. Доказано, что наиболее перспективными объектами (из 14 участков) на поиски благородных металлов в Дагестане являются прибрежно-морские россыпи чокрак-караганского возраста, содержащие мелкое и тонкое золото и платину [59].

ОАО «Севкавгеология», ГУП РЦ «Дагестангеомониторинг» и ФГУП «ЦНИГРИ» проводили поисковые работы в пределах СБМЗ по выявлению крупнообъемного золотого оруденения в черносланцевых толщах на юго-востоке Дагестана, где выделяются рудные районы [3]: 1) Белокано-Аварский; 2) Ахтычай-Самурский.

В СБМЗ расположено колчеданное оруденение двух стратиграфических уровней – верхнеоарско-нижнеааленское и верхнеааленское (медное, иногда с кобальтом, и полиметаллическое), а также золотое оруденение черносланцевого углеродистого типа с золото-полиметаллическим составом руд. Наиболее перспективными на обнаружение крупнообъемного золотого оруденения являются Филизчай-Мачхалорский, Хнов-Борчинский и Куруш-Мазинский рудные узлы [3].

Руды Куруш-Мазинского рудного узла содержат золото, серебро и в основном сложены пиритом, сфалеритом, галенитом; реже встречаются халькопирит, арсенопирит, пирротин, вюрцит, марказит, гематит, лимонит и блеклая руда. Субмикроскопическое золото в основном содержится в пирите и не обнаруживается под микроскопом. При электронно-микроскопических исследованиях установлены

мелкие (5–8 мкм) частицы золота изометричной и плочной формы [3].

До 2019 г. считалось, что на Северном Кавказе потенциально рудоносными на ЭПГ являются только три вышеописанных источника БМ. Однако впервые выявленные повышенные концентрации благородных металлов (*Au*, *Pt* и *Ru*, *Pd*) в промышленных отходах Фиагонской обогатительной фабрики, перерабатывавшей руды Какадур-Ханикомского и Кадат-Хампаладагского полиметаллических месторождений, локализованных в полосе развития углеродсодержащей черносланцевой толщи ниже-среднеюрского возраста [27; 28], позволяют пересмотреть эту точку зрения. Аргументировано возможное наличие черносланцевого золото-платинового с ЭПГ типа оруденения не только в пределах Горной Осетии, но и во всей протяженной (от Дагестана на востоке и до Краснодарского края на западе) СБМЗ [27; 28]. Эти данные расширяют перспективы обнаружения тоар-ааленского черносланцевого золото-платинового с ЭПГ типа оруденения в Южном федеральном округе РФ (ЮФО РФ): здесь имеется еще один, кроме девонского, среднемиоценового и гипербазитового, нетрадиционный источник – благороднометалльный с полиметаллами черносланцевый тип оруденения ранне-среднеюрского возраста. Для определения границ территории его распространения необходимо проанализировать надежными количественными методами на *Pt*, *Pd*, *Ru*, *Rh*, *Ir* дубликаты проб со значимыми содержаниями *Au*, имеющиеся у геологических организаций, ранее или сейчас проводящих поисковые работы на золото в пределах СБМЗ.

Кроме того, в процессе наших первых пилотных полевых и аналитических исследований (1999–2000 гг.) на территории республики Южная Осетия породы лавовых потоков вулканов Эрмани и Фидархох (11 проб из андезитов, андезидацитов и дацитов), расположенных в пределах Кельского вулканического центра, были охарактеризованы геохимическими (РФА, ИННА и ICPMS) методами. В них были установлены вариации содержаний (в г/т) *Au* от 0.007 до 0.135, *Pd* от 0.009 до 0.15, *Pt* от 0.006 до 0.139, что резко превышает кларковые величины содержания этих элементов для средних и кислых по составу магматических пород. При этом важно подчеркнуть, что величины содержания *Pd* постоянно превышают таковые для *Pt*.

Отметим также, что А.Г. Жабин с соавторами [33] провели на территории Грузии в долинах рек Цхенис-Цкали и Зесхо исследования по оценке платиноносности пород ниже-среднеюрской черносланцевой углеродсодержащей толщи, вмещающей сурьмяно-мышьяковое (антимонит, реальгар, аурипигмент) месторождение Лухум, относимое к черносланцевой рудной формации и содержащее золото-арсенопиритовую и шеелитовую минерализацию. Исследовались горизонты, обогащенные диагенетическими пиритовыми конкрециями, и в них установлено крайне неравномерное концентрирование золота, платины

и ЭПГ. При микроскопических и микрозондовых исследованиях минералы золота, платины и ЭПГ не были обнаружены, что свидетельствует о их нахождении в виде ионов и микронных частиц в сульфидных жилах железа, меди, никеля.

Все эти данные послужили основанием для проведения на территории республики Южная Осетия целенаправленных исследований на БМ. В 2009–2017 гг. сотрудниками лаборатории петрографии ИГЕМ РАН и КНИО ВНЦ РАН проводились полевые работы на отдельных объектах в Республике Южная Осетия при финансовой поддержке Министерства науки и образования этой республики (министр А.Г. Кусраев) и регионального проекта РФФИ. Основной задачей проведенных исследований являлась оценка отдельных участков территории Южной Осетии на наличие нетрадиционных типов полезных ископаемых [4; 51]. При этом учитывалось, что часть известных на территории Южной Осетии рудопроявлений, точек минерализации и даже выявленных при шлиховом опробовании отдельных рудных минералов, не вписываются в выделенные здесь рудные формации. При этом следует отметить, что на территории Южной Осетии широко распространены разновозрастные (от раннепалеозойских до четвертичных) магматические породы, потенциальная рудоносность которых фактически не оценивалась. При решении этой проблемы была проработана литература по различным типам золоторудного оруденения, ассоциирующего с вулканическими и интрузивными породами разных регионов мира, по золото-сульфидным месторождениям в углеродисто-терригенных толщах [14; 18; 29; 45; 46; 47]. На первом этапе в качестве объектов исследования были выбраны: мраморный карьер Абуэти в долине р. Лопанис-Цхали, где ранее было обнаружено «шлиховое» самородное золото, а в районе Массис-Дзуарского серпентинитового штока в шлихах были найдены единичные зерен минералов платиновой группы; третичные андезибазальтовые лавы в долине р. Малой Лиахвы; мышьяковые рудопроявления в районе сел. Ацерис-Хеви (долина р. Малая Лиахва), представленные вкрапленностью реальгара и аурипигмента в серии кварцевых и арагонитовых жил, локализованных в черносланцевых углеродсодержащих терригенных толщах (аргиллитах с прослоями алевролитов); и вулканы Кельского вулканического центра с вмещающими их черносланцевыми углеродсодержащими толщами, содержащими кварцевые жилы и минерализованные зоны разломов.

Из-за отсутствия в геологических фондах РЮО геологических, металлогенических карт и карт шлихового опробования масштаба 1 : 50 000 на территорию РЮО была использована изданная в 1956 году геологическая карта масштаба 1 : 200 000.

МЕТОДИКА ОПРОБОВАНИЯ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА ПРОБ

В процессе полевых работ были отобраны представительные пробы весом до 0,5 кг каждая (для

петрохимических, геохимических и минералогических исследований) из всех намеченных объектов, представленных кварцевыми жилами, конкретными лавовыми потоками с вмещающими их черносланцевыми углеродсодержащими терригенными породами, диабазами и нефритоидами из серпентинитового штока (таблица № 1).

Для производства анализов отобранные из каждой пробы навески (до 100 г) дробились и истирались до размерности 100 меш. Затем из них отквартовывались навески (40 г), достаточные для всех намеченных видов исследований. Остаток от каждой пробы (дубликат) упаковывался в двойной полиэтиленовый герметически закрывающийся пакет для длительного хранения. Лабораторные исследования проб проводились в Лаборатории анализа минерального вещества ИГЕМ РАН и в ЦКП «ИГЕМ-АНАЛИТИКА». Исследования включали: рентгено-флуоресцентный анализ (РФА), который проводился на спектрометре последовательного действия PW-2400 производства компании Philips Analytical B.V. (Нидерланды); масс-спектрометрию с индуктивно связанной плазмой (ICPMS) на масс-спектрометре серии XICP-MS Thermo Spectroscopy с использованием стандартного раствора Perkin Elmer Pure Plus Atomic; StandardN9300234 (при определении содержания *Au*, *Ru*, *Pt*, *Pd*, *Rh* и *Ir*). Диагностику минералов на рентгеновском дифрактометре Ridaki D/MAX-2200, с обработкой дифрактограмм при помощи программы Jade 6 и базы данных PDF-2 (2004); изучение рудной минерализации проведено в Лаборатории локальных методов исследования вещества кафедры петрологии геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова на микронзондовом комплексе на базе растрового (сканирующего) электронного микроскопа «Jeol JSM-6480LV» с комбинированной системой рентгено-спектрального микроанализа. Обработка результатов анализов произведена при помощи лицензионного программного обеспечения («SEM Control User Interface» и «INCA»).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Первый объект (участок) – долина р. Лопанис-Цхали, в районе мраморного карьера Абуэти. Здесь известны (с 1929 года) находки «шлихового» самородного золота, сделанные А.А.Флоренским и его сотрудниками Е.К. Устиевым и Г.П. Барсановым. По предположению этих исследователей, золото здесь генетически связано с юрскими диабазовыми дайками, а в районе Массис-Дзуарского серпентинитового штока на территории РЮО в шлихах описаны находки единичных зерен минералов платиновой группы. Вероятным источником сноса платиновой минерализации могли служить обогащенные хромитом прожилки и гнездовые скопления в серпентинитах или графитизированные сланцы. В геологическом плане участок рас-

положен на восточном окончании Дзирульского массива, сложенного преимущественно палеозойскими гранитоидами, прорывающими толщу нижнекембрийских филлитов и серицит-хлорит-талковых сланцев, включающую тела мраморов, серпентинитов, листовенитов. Для выявления возможных повышенных содержаний элементов платиновой группы (ЭПГ) и золота были опробованы: нефритоид (проба №103-19/09, таблица № 1), образовавшийся в приконтактной зоне дайки долерита в серпентинитах на левом борту долины р. Лопанис-Цхали.

В районе мраморного карьера «Дедакалия» опробованы: дайка диабаз, графитизированный филлитовидный сланец (проба № 103-4/09, таблица № 1) и пересекающие его кварцевые жилы (пробы № 103-17 и 103-18/09, таблица № 1).

В пробе нефритоида (проба № 103-19/09) установлены резко повышенные содержания (в г/т): $Pd = 0.1$ и суммы ЭПГ = 0.173 с преобладанием содержания Pd над Pt примерно в два раза. Кроме того, выявлено повышенное содержание Au (таблица № 1).

В пробе № 103-4/09 из филлитовидного графитизированного сланца (участок «Дедакалия») установлены резко повышенные и субпромышленные содержания (в г/т): $Pd = 0.14$ и суммы ЭПГ = 0.158 с преобладанием содержания Pd над Pt примерно в 18 раз. Кроме того выявлено повышенное содержание Au (таблица № 1).

В пробах № 103-17 и 103-18/09 из кварцевых жил, пересекающих филлитовидные графитизированные сланцы (участок «Дедакалия») установлены резко повышенные содержания (в г/т): $Au = 0.15$ и 0.22 ; $Pd = 0.03$ и 0.06 и суммы ЭПГ = 0.041 и 0.093 с преобладанием содержания Pd над Pt в 6 и 3 раза соответственно.

Второй объект (участок) – андезибазальтовый лавовый поток третичного возраста в районе селения Днелиси на левом борту долины р. Малая Лиаква. В пробе № 102/09 андезибазальта установлены резко повышенные и субпромышленные содержания (в г/т): $Au = 0.1$; $Pd = 0.26$ и суммы ЭПГ = 0.341 с преобладанием содержания Pd над Pt в 3.5 раза.

Третий объект (участок) – кварцевый прожилок из отвалов штольни вблизи селения Ацерис-Хеви в правом борту долины р. Малая Лиаква, где известны мышьяковые рудопроявления, представленные вкрапленностью реальгара и аурипигмента в серии кварцевых и арагонитовых жил, локализованных в черносланцевых углеродсодержащих терригенных толщах (аргиллитах с прослоями алевролитов). В кварцевом прожилке из отвалов штольни около селения Ацерис-Хеви установлено резко повышенное содержание (в г/т) $Au = 0.287$ (таблица № 1).

Четвертый объект (участок) – Кельский вулканический центр неоплейстоцен-голоценового возраста (рис. 1). В пробе андезита (№ 105/09) из Эрмани-Ахубатского лавового потока

Таблица № 1

Результаты ICP-MS анализа на золото и элементы платиновой группы

№ п/п	№ обр.	Материал пробы	Au г/т	Металлы платиновой группы					Сумма
				Ru г/т	Rh г/т	Pd г/т	Ir г/т	Pt г/т	
1	102/09	Андезитабазальт (3) третич- ный у с. Днелиси на левом борту р. Мал. Лиахва	0,1	0.003	0.002	0.26	0.0007	0.075	0.341
2	101-7/09	Прожилки кварца в отвале штольни (4) у сел. «Ацерис-Хеви»;	0,287	НО	НО	НО	НО	НО	НО
3	103-4/09	Филлитовидный графити-зированный сланец (2) участок «Дедакалия»	0.03	0.008	0.002	0.14	0.0005	0.008	0.158
4	103-17/09	Кварцевые жилы (2) участок «Дедакалия»	0.15	0.003	0.002	0.03	0.0002	0.005	0.041
5	103-18/09	Кварцевые жилы (2) участок «Дедакалия»	0.22	0.005	0.002	0.06	0.0002	0.026	0.093
6	103-19/09	Нефритоид (1) участок «Абуэти»	0.09	0.025	0.003	0.1	0.0012	0.059	0.1728
7	105/09	Андезит. Эрмани-Ахубатский поток (5)	0.18	0.008	0.004	0.2	0.0007	0.025	0.240
8	109/09	Андезит. Эрмани-Ахубатский поток (5)	0,135	НО	НО	НО	НО	НО	НО
9	300-5/09	Дацит, влк. Фидархох (5)	0,018	НО	НО	НО	НО	НО	НО
10	300-7/09	Дацит, влк. Фидархох (5)	0,035	НО	НО	НО	НО	НО	НО
11	300-6/09	Дацит, влк. Фидархох (5)	0.05	0.006	0.002	0.15	0.0002	0.139	0.297
12	300-8/09	Дацит, влк. Фидархох (5)	0,014	НО	НО	НО	НО	НО	НО

Примечание: (1) – участок «Абуэти»; (2) – участок «Дедакалия»; (3) – третичные лавовые потоки у с. Днелиси на левом борту долины р. Малая Лиахва; (4) – «Ацерис-Хеви»; (5) – Кельский вулканический центр.

словлен тем, что в пределах КВЦ в ряде лавовых потоков установлены резко повышенные (вплоть до субпромышленных) содержания благородных металлов и поэтому наибольший интерес представляют вулканические кратеры и жерловые фации многочисленных вулканов (рис. 1 и 2), в которых породы претерпели наибольшие гидротермально-метасоматические изменения (пропилитизацию, березитизацию, хлоритизацию, площадное окварцевание и др.), которые обычно сопровождают процессы рудоотложения. Кроме того, необходимо опробовать вмещающие вулканы черносланцевые углеродсодержащие терригенные породы. На опережающем этапе поисковых работ, которые может выполнить ВНЦ РАН совместно с ИГЕМ РАН, должны быть отобраны и проанализированы методом ICPMS на благородные и другие металлы около 100 представительных проб из вулканитов (как неизмененных, так и из гидротермально-метасоматически измененных лав и субвулканических тел) и из вмещающих их черносланцевых и карбонатных пород. На опережающем этапе поисковых работ также необходимо опробовать скарнированные ксенолиты вмещающих карбонатных и черносланцевых пород в лавах различных по составу и возрасту вулканов и определить в них содержания благородных и редких металлов. Полученные данные помогут объективно судить о возможном наличии на глубине под конкретными вулканами скарнов с конкретным оруденением, что поможет целенаправленно провести поисковые работы в пределах КВЦ на конкретные металлы.

Важно отметить, что во всех проанализированных пробах наблюдается превышение величин содержаний Pd над Pt . Аналогичное соотношение величин концентраций с превышением Pd над Pt опосредованно установлено [27; 28] для руд полиметаллических месторождений Кадат, Какадур и вмещающих их черносланцевых флишиоидных углеродсодержащих терригенных ранне-среднеюрских отложений в пределах Афсандур-Ламардонского рудного поля (РСО-А), и также опосредованно – в рудных телах месторождений Садонского рудного поля, что, скорее всего, является характерной типоморфной особенностью для соотношения содержаний ЭПГ в ранне-среднеюрских вулканических и терригенных породах на территории Республик Северная Осетия-Алания и Южная Осетия. На данном уровне наших исследований пока нет объективных данных для суждения об источнике / источниках золота, платины и ЭПГ в терригенных черносланцевых породах Республики Южная Осетия (РЮО).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено, что вулканиты Кельского вулканического центра (КВЦ) характеризуются следующими петрохимическими и геохимическими особенностями: SiO_2 ($\geq 60\%$); $Al_2O_3 = 16,5\%$; $Sr = 460$ г/т; $La_n / Yb_n = 4,18$; $Y = 14,6$ г/т; $Yb = 1,0$ г/т; низкими содержаниями $HFSE$, Nb , Ta , Ti , P , $Nb/Ta = 6,56$. На петрогенетических диаграммах составы пород КВЦ группируются в полях вулканитов, образовавшихся в субдукционных условиях при плавлении слэба, и адакитов [19]. С адакитовым магматизмом в Чили, Австралии, на Филиппинах и в Юго-Восточной Азии связаны крупные по запасам месторождения золота [30], а на территории Республики Северная Осетия-Алания адакитовые вулканиты свиты Рухс-Дзуар ачкагыл-апшеронского возраста потенциально рудоносны на золото-серебряную с висмутом минерализацию [20]. Поэтому выявленные нами резко повышенные содержания золота, часто ассоциирующего с адакитовым магматизмом в Кельском вулканическом центре, а также платины и элементов платиновой группы (ЭПГ), представляют несомненный практический интерес и являются важным обоснованием для проектирования и последующего проведения поисковых работ на эти металлы в пределах Кельского вулканического центра (КВЦ).

2. Анализ геологических и полученных методом ICPMS геохимических данных о величинах содержаний золота, платины и элементов платиновой группы (ЭПГ) в 12 пробах из разновозрастных вулканических пород и серпентинитового массива, из осадочных углеродсодержащих пород ранне-среднеюрского возраста и секущих их кварцевых жил показал, что первоочередным и наиболее перспективным объектом для проведения поисково-оценочных работ на благородные металлы является, по нашему мнению, Кельский вулканический центр.

3. Геологически обосновано, что следует опробовать и проанализировать на благородные и редкие металлы вмещающие вулканы черносланцевые углеродсодержащие терригенные толщи и особенно карбонатные породы, ксенолиты которых в лавах и субвулканических телах скарнированы в разной степени с появлением новообразованных редких и новых минералов [69]. Следовательно, учитывая большое количество вулканических построек центрального типа в пределах КВЦ (рис. 1) не исключена возможность образования на глубине под вулканами (проверка возможна по данным бурения) в зонах экзоконтактов лавоподводящих каналов и субвулканических тел с карбонатными вмещающими породами (мергели, известняки) зон развития скарнов и обнаружения в них нового для региона скарнового типа редкометалльного с благородными металлами оруденения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ананьев Ю.С., Коробейников А.Ф. *Метасоматизм и благороднометалльное оруденение в черносланцевых толщах Западной Калбы*. – Томск: Томский ГУ, 2009. 206 с.
2. Асаналиев У.А., Кабаев О.Д., Турдукеев И.Д. *Стратиформные месторождения докембрия и закономерности их формирования* // Сб. научных трудов «Геодинамика, металлогения полезных ископаемых и геоэкология» МОН и К КР. Дпо ННТ. – Бишкек, 1999. С.100–121.
3. Багатаев Р.М. Золото-сульфидное оруденение черносланцевых толщ Горного Дагестана // *Разведка и охрана недр*. 2013. № 6. С. 3–8.
4. Богатилов О.А., Гурбанов А.Г., Газеев В.М., Докучаев В.М., Лексин А.Б. Перспективы обнаружения нетрадиционных типов рудных и нерудных полезных ископаемых: поисковые признаки и предпосылки. Международный научно-практический семинар «Республика Южная Осетия: перспективы инновационного развития», г. Цхинвал, 3-4 июля 2009. Мин. образов. и науки Республ. Южная Осетия. Заказной доклад // *Вестник Владикавказского научн. центра РАН и правительства РСО-А*, 2009. Т. 9. № 4. С.23–28.
5. Богуш И.А. Благородные металлы углеродсодержащей формации Передового хребта Северного Кавказа. В кн.: *V международная конференция «Новые идеи в науках о Земле»*. Тезисы докладов. – М.: МГГА, 2001. Т. 2. С.190–191.
6. 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.
7. Богуш И.А., Бурцев А.А., Черкашин В.И. Благородные металлы в черных сланцах Уруп-Лабинского района Северного Кавказа. В кн.: *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.
8. 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.
9. 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.
10. 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. № 9(3). С. 6–17.
11. Бондырев И.В., Заалишвили В.Б., Церетели Э.Д., Бондырев И.В. Казбекско-Кельский район Центрального Кавказа (состояние, проблемы, перспективы) // *Вестник ВНЦ РАН*, 2004. Том 4. № 3. С. 88–93.
12. Бортников Н.С., Волков А.В., Галямов А.Л., Викентьев И.В., Аристов В.В., Лаломов А.В., Мурашов К.Ю. Минеральные ресурсы высокотехнологичных металлов в России: состояние и перспективы развития // *Геология рудных месторождений*. 2016. Т. 58. № 2.С. 97–119.
13. Буряк В. А. *Метаморфогенное рудообразование*. – М.: Недра, 1981. 256 с.
14. Буряк В.А., Бакулин Ю.И. *Металлогения золота*. – Владивосток: Дальнаука, 1988. 402 с.
15. 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.
16. 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.
17. 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.
18. Войткевич Г.В., Кокин А.В., Мирошников А.Е., Прохоров В.Г. *Справочник по геохимии*. – М.: Недра, 1990. 472 с.
19. Газеев В.М., Гурбанов А.Г., Лексин А.Б., Докучаев А.Я., Гурбанова О.А. Кельский вулканический район (Республ. Южная Осетия): геохимические особенности пород и их геодинамическая интерпретация // *Геология и геофизика юга России*, 2017. № 2. С. 26–40.
20. Газеев В.М., Гурбанов А.Г., Гольцман Ю.В., Олейникова Т.И., Лексин А.Б., Докучаев А.Я. Вулканиды с характеристиками адакитов из верхнеплиоценовых разрезов Терско-Каспийского краевого прогиба // *Геология и геофизика юга России*, 2018. № 3. С. 17–31.
21. Гамянин Г.Н., Горячев Н.А., Округин В.М., Бортников Н.С., Аникина Е.Ю., Игнатьев А.В., Носик Л.П., Пономарчук В.Г., Веливецкая Т.Н. Геология изотопов серы месторождений золота и серебра Северо-Востока Азии // *Золото Сибири и Дальнего Востока: геология, геохимия, технология, экономика, экология*. Тез.докл. III Всероссийского совещания. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2004. С. 45–47.
22. 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.
23. Гончаров В.И., Ворошин С.В., Сидоров В.А. Наталкинское золоторудное месторождение. – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2002. 250 с.
24. Гончаров В.И., Гамянин Г.Н., Сидоров В.А., Алпатов В.В., Плюснина Л.Н., Горячев Н.А., Лихойдов Г.Г. Элементы платиновой группы в золоторудных месторождениях мезозойских черносланцевых толщ Северо-Востока России // *Золото Сибири и Дальнего Востока: геология, геохимия, экономика, экология*. – Улан-Удэ: изд-во Бурятского научного центра СО РАН, 2004. С. 53–55.
25. Гончаров В.И., Богуш И.А., Бурцев А.А., Васильков И.М. Поисковые критерии и перспективы благородных металлов девонских черносланцевых толщ на Северном Кавказе // *Вестник Владикавказского научного центра РАН*, 2007. Т. 7. № 3. С.19–24.
26. Горячев Н.А. Происхождение золото-кварцевых жильных поясов Северной Пацифики. – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2003. 143 с.
27. Гурбанов А.Г., Докучаев А.Я., Туаев О.П., 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*, 2020. № 4. С. 6–29.
28. Гурбанов А.Г., Докучаев А.Я., Газеев В.М., Гурбанова О.А. Аномально высокие содержания благородных металлов в отходах Фиагонской обогатительной фабрики: возможные новоды для Северного Кавказа золото-платиноидный с полиметаллами тип оруденения, локализованный в ранне-среднеюрских черных сланцах // *Геология и геофизика юга России*, 2021. № 2. С. 6–21.
29. Гурбанов А.Г., Богатилов О.А., Докучаев А.Я., Газеев В.М., Абрамов С.С., Грознова Е.О., Шевченко А.В. Проявление рудоносных гидротермально-метасоматических процессов в районе Эльбрусского вулканического центра (Северный Кавказ, Россия) // *Геология рудных месторождений*, 2008. Том 50. № 3. С. 225–245.
30. Гусев А.И. Петрология адакитовых гранитоидов. – Москва: ИД «Академия естествознания», 2014. 133 с.
31. Додин Д.А. Металлогения платиноидов крупных регионов России / Д.А. Додин, Н.М. Чернышов, О.И. Черединова. – М.: Геоинформмарк, 2001. 302 с.
32. Додин Д.А., Золотов К.К., Коротеев В.А. и др. Углеродистые формации – новый крупный источник платиновых метал-

лов XXI века. – М.: Геоинформмарк, 2007. 130 с.

33. Жабин А.Г., Самсонова Н.С., Косавец Ю.Г. Платиноиды и золото в диагенетических пиритовых конкрециях юрских сланцев на южном склоне Центрального Кавказа // Разведка и охрана недр. Геология и методика, 1992. № 2. С. 2–3.
34. Кабаев О.Д., Валяев В.П., Сатвинский В.А. Геологическое строение площади рудопроявления Кенсу-Карамако и предложения по проведению поисково-разведочных работ // 8-я Международ. конфер. Кыргызская горная ассоциация. Бишкек, 2003. С. 25–29.
35. Кабаев О.Д. Распределение и формирование благородных и редких металлов в докембрийских толщах Центральной зоны Северного Тянь-Шаня // Известия Вузов. №4, 2005. С. 13–15.
36. Калмурзаев К.С., Сартбаев М.К. и др. Металлоносные углеродистые отложения Кыргызстана. – Бишкек: Илим, 1992. 195 с.
37. Ковалев С.Г. Рифтогенный магматизм и благороднометалльное оруденение Западного склона Южного Урала // Проблемы геологии рудных м-ний, минералогии, петрографии и геохимии: мат-лы конф. – М.: ИГЕМ РАН, 2008. С. 85–87.
38. Константинов М.М., Некрасов В.А., Сидоров А.А. и др. Золоторудные гиганты России и мира. – М.: Научный мир, 2000. 272 с.
39. 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.
40. Лаверов Н.П., Дистлер В.В. и др. Платина и другие самородные металлы в рудах месторождения золота Сухой Лог // Доклады РАН, 1997. Т. 355. № 5. С. 664–668.
41. Лазаренков В.Г., Смыслов А.А., Тихомиров Л.И. Платинометалльные провинции России. В кн.: Крупные и уникальные месторождения редких и благородных металлов. – СПб: Санкт-Петербургский горный институт, 1998. С. 210–230.
42. Лебедев В.А., Вашикидзе Г.Т., Арутинян Е.В. Геохронология и особенности эволюции четвертичного вулканизма Кельского нагорья (Большой Кавказ) // Геохимия, 2011. № 11. С. 1189–1215.
43. 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.
44. 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.
45. Мельников В.Д. Золоторудные гидротермалитовые формации. – Владивосток: Изд. Дальневосточного научного центра РАН, 1984. 116 с.
46. Некрасов Е.М. Зарубежные эндогенные месторождения золота. – М.: Недра, 1988. 275 с.
47. Новожилов Ю.И., Гаврилов А.М. Золото-сульфидные месторождения в углеродисто-терригенных толщах. – Москва: Изд. ЦНИГРИ, 1999. 168 с.
48. Парада С.Г. О платиноносности Северного Кавказа. В кн.: 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.
49. Парада С.Г. Предпосылки и признаки платиноносности гипербазитовых массивов Северного Кавказа // Наука Юга России. 2017. Т.13. №1. С. 59–73.
50. Платина России. Новые нетрадиционные типы платиноносных месторождений. Результаты и направления работ по программе «Платина России» // Сб. науч. трудов. – М.: Геоинформмарк. Т. VI, 2005. 320 с.
51. Полезные ископаемые и минеральные воды Юго-Осетинской автономной области. Юго-Осетинский НИИ АН ГССР. – Цхинвали: Изд. «Ирыстон», 1984.
52. Плюснина Л.П., Ханчук А.И., Гончаров В.И., Сидоров В.А., Горячев Н.А. и др. Золото, платина и палладий в рудах Наталкинского месторождения (Верхне-Колымский регион) // Доклады РАН, 2003. Т. 391. №3. С. 383–387.
53. Рудашевский Н.С. Минералы платиновой группы из черных сланцев КМА / Н.С. Рудашевский, В.В. Кнауф, Н.М. Чернышов // Докл. РАН, 1995. Т. 334. № 1. С. 91–95.
54. Савчук Ю.С., Волков А.В. Геодинамические обстановки рудообразования крупных и суперкрупных орогенных месторождений золота // Проблемы тектоники континентов и океанов. Матер. 51 (LI) Тектонического совещания. – М.: ГЕОС, 2019. Т. 2. С. 211–215.
55. Сазонов В.Н., Коротеев В.А., Огородников В.Н., Поленов Ю.А., Великанов А.Я. Золото в «черных сланцах» Урала // Литосфера, 2011. № 4. С. 70–92.
56. Секисов А.Г., Зыков Н.В., Королев В.С. Дисперсное золото: геологический и технологический аспекты. – М.: Горная книга. 2012. 224 с.
57. 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.
58. Холин В.М. Геология, геодинамика и металлогения раннепротерозойских структур КМА: автореф. дис. канд. геол.-минер. наук. – Воронеж, 2001. 24 с.
59. Черкашин В.И., Мацапулин В.У., Юсупов А.Р. и др. Условия формирования и закономерности локализации повышенных концентраций драгоценных металлов в мезо-кайнозойских отложениях Восточного Кавказа и перспективы их промышленного освоения // Проблемы минерализации России / Под ред. Д.В. Рундквиста, Н.С. Бортникова, Ю.Г. Сафонова. – М.: Изд. ГЦ РАН, 2012. 534 с.
60. Чернышов Н.М. Формационно-генетическая типизация платинометалльного оруденения и перспективы наращивания минерально-сырьевого потенциала платиновых металлов России / Н.М. Чернышов // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер.: геология, 1996. Вып. 2. С. 75–85.
61. Чернышов Н.М. Металлогения Алексеевско-Воронежской рифтогенной зоны КМА / Н.М. Чернышов, В.М. Холин, Ю.Н. Стрик // Междунар. конфер. «Рифтогенез, магматизм, металлогения докембрия. Корреляция геологических комплексов Феноскандии». – Петрозаводск, 1999. С. 53–54.
62. Чернышов Н.М. Платиноносные формации Курско-Воронежского региона (Центральная Россия): монография / Н.М. Чернышов. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. университета, 2004. 448 с.
63. Чернышов Н.М. Золото-платиноносная рудовмещающая система стратиформного типа в докембрийских образованиях Михайловского рудного узла КМА / Н.М. Чернышов, Н.В. Попкова // Вестн. Воронежского гос. университета. Сер.: Геология, 2006. № 2. С. 159–166.
64. Чернышов Н.М. Благороднометаллоносные парагенезисы сульфидов и их аналогов в железорудных месторождениях КМА (Центральная Россия) // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Геология, 2007. Вып. 1. С. 101–114.
65. Чернышов Н.М. Минералогия золото-платинометалльного оруденения железорудных месторождений-гигантов (Центральная Россия) // Доклады научной сессии геологического факультета Воронежского государственного университета 4–29 апреля 2011 г.). Воронеж, 2011. Выпуск 1. С. 3–23.
66. Barker Shaun L.L., Hickey Kenneth A., Cline Jean S., Dipple Gregory M., Kilburn Matt R., Vaughan Jeremy R., and Longo Anthony A. Uncloaking Invisible Gold: Use of Nanosims to evaluate Gold, Trace Elements, and Sulfur Isotopes In Pyrite From Carlin-Type Gold Deposits // Bulletin of the Society of Economic Geologists, 2009. No 7. V. 104. P. 897–904.
67. 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. № 1058. P. 9–11.
68. Fan Delian, Yang Ruiying, Huang Zhongzhiand. The Lower

Cambrian black shale series and iridium anomaly in South China // Contribution to the 27th International Geological Congress. Moscow, 1984. P. 215–224.

69. Galuskin E. V., Gfeller F., Galuskina I. O., Armbruster T., Krz̄at̄ala A., Vapnik Y., Kusz J., Dulski M., Gardocki M., Gurbanov A.G. and Dzierzanowski P. New minerals with a modular structure derived from hatrurite from the pyrometamorphic rocks. Part III. Gazeevite, $BACA_6(SiO_4)_2(SO_4)_2O$, from Israel and the Palestine Autonomy, South Levant and from South Osetia, Greater Caucasus // Mineralogical Magazine, 2017, Vol. 81(3), P. 499–513.

70. 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. P. 158–162.

71. Kempe U., Seltmann R., Graupner T. et al. Concordant U-Pb

SHRIMP ages of U-rich zircon in granitoids from the Murantau gold district (Uzbekistan): timing of intrusion, alteration ages, or meaningless numbers // Ore Geology Reviews, 2015. No 65. P. 308–326.

72. Sparrow G.J., Woodcock J.T. Some mineralogical and metallurgical factors in the recovery of platinum-group elements from ores // Abstr. VI th International Platinum symposium. Perth, W. Australia, 1991. P.48–49.

73. Tarkian M., Koopman G. Platinum-group mineerals in the Santo Tomas II (Philex) porphyry copper-gold deposit, Luzon Island, Phillipines // Mineal. Deposita, 1995. Vol. 30. P. 39–47.

74. Werle J.L., Ikramuddin M., Mutshler F.E. Allaed stock, La Plata Mountains, Colorado – peralkaline rock-hosted porphyry copper-precious metal district // Canadian J. Earth. Sci., 1984. Vol. 21. № 6. P. 630–641.

REFERENCES

1. Anan'ev Yu.S., Korobejnikov A.F. Metasomatizm i blagorodnometalnoe orudenie v chernoslanцевых толщах Западной Кавказии. – Томск: Томский ГУ, 2009. 206 с.
2. Asanaliyev U.A., Kabaev O.D., Turdukeev I.D. Stratiformnye mestorozhdeniya dokembriya i zakonornosti ih formirovaniya // Sb. nauchnykh trudov «Geodinamika, metallogeniya poleznykh iskopaemykh i geoekologiya» MON i K KR. Dpo NNT. – Bishkek, 1999. s. 100–121.
3. Bagataev R.M. Zoloto-sulfidnoe orudenie chernoslanцевых tolsh Gornogo Dagestana // Razvedka i ohrana nedr, 2013. № 6. S. 3–8.
4. Bogatkov O.A., Gurbanov A.G., Gazeev V.M., Dokuchaev V.M., Leksin A.B. Perspektivy obnaruzheniya netraditsionnykh tipov rudnykh i nerudnykh poleznykh iskopaemykh: poiskovyie priznaki i predposylki. Mezhdunarodnyy nauchno-prakticheskij seminar «Respublika Yuzhnaya Osetiya: perspektivy innovacionnogo razvitiya» g. Chinval, 3-4 iyulya 2009. Min. obrazov. i nauki Respubl. Yuzhnaya Osetiya. Zakaznoj doklad // Vestnik Vladikavkazskogo nauchn. centra RAN i pravitelstva RSO-A, 2009. T. 9. № 4. S. 23–28.
5. Bogush I.A. Blagorodnye metally ugleorodsoderzhashej formacii Peredovogo hrebta Severnogo Kavkaza. V kn.: V mezhdunarodnaya konferenciya «Novye idei v naukah o Zemle». Tezisy dokladov. – M.: MGGA, 2001. T. 2. S. 190–191.
6. Bogush I.A., Ryabov G.V., Kaftanatiy A.B. Mineraly platinovoj grupy v allyuvii bassejna rek Urup – Bolshaya Laba (Severnij Kavkaz) // Doklady Akademii nauk, 2010. T. 435. № 3. S. 357–360.
7. Bogush I.A., Burcev A.A., Cherkashin V.I. Blagorodnye metally v chernykh slanceh Urupo-Labinskogo rajona Severnogo Kavkaza. V kn.: Materialy V nauchno-tehnicheskoy konferencii «Sovremennyye problemy geologii, geofiziki i geoekologii Severnogo Kavkaza» (pos. Verhnij Fiagdon, s. Barzykau, Respublika Severnaya Osetiya-Alaniya, 22–25 oktyabrya 2015 g.). – Vladikavkaz, 2015. S. 34–39.
8. Bogush I.A., Cherkashin V.I., Ryabov G.V., Abdullaev M.Sh. Novyj tip orudeneniya blagorodnykh metallov na Severnom Kavkaze // Doklady Akademii nauk, 2016. T. 466. № 2. S. 193–195.
9. Bogush I.A., Burcev A.A., Ryabov G.V. Mineraly blagorodnykh metallov i ih istochniki na Severnom Kavkaze // Nauka yuga Rossii, 2017. T. 13. № 2. S. 34–40.
10. Bogush I. A., Ryabov G. V., Cherkashin V. I., Isaeva N. A. Geohimicheskie osobennosti rudonosnykh chernykh slancev Severnogo Kavkaza // Geologiya i Geofizika Yuga Rossii, 2019. № 9(3). S. 6–17.
11. Bondyrev I.V., Zaalishvili V.B., Cereteli E.D., Bondyrev I.V. Kazbeksko-Kelskij rajon Centralnogo Kavkaza (sostoyanie, problemy, perspektivy) // Vestnik VNC RAN, 2004. Tom 4. № 3. S. 88–93.
12. Bortnikov N.S., Volkov A.V., Galyamov A.L., Vikentev I.V., Aristov V.V., Lalomov A.V., Murashov K.Yu. Mineralnye resursy vysokotekhnologichnykh metallov v Rossii: sostoyanie i perspektivy razvitiya // Geologiya rudnykh mestorozhdenij, 2016. T. 58. № 2. S. 97–119.
13. Buryak V.A. Metamorfogennoe rudoobrazovanie. M.: Nedra, 1981. 256 s.
14. Buryak V.A., Bakulin Yu.I. Metallogeniya zolota. – Vladivostok: Dalnaukniga, 1988. 402 s.
15. Buryak V.A., Goryachev N.A., Sidorov V.A. i dr. Osnovnye litostratigraficheskie urovni yugo-vostoka Yano-Kolym'skogo zolotonosnogo poyasa, blagopriyatnye dlya lokalizacii orudeneniya // Problemy geologii i metallogenii Severo-Vostoka Azii na rubezhe tisyacheletij. Bilbinskie chteniya. Tom 2. Metallogeniya. – Magadan: SVKNII DVO RAN, 2001. S. 143–145.
16. Buryak V.A., Goncharov V.I., Goryachev N.A. Evolyucionnyj ryad krupnoobemnykh zoloto-platinoidnykh mestorozhdenij v ugleorodistyx tolshah // Doklady RAN, 2002. T. 387. № 4. S. 512–515.
17. Buryak V.A., Goncharov V.I., Goryachev N.A., Cymbalyuk N.V., Abissalov E.G. O sootnoshenii kvarcevozvilnoy zolotoj i vkraplennoj zoloto-sulfidnoj mineralizacii s platinoidami v chernoslanцевых толщах // Doklady RAN, 2005. T. 400. № 1. S. 56–59.
18. Vojtkovich G.V., Kokin A.V., Miroshnikov A.E., Prohorov V.G. Spravochnik po geohimii. – M.: Nedra, 1990. 472 s.
19. Gazeev V.M., Gurbanov A.G., Leksin A.B., Dokuchaev A.Ya., Gurbanova O.A. Kelskij vulkanicheskij rajon (respubl. Yuzhnaya Osetiya): geohimicheskie osobennosti porod i ih geodinamicheskaya interpretaciya // Geologiya i geofizika yuga Rossii, 2017. № 2. S. 26–40.
20. Gazeev V.M., Gurbanov A.G., Golcman Yu.V., Olejnikova T.I., Leksin A.B., Dokuchaev A.Ya. Vulkanity c harakteristikami adakitov iz verhnepiocenovyx razrezov Tersko-Kaspijskogo kraevogo progiba // Geologiya i geofizika yuga Rossii, 2018. № 3. S. 17–31.
21. Gamyranin G.N., Goryachev N.A., Okrugin V.M., Bortnikov N.S., Anikina E.Yu., Ignatev A.V., Nosik L.P., Ponomarchuk V.G., Veliveckaya T.N. Geologiya izotopov sery mestorozhdenij zolota i serebra Severo-Vostoka Azii // Zoloto Sibiri i Dalnego Vostoka: geologiya, geohimiya, tekhnologiya, ekonomika, ekologiya. Tez. dokl. III

- Vserossijskogo soveshaniya. – Ulan-Ude: Izd-vo BNC SO RAN, 2004. S. 45–47.
22. Goncharov V.I., Voroshin S.V., Sidorov V.A. i dr. Platinonosnost zolotorudnyh mestorozhdenij v chernoslancevyh tolshah Severo-Vostoka Rossii: problemy i perspektivy // *Platina Rossii. Problemy razvitiya mineralno-syrevoj bazy platinovyh metallov v HHI veke.* – M.: Geoinformmark, 1995. T. 2. Kn. 2. S. 156–161.
23. Goncharov V.I., Voroshin S.V., Sidorov V.A. Natalkinskoe zolotorudnoe mestorozhdenii. – Magadan: SVKNII DVO RAN, 2002. 250 s.
24. Goncharov V.I., Gamyanin G.N., Sidorov V.A., Alpatov V.V., Plyusnina L.N., Goryachev N.A., Lihodov G.G. Elementy platinovoj grupy v zolotorudnyh mestorozhdeniyah mezozojskih chernoslancevyh tolsh Severo-Vostoka Rossii // *Zoloto Sibiri i Dalnego Vostoka: geologiya, geohimiya, ekonomika ekologiya.* – Ulan-Ude: izd-vo Buryatskogo nauchnogo centra SO RAN, 2004. S. 53–55.
25. Goncharov V.I., Bogush I.A., Burcev A.A., Vaskov I.M. Poiskovyie kriterii i perspektivy blagorodnyh metallov devonskih chernoslancevyh tolsh na Severnom Kavkaze // *Vestnik Vladikavkazskogo nauchnogo centra RAN*, 2007. T. 7. № 3. S. 19–24.
26. Goryachev N.A. Proisshozhdenie zoloto-kvarcevyh zhilnyh pojasov Severnoj Pacifiki. – Magadan: SVKNII DVO RAN, 2003. 143 s.
27. Gurbanov A.G., Dokuchaev A.Ya., Tuaeov O.P., Leksin A.B., Gazeev V.M., Gurbanova O.A., Lolaev A.B., Oganiesyan A.H. O vozmozhnosti obnaruzheniya promyshlennogo ranne-sredneyurskogo polimetallicheski-zoloto-platinoidnogo orudneniya chernoslancevogo tipa v Severnoj Osetii (chast 1) // *Geologiya i geofizika yuga Rossii*, 2020. № 4. S. 6–29.
28. Gurbanov A.G., Dokuchaev A.Ya., Gazeev V.M., Gurbanova O.A. Anomavno vysokie sodержaniya blagorodnyh metallov v othodah Fiagdonskoj obogatitelnoj fabriki: vozmozhnyj novyj dlya Severnogo Kavkaza zoloto-platinoidnyj s polimetallami tip orudneniya, lokalizovannyj v ranne-sredneyurskih chernyh slancah // *Geologiya i geofizika yuga Rossii*, 2021. № 2. S. 6–21.
29. Gurbanov A.G., Bogatkov O.A., Dokuchaev A.Ya., Gazeev V.M., Abramov C.C., Groznova E.O., Shevchenko A.V. Proyavlenie rudonosnyh gidrotermalno-metasomaticheskikh processov v rajone Elbrusskogo vulkanicheskogo centra (Severnij Kavkaz, Rossiya) // *Geologiya rudnyh mestorozhdenij*, 2008. Tom 50. № 3. S. 225–245.
30. Gusev A.I. Petrologiya adakitovyh granitoidov. – Moskva: ID «Akademiya estestvoznaniya», 2014. 133 s.
31. Dodin D.A. Metallogeniya platinoidov krupnyh regionov Rossii / D.A. Dodin, N.M. Chernyshov, O.I. Cherednikova. – M.: Geoinformmark, 2001. 302 s.
32. Dodin D.A., Zoloev K.K., Koroteev V.A. i dr. Uglerodistye formacii – novyj krupnyj istochnik platinovyh metallov XXI veka. – M.: Geoinformmark, 2007. 130 s.
33. Zhabin A.G., Samsonova N.S., Kosavec Yu.G. Platinoidy i zoloto v diageneticheskikh piritovyh konkretiyah yurskih slancev na yuzhnom sklone Centralnogo Kavkaza // *Razvedka i ohrana neдр. Geologiya i metodika*, 1992. № 2. S. 2–3.
34. Kabaev O.D., Valyaev V.P., Satvinskij V.A. Geologicheskoe stroenie ploshadi rudoproyavleniya Kentsu-Karamako i predlozheniya po provedeniyu poiskovo-razvedochnykh rabot // 8-ya Mezhdunarod. konfer. Kyrgyzskaya gornaya associaciya. Bishkek, 2003. S. 25–29.
35. Kabaev O.D. Raspredelenie i formirovanie blagorodnyh i redkih metallov v dokembrijskih tolshah Centranoy zony Severnogo Tyan-Shanya // *Izvestiya Vuzov*. № 4. 2005. S. 13–15.
36. Kalmurzaev K.S., Sartbaev M.K. i dr. Metallonosnye uglerodistye otlozheniya Kyrgyzstana. – Bishkek: Ilim, 1992. 195 s.
37. Kovalev S.G. Riftogennyj magmatizm i blagorodnometalnoe orudnenie Zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala // *Problemy geologii rudnyh m-nij, mineralogii, petrografii i geohimii: mat-ly konf.* – M.: IGEM RAN, 2008. S. 85–87.
38. Konstantinov M.M., Nekrasov V.A., Sidorov A.A. i dr. Zolotorudnye giganty Rossii i mira. – M.: Nauchnyj mir, 2000. 272 s.
39. Kotelnikov E.E., Istomin V.A., Sidorenko K.Yu., Vildanov D.I. Otchet «Kitajskaya Narodnaya Respublika: geologiya i poleznye iskopaemye». – M.: CNIGRI, 2019. 102 s.
40. Laverov N.P., Distler V.V., i dr. Platina i drugie samorodnye metally v rudah mestorozhdeniya zolota Suhoj Log // *Doklady RAN*, 1997. T. 355. № 5. S. 664–668.
41. Lazarenkov V.G., Smyslov A.A., Tihomirov L.I. Platinometalnye provincii Rossii. V kn.: *Krupnye i unikalnye mestorozhdeniya redkih i blagorodnyh metallov.* – SPb: Sankt-Peterburgskij gornyj institut, 1998. S. 210–230.
42. Lebedev V.A., Vashakidze G.T., Arutinyan E.V. Geohronologiya i osobennosti evolyucii chetvertichnogo vulkanizma Kelskogo nagorya (Bolshoj Kavkaz) // *Geohimiya*, 2011. № 11. S. 1189–1215.
43. Macapulín V.U., Yusupov A.R., Cherkashin V.I. Pervye nahodki terrigennogo zolota, platiny v miocenovyh otlozheniyah Vostochnogo Kavkaza (Dagestan) // *Doklady RAN*, 2009. T. 424. № 6. S. 792–795.
44. Macapulín V.U., Yusupov A.R., Cherkashin V.I. Zolotonosnost srednemiocenovyh (chokrak-karaganskih) peschanikov severnogo sklona Alpijskogo orogena Vostochnogo Kavkaza // *Materialy nauchno-prakticheskoy konferencii / Trudy Instituta geologii DNC RAN.* – Mahachkala, 2011. S. 37–44.
45. Melnikov V.D. Zolotorudnye gidrotermalitovye formacii // *Vladivostok: Izd. Dalnevostochnogo nauchnogo centra RAN*, 1984. 116 s.
46. Nekrasov E.M. Zarubezhnye endogennye mestorozhdeniya zolota. – M.: Nedra, 1988. 275 s.
47. Novozhilov Yu.I., Gavrilov A.M. Zoloto-sulfidnye mestorozhdeniya v uglerodisto-terrigenykh tolshah. – Moskva: Izd. CNIGRI, 1999. 168 s.
48. Parada S.G. O platinonosnosti Severnogo Kavkaza. V kn.: *Problemy geologii, planetologii, geoekologii i racionalnogo prirodopolzovaniya: materialy VII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (Novocherkassk, 1 dekabrya 2009 g.).* – Novocherkassk: Centr operativnoj poligrafii YuRGU, 2009. S. 10–13.
49. Parada S.G. Predposylki i priznaki platinonosnosti giperbazitovyh massivov Severnogo Kavkaza // *Nauka Yuga Rossii*, 2017. T. 13. № 1. S. 59–73.
50. Platina Rossii. Novye netradsionnye tipy platinosoderzhashih mestorozhdenij. Rezultaty i napravleniya rabot po programme «Platina Rossii» // *Sb. nauch. trudov.* – M.: Geoinformmark. T. VI. 2005. 320 s.
51. Poleznye iskopaemye i mineralnye vody Yugo-Osetinskoj avtonomnoj oblasti. Yugo-Osetinskij NII AN GSSR. – Chinvali: Izd. «Iryston», 1984.
52. Plyusnina L.P., Hanchuk A.I., Goncharov V.I., Sidorov V.A., Goryachev N.A. i dr. Zoloto, platina i palladij v rudah Natalkinskogo mestorozhdeniya (Verhne-Kolymskij region) // *Doklady RAN*, 2003. T. 391. № 3. S. 383–387.

53. Rudashevskij N.S. Mineraly platinovoy gruppy iz chernyh slancev KMA / N.S. Rudashevskij, V.V. Knauf, N.M. Chernyshov // Dokl. RAN, 1995. T. 334. № 1. S. 91–95.
54. Savchuk Yu.S., Volkov A.V. Geodinamicheskie obstanovki rudoobrazovaniya krupnyh i superkrupnyh orogennykh mestorozhdenij zolota // Problemy tektoniki kontinentov i okeanov. Mater. 51 (LI) Tektonicheskogo soveshaniya. – M.: GEOS, 2019. T. 2. S. 211–215.
55. Sazonov V.N., Koroteev V.A., Ogorodnikov V.N., Polenov Yu.A., Velikanov A.Ya. Zoloto v «chernyh slancah» Urala // Litosfera, 2011. № 4. S. 70–92.
56. Sekisov A.G., Zykov N.V., Korolev V.S. Dispersnoe zoloto: geologicheskij i tehnologicheskij aspekty. – M.: Gornaya kniga, 2012. 224 s.
57. Hanchuk A.I., Plyusnina I.P., Molchanov V.P. Pervye dannye o zoloto-platinoidnom orudnenii v uglerodistykh porodah Hankajskogo massiva i prognoz krupnogo mestorozhdeniya blagorodnykh metallov v Primorskom krae // Dokl. RAN, 2004. T. 397. № 4. S. 524–529.
58. Holin V.M. Geologiya, geodinamika i metallogeniya ranneproterozojskikh struktur KMA: avtoref. dis. kand. geol.-miner. nauk. Voronezh, 2001. 24 s.
59. Cherkashin V.I., Macapulin V.U., Yusupov A.R. i dr. Usloviya formirovaniya i zakonornosti lokalizacii povyshennykh koncentracij dragocennykh metallov v mezo-kajnozojskikh otlozheniyah Vostochnogo Kavkaza i perspektivy ih promyshlennogo osvoeniya // Problemy mineragenii Rossii / Pod red. D.V. Rundkvista, N.S. Bortnikova, Yu.G. Safonova. – M.: Izd. GC RAN, 2012. 534 s.
60. Chernyshov N.M. Formacionno-geneticheskaya tipizaciya platinometalnogo orudneniya i perspektivy narashivaniya mineralno-syrevogo potentsiala platinovykh metallov Rossii / N.M. Chernyshov // Vestn. Voronezh. un-ta. Ser.: geologiya, 1996., Vyp. 2. S. 75–85.
61. Chernyshov N.M. Metallogeniya Alekseevsko-Voroneckoj riftogennoj zony KMA / N.M. Chernyshov, V.M. Holin, Yu.N. Strik // Mezhdunar. konfer. «Riftogenez, magmatizm, metallogeniya dokembriya. Korrelyaciya geologicheskikh kompleksov Fenoskandii». – Petrozavodsk, 1999. S. 53–54.
62. Chernyshov N.M. Platinonosnye formacii Kursko-Voronezhskogo regiona (Centralnaya Rossiya): monografiya / N.M. Chernyshov. – Voronezh: Izd-vo Voronezh. gos. universiteta, 2004. 448 s.
63. Chernyshov N.M. Zoloto-platinonosnaya rudovmeshayushaya sistema stratiformnogo tipa v dokembrijskikh obrazovaniyakh Mihajlovskogo rudnogo uzla KMA / N. M. Chernyshov, N. V. Popkova // Vestn. Voronezhskogo gos. universiteta. Ser.: Geologiya, 2006. № 2. S. 159–166.
64. Chernyshov N.M. Blagorodnometalnosoderzhashie paragenezisy sulfidov i ih analogov v zhelezorudnykh mestorozhdeniyakh KMA (Centralnaya Rossiya) // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Geologiya, 2007. Vyp. 1. S. 101–114.
65. Chernyshov N.M. Mineralogiya zoloto-platinometalnogo orudneniya zhelezorudnykh mestorozhdenij-gigantov (Centralnaya Rossiya) // Doklady nauchnoj sessii geologicheskogo fakulteta Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta 4-29 aprelya 2011 g.). Voronezh, 2011., Vypusk 1. S. 3–23.
66. Barker Shaun L.L., Hickey Kenneth A., Cline Jean S., Dipple Gregory M., Kilburn Matt R., Vaughan Jeremy R., and Longo Anthony A. Uncloaking Invisible Gold: Use of Nanosims to evaluate Gold, Trace Elements, And Sulfur Isotopes In Pyrite From Carlin-Type Gold Deposits // Bulletin of the Society of Economic Geologists, 2009. No 7. V. 104. P. 897–904.
67. 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. №. 1058. P. 9–11.
68. 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. P. 215–224.
69. Galuskin E. V., Gfeller F., Galuskina I. O., Armbruster T., Krzȳtala A., Vapnik Y., Kusz J., Dulski M., Gardocki M., Gurbanov A. G. and Dzierzanowski P. New minerals with a modular structure derived from hatrurite from the pyrometamorphic rocks. Part III. Gazeevite, BACA6(SiO4)2(SO4)2O, from Israel and the Palestine Autonomy, South Levant and from South Osetia, Greater Caucasus // Mineralogical Magazine, 2017, Vol. 81(3), P. 499–513.
70. 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. P. 158–162.
71. Kempe U., Seltmann R., Graupner T. et al.. Concordant U-Pb SHRIMP ages of U-rich zircon in granitoids from the Muruntau gold district (Uzbekistan): timing of intrusion, alteration ages, or meaningless numbers // Ore Geology Reviews, 2015. No 65. P. 308–326.
72. Sparrow G.J., Woodcock J.T. Some mineralogical and metallurgical factors in the recovery of platinum-group elements from ores // Abstr. VI th Internation Platinum symposium. Perth, W. Australia, 1991. P.48–49.
73. Tarkian M., Koopman G. Platinum-group minezals in the Santo Tomas II (Philex) porphyry coppez-gold deposit, Luzon Island, Phillipines // Minezal. Deposita, 1995. Vol. 30. P. 39–47.
74. Werle J.L., Ikramuddin M., Mutshler F.E. Allaed stock, La Plata Mountains, Colorado - peralkaline rock-hosted porphyry copper-precious metal district // Canadian J. Earth. Sci., 1984. Vol. 21. № 6. P. 630–641.

