

УДК 553:491:550.85:550.4:549.271.3(470.6)

DOI: [10.46698/VNC.2023.14.73.008](https://doi.org/10.46698/VNC.2023.14.73.008)

Оригинальная статья

Платина и платиноиды в палеозойских черносланцевых толщах Передового хребта (Северный Кавказ)

С.Г. Парада 

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

Статья поступила: 31.01.2023, доработана: 02.03.2023, одобрена в печать: 06.03.2023

Резюме: Актуальность работы. Определяется необходимостью обобщения полученных ранее данных о содержаниях и минеральных формах платины и платиноидов в средне-верхнедевонских черносланцевых толщах структурно-формационной зоны Передового хребта. **Цель работы.** Собрать, обобщить и проанализировать фондовые и опубликованные данные о наличии минеральных форм и содержаниях платины и платиноидов в средне-верхнедевонских черносланцевых толщах зоны Передового хребта и в пределах площадей их развития. **Методы работы.** Анализ результатов ранее проведенных работ и опубликованных данных, полевая документация, отбор проб, изучение шлифов и аншлифов, определение в пробах содержаний Pt и Pd пробирным методом с ИСП-АЭС окончанием. **Результаты работы.** Установлены минеральные формы платины и платиноидов в аллювии дренирующих черносланцевые толщи рек. Выявленные в начале прошлого столетия содержания самородной платины в аллювии реки Власинчихи могут соответствовать по современным кондициям россыпному месторождению. Анализ результатов ранее проведенных определений содержаний Pt и Pd в черносланцевых породах андрюкской свиты, достигающих десятых долей г/т, вызывает сомнение в их достоверности, так как в публикациях не указаны способы отбора и подготовки проб к анализу, не указана также модификация примененного метода атомно-абсорбционной спектроскопии. Полученные нами в специализированной лаборатории результаты определения Pt и Pd в черносланцевых породах артыкчакской свиты составляют сотые доли г/т, подтверждены многофакторным контролем, и расцениваются как повышенные (надкларковые) содержания. В единичных случаях сумма Pt и Pd достигала 0,1 г/т, что является субпромышленным содержанием. Минераграфические исследования позволили установить наличие выделений самородной платины непосредственно в черносланцевой породе. Приуроченность таких выделений к перемещенным формам углеродистого вещества и к новообразованиям хромовой слюдки (фукситу) гидротермального генезиса заставляют предположить эпигенетическое происхождение выявленных минеральных форм платины за счет метаморфогенного перераспределения рудообразующих элементов ультраосновного петрофонда.

Ключевые слова: платина, палладий, черные сланцы, минераграфия, Передовой хребет, Северный Кавказ.

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

Для цитирования: Парада С.Г. Платина и платиноиды в палеозойских черносланцевых толщах Передового хребта (Северный Кавказ). *Геология и геофизика Юга России*. 2023. 13(1): 112-124. DOI: 10.46698/VNC.2023.14.73.008.

DOI: [10.46698/VNC.2023.14.73.008](https://doi.org/10.46698/VNC.2023.14.73.008)

Original paper

Platinum and platinoids in Paleozoic Black shale strata Front ridge (North Caucasus)

S.G. Parada 

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

Received: 31.01.2023, revised: 02.03.2022, accepted: 06.06.2023

Abstract: Relevance. It is determined by the need to generalize the previously obtained data on the contents and mineral forms of platinum and platinoids in the Middle-Upper Devonian black shale strata of the structural-formation zone of the Front Ridge. **Aim.** To collect, summarize and analyze stock and published data on the presence of mineral forms and the contents of platinum and platinoids in the Middle-Upper Devonian black shale strata of the zone of the Front Ridge and within the areas of their development. **Methods.** Analysis of the results of previously carried out works and published data, field documentation, sampling, study of cuts and anshlifs, determination of Pt and Pd contents in samples by assay method with ICP-NPP completion. **Results.** Mineral forms of platinum and platinoids have been established in the alluvium of draining black shale strata of rivers. The contents of native platinum detected at the beginning of the last century in the alluvium of the Vlasinchikha River may correspond to the placer deposit in modern conditions. Analysis of the results of earlier determinations of Pt and Pd contents in the black shale rocks of the Andriuk formation, reaching tenths of a g/t, raise doubts about their reliability, since the publications do not specify methods of sampling and preparation of samples for analysis, nor does the modification of the applied method of atomic absorption spectroscopy. The results obtained by us in a specialized laboratory for the determination of Pt and Pd in the black shale rocks of the Artykchak formation are hundredths of a g/t, confirmed by multifactorial control, and are regarded as elevated (overclark) contents. In isolated cases, the sum of Pt and Pd reached 0.1 g/t, which is a sub-industrial content. Mineralogical studies have made it possible to establish the presence of native platinum secretions directly in the black shale rock. The fact that such secretions are confined to displaced forms of carbonaceous matter and to new formations of chrome mica (fuchsite) of hydrothermal genesis suggests the epigenetic origin of the identified mineral forms of platinum due to metamorphogenic redistribution of ore-forming elements of the ultrabasic petrofund.

Keywords: platinum, palladium, black shales, minerography, Advanced ridge, North Caucasus.

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

For citation: Parada S.G. Platinum and platinoids in Paleozoic Black Shale strata of the Front Ridge (North Caucasus). *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South*. (in Russ.). 2023. 13(1): 112-124. DOI: 10.46698/VNC.2023.14.73.008.

Введение

Наличие включений минеральных форм платины и платиноидов в черносланцевых (углеродисто-терригенных) толщах не является чем-то необычным. Так, например, в золоторудном месторождении черносланцевого типа Сухой Лог (Иркутская область) при проведении детальных минералогических исследований были обнаружены самородная платина, изоферроплатина, туламинит, сперрилит и другие минералы платины и палладия с размером частиц

1–10 мкм [Дистлер и др., 1996, Distler et al., 2003, 2004]. Также была доказана связь минералов платины и платиноидов с рассеянным углеродистым веществом [Clark, Criddle, 1982; Fleet et al., 2002; Cabri et al., 2022]. Для этого из обогащенных минералами платины черных сланцев были получены концентраты углеродистого вещества, в которых химическим путем определены содержания платины от 300 до 1000 г/т [Razvozzhaeva et al., 2002]. По результатам химических анализов платина отмечается в углеродистых стратифицированных комплексах Воронежской провинции [Чернышов, Коробкина, 1995]. Видимые под микроскопом платиноиды были обнаружены в черносланцевых толщах Буреинского массива (Хабаровский край и Еврейская АО) [Ханчук и др., 2009], в графитистых сланцах северной части Ханкайского террейна (Приморский край) [Ханчук и др., 2013], в графитсодержащих породах района графитового месторождения Люмао (Китай) [Ханчук и др., 2017], а также в углеродисто-терригенных породах других регионов. Черносланцевые толщи широко распространены и на Северном Кавказе. Исследования их металлоносности посвящены, в основном оценке перспектив обнаружения в них золоторудных месторождений. Изучение платиноносности носит спорадический характер. В связи с этим возникает необходимость обобщения полученных ранее данных и определения возможных направлений дальнейших исследований.

Материалы и методы

В качестве исходных материалов использованы данные из геологических отчетов, опубликованных работ и результаты собственных полевых и лабораторных исследований автора. Основными методами настоящего исследования являлись анализ результатов ранее проведенных работ и опубликованных данных, полевой документации геологических объектов, отбор дубликатов бороздовых проб ультрабазитов и черносланцевых пород из горных выработок, пройденных ранее ООО «Каббалкгеология», изготовление шлифов и аншлифов, определение в пробах содержаний платины и палладия. Согласно проведенному исследованию [Парада, Гамбург, 2022], для получения надежных результатов определения металлов платиновой группы анализы следует делать в специализированной лаборатории, в которой отработана методика по исключению влияния на результат матричных элементов. В качестве таковой была определена специализированная сертифицированная по международным стандартам лаборатория ООО «Стюарт Геокемикл энд Эссей» (г. Москва). Анализы Pd и Pt осуществлялись методом пробирной плавки с ИСП-АЭС окончанием, предел обнаружения 1 мг/т.

Результаты работы и их обсуждение

Минеральные формы платины и платиноидов обнаружены и на Северном Кавказе в районах развития палеозойских черносланцевых толщ в пределах структурно-формационной зоны Передового хребта. Так, при разведке золотоносной россыпи реки Власинчихи (Уруп-Лабинский медно-рудный район), дренирующей черносланцевую толщу средне-верхнедевонского возраста (андрюкская свита), кроме золота была обнаружена самородная платина, содержания которой по результатам валового опробования аллювия, составили от 34 до 670 мг/м³ (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

**Результаты валовой промывки на бутаре аллювия р. Власинчихи,
выполненной Урупской поисковой партией № 1 в 1934 году /
Results of the gross washing on the alluvium tank of the Vlasenchikha river,
carried out by the Urup search party No. 1 in 1934**

№ п/п / No	Расстояние от устья р. Власинчихи и место взятия пробы / Distance from the mouth of the river. Vlasinchikha and sampling site	Дата опробования / Date of testing	Объем промытой породы, куб. м / Volume of the washed rock, m ³	Количество полученного металла, мг / Amount of the obtained metal, mg		Содержание металла в мг/куб. м с учетом коэффициента разрыхления 1,15 и валунистости 15% / Metal content in mg/ m ³ considering the loosening coefficient of 1.15 and the boulder content of 15%	
				Au	Pt	Au	Pt
1	1000 м, коса / 1000 m, bay-bar	23.04.34	3,0	2135	120	695	39
2	2000 м, коса / 2000 m, bay-bar	05.05.34	1,0	752	35	734	34
3	2800 м, коса / 2800 m, bay-bar	13.05.34	1,5	1985	370	1221	227
4	4700 м, коса / 4700 m, bay-bar	14.05.34	1,5	1460	330	898	203
5	6620 м, коса / 6620 m, bay-bar	17.05.34	1,6	1783	440	1087	253
6	4900 м, коса / 4900 m, bay-bar	17.05.34	1,0	795	125	731	115
7	4000 м, борт / 4000 m, side	19.05.34	1,0	660	152	607	140
8	3500 м, коса / 3500 m, bay-bar	19.05.34	1,5	1935	780	1265	510
9	6600 м, коса / 6600 m, bay-bar	20.05.34	1,25	1300	100	1014	78
10	3600 м, борт / 3600 m, side	20.05.34	1,0	765	160	774	156
11	7200 м, борт / 7200 m, side	21.05.34	1,15	265	100	215	85

Шлиховое опробование аллювия реки Большой Лабы и ее притоков, дренирующих черносланцевые толщи андрюкской свиты, позволило обнаружить и изучить частицы платины и платиноидов. Для самородной платины характерна шарообразная форма, для платиноидов, представленных осмистым иридием и рутениридосмином, более характерны таблитчатая и пластинчатая формы (рис. 1).

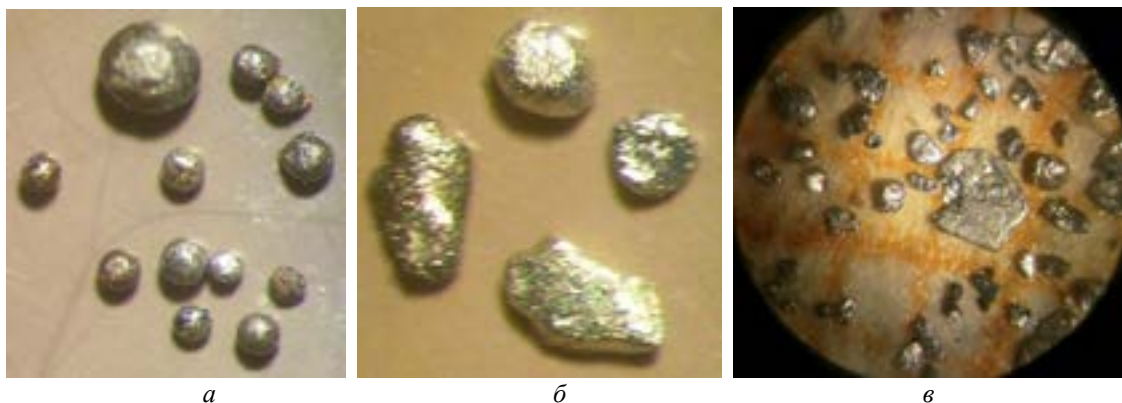


Рис. 1. Платина и платиноиды из аллювия р. Большая Лаба: а) самородная платина, диаметр зерен 0,02-0,3 мм; б) осмистый иридий, диаметр зерен 0,08-0,22 мм; в) рутениридосмин, размер самой крупной пластинки 1,4 мм (по данным [Богущ и др., 2010, 2017; Богущ, Рябов, 2011]) /

Fig. 1. Platinum and platinumoids from alluvium of the Bolshaya Laba river: a) native platinum, grain diameter 0.02-0.3 mm; b) osmic iridium, grain diameter 0.08-0.22 mm; c) rutheniridosmin, the size of the largest plate 1.4 mm (according to [Bogush et al., 2010, 2017; Bogush, Ryabov, 2011])

Источником платины в аллювии указанных рек можно считать скопления хромшпинелидовой минерализации в серпентинизированных дунитах (рис. 2) Беденского и других массивов протерозойского уллу-таллыкольского гипербазитового комплекса Передового хребта, в том числе даек и силлов восточной его части. Области развития гипербазитов этого комплекса сопровождаются аномально повышенными содержаниями хрома и никеля во вторичных ореолах, повсеместным присутствием в потоках рассеяния хромита и пикотита, находками обломков хромшпинелидовых шлифов, содержащих платину, а также результатами определения платины и палладия во вторичных ореолах рассеяния Беденского массива и восточного погружения зоны Передового хребта [Парада, 2017; Богущ и др., 2021].



Рис. 2. Выходы серпентинизированного дунита (а) и формы выделения хромшпинелидов (черное) в аподуните (б) в составе апогартсбургитов Беденского массива (фото Парады С.Г.) /

Fig. 2. The outputs of serpentinized dunite (a) and the forms of chromspinelides (black) in apodunite (b) as part of the apogartsburgites of the Bedene massif (photo Parades S.G.)

Однако ультраосновными породами источники благородных металлов в россыпях не ограничиваются. И.А. Богущ и В.И. Черкашин считают, что, кроме серпентинитов, источником золота и платины могут быть черносланцевые породы различного возраста [Богущ, Черкашин, 2019].

Как бы то ни было, приведенные данные являются прямым признаком возможной платиноносности геологических формаций Передового хребта. Более всего, в этом отношении изучены потенциально рудоносные черносланцевые толщи средне-позднедевонского возраста в составе так называемого Тоханского покрова.

Средне-верхнедевонские черносланцевые толщи выходят в бассейне верхних течений рек Большой Лабы и Урупа, где объединены в составе андрюкской свиты, и в районе восточного погружения зоны Передового хребта в верховьях правых притоков реки Джуарген, где объединены в составе артыкчатской свиты, являющейся литолого-стратиграфическим аналогом андрюкской свиты.

В работе [Богущ и др., 2016] выполнен анализ на золото, платину и палладий двух групп проб, отобранных из черносланцевого комплекса Урупо-Лабинского района. Указывается, что анализы были выполнены в лаборатории физико-химических исследований Института геологии Дагестанского научного центра РАН атомно-абсорбционным методом. Первая группа проб отобрана, судя по приведенной схеме, по простиранию минерализованной зоны тектонического контакта дайки лейкократового гранита и черных сланцев андрюкской (бахмутской) свиты с разнообразной сульфидной минерализацией в балке Грушова. Из приведенных описаний становится ясно, что это эпигенетическая минерализация. По результатам анализа 27 проб содержания Pt и Pd составили от сотых до десятых долей г/т. При этом средние содержания для каждого элемента оказались практически одинаковыми, – от 0,3 до 0,34 г/т. Следует согласиться с авторами, что в сумме эти металлы представлены субпромышленными концентрациями. Однако связь с черносланцевой толщей и достоверность определения содержаний вызывает сомнение.

Вторая группа из 11-ти проб взята из обнажений черных сланцев этой же свиты балки Бахмутка Урупского района. Здесь результаты анализов примерно такие же, – содержания Pt и Pd – от сотых до десятых долей г/т. Факт близости результатов анализов проб из зоны с эпигенетической сульфидной минерализацией с результатами анализов проб из черных сланцев без признаков наложенной минерализации, заставляет задуматься о соответствии поставленной задаче примененного метода анализа. Тем не менее, авторы предлагают рассматривать девонские углеродсодержащие толщи в качестве нового перспективного источника промышленных рудных объектов.

В последующих своих публикациях авторы развивали и дополняли свою идею на основе охарактеризованных выше анализов по балкам Грушевой и Бахмутке. Других анализов они не приводят.

В статье [Богущ и др., 2020] приведены результаты анализа 21 пробы девонских черных сланцев, являющихся цокольным структурным этажом Чучкурского рудного поля. Выполнены они, как и в предыдущей статье, атомно-абсорбционным методом в лаборатории физико-химических исследований Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Содержания Pt составили от 0,17 до 0,9 г/т, Pd – от 0,2 до 0,45 г/т. Однако в статье сами результаты анализов не приводятся. Это настораживает и заставляет усомниться в достоверности приведенных результатов.

Использованный для получения вышеописанных результатов метод атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) характеризуется определенными недостатками в отношении благородных металлов, одним из которых является узкий диапазон линейности и, соответственно, необходимость концентрирования или разбавления раствора перед измерением, а также влиянием матричных элементов пробы, спектральные линии которых близки аналитическим линиям определяемых элементов. Избавление от такого влияния под силу лишь специализированным лабораториям,

при этом сильно усложняется и становится дороже определение благородных металлов. Поэтому более надежным подтверждением платиноносности черносланцевых толщ является визуальное обнаружение минеральных форм платины.

Выполненные Н.В. Глазыриной [Глазырина, 2006] петрографические и минералогические исследования черносланцевых пород андрюкской свиты позволили обнаружить в сланцах эпигенетические рудные минерализации, в том числе и платину. Преобладающими оказались минералы кобальта и никеля, реже отмечался хромсодержащий мусковит (фуксит), что в совокупности подтверждает формирование минералого-геохимической специализации отложений андрюкской свиты за счет ультрабазитового петрофонда и эпигенетическое перераспределение рудообразующих элементов.

Установлено, что фоновая для андрюкской свиты кобальтин-пентландит-пирротинная парагенетическая ассоциация имеет метаморфогенное происхождение [Глазырина, Глазырин, 2006, 2011]. Обнаруженные в этих породах микрозерна платины, диагностируемые по ярко-белому цвету и высокому отражению [Глазырина, 2006], также могут иметь эпигенетическое происхождение. Так, единичные зерна самородной платины выделяются в пластах гравелитов с метаморфогенной кобальтин-пентландит-пирротинной ассоциацией и полным замещением этой минерализацией осадочно-диагенетического фрамбоидального пирита. Здесь платина отмечается в виде микрозерен округлой полигональной формы размером до 0,005 мм (рис. 3а). Они, приурочены к цементу гравелита и выделяются вдоль межзерновых границ метаморфогенных алюмосиликатов, которые промаркированы обильными газовой-жидкими включениями.

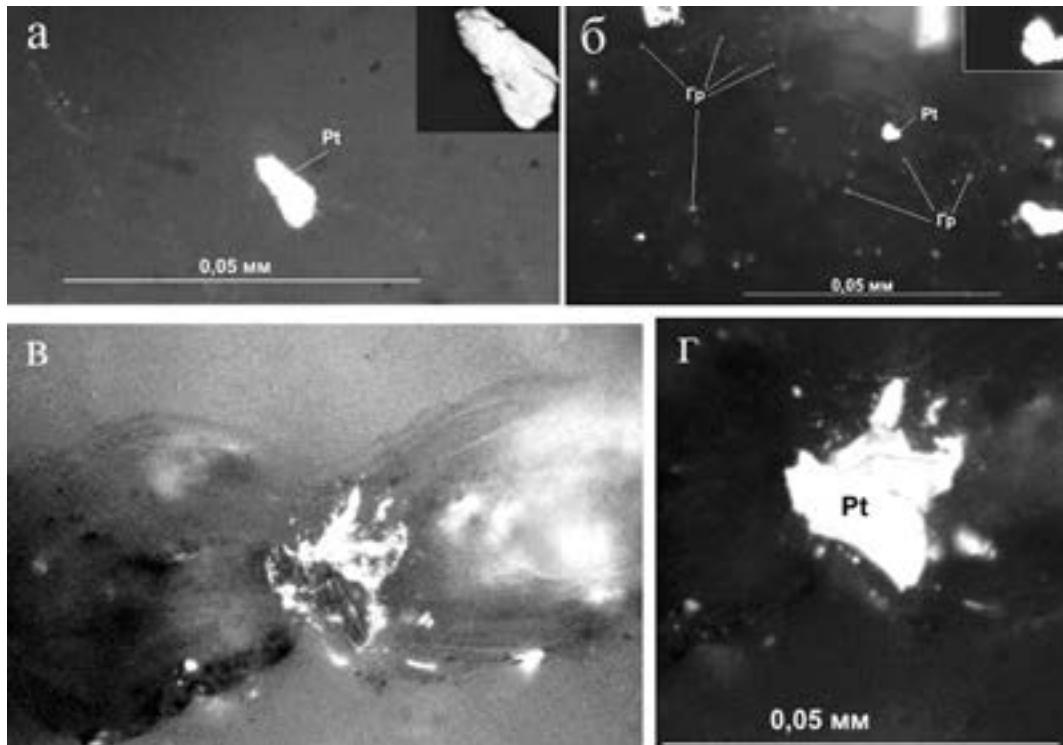


Рис. 3. Выделения самородной платины (Pt): а) – пластинчатого строения по межзерновой границе, промаркированной газовой-жидкими включениями; б) самородная платина в ореоле рассеянного углеродистого вещества (Gr); в) выделение самородной платины в ассоциации с фукситом (в скрещенных николях); г) то же самое в параллельных николях (по Н.В.Глазыриной [2006]) /

Fig. 3. Isolation of native platinum (Pt): a) – lamellar structure along the intergranular boundary marked with gas-liquid inclusions; b) native platinum in the halo of a dispersed carbonaceous substance (Gr); c) isolation of native platinum in association with fuchsite (in crossed nichols); d) the same in parallel nichols (according to N.V.Glazyrina [2006])

Самородная платина также отмечена в слойке полисульфидно-силикатных псевдоморфоз по фрамбоидальному пириту. Она выделяется в виде сростка субизометричных микрозерен, который тесно ассоциирует с ореолом рассеянного углеродистого вещества (рис. 3б). В листовенитизированных породах с кобальт-никелевой сульфоарсенид-антимонидной минерализацией отмечены более крупные выделения сростков самородной платины размером около 0,2 мм. При этом, сростки платины локализуются в цементе гравелитов, сложенном вторичным минералом гидротермального происхождения – фукситом (рис. 3в, г).

Нами обращено внимание на еще один район проявления углеродистых пород средне-позднедевонского возраста в составе артыкчакской свиты в восточной оконечности формаций Передового хребта. Эта свита по результатам ГДП 200 является литолого-стратиграфическим аналогом андрюкской свиты. Черносланцевые породы артыкчакской свиты отмечаются на северном фланге Тырныаузского рудного узла, в пределах которого выявлены золоторудные проявления, в связи с чем вызывают повышенный интерес как один из возможных источников золота и ЭПГ в рудах.

Из проанализированных нами 120 дубликатов бороздовых проб в 16 пробах обнаружены повышенные (надкларковые) содержания палладия и платины (табл. 2). Они установлены в углеродистых филлитах из расчистки №13 и канавы №29. Повышенные до сотых долей г/т содержания платины и палладия на интервале не менее 9 м обнаружены в углеродистых алевролитах расчистки №6 (рис. 4). В расположенных севернее конгломератах с галькой листовенитизированных серпентинитов таких содержаний не отмечено, хотя фон в целом повышенный.

Таблица 2 / Table 2

**Результаты анализов дубликатов проб из горных выработок ООО «Каббалкгеология», в которых установлены повышенные содержания Pd и Pt /
The results of analyses of duplicate samples from the mine workings of «Kabbalkgeologiya» LLC, in which elevated Pd and Pt contents were found**

№№ проб / No.of samples	Материал пробы / Sample material	Au	Pd	Pt
P-13-1	Углеродистый филлит / Carbonaceous phyllite	3	25	14
P-13-2	то же самое / the same	17	26	14
P-13-3	- « -	4	5	18
P-13-11	- « -	5	4	11
K-18-5	Лиственит /Listvenite	15	99	38
K-18-7	то же самое / the same	7	61	48
K-18-9	- « -	3	77	72
K-18-11	- « -	6	40	56
K-29-40	Углеродистый филлит / Carbonaceous phyllite	3	9	13
K-29-41	то же самое / the same	5	7	11
K-29-42	- « -	3	8	11
P-6-5	Углеродистый алевролит / Carbonaceous siltstone	<2	11	13
P-6-7	то же самое / thesame	6	10	22
P-6-10	- « -	4	8	18
P-6-12	- « -	2	11	19
P-6-14	- « -	4	7	12



Рис. 4. Результаты геологической документации и опробования на Au, Pt и Pd расчистки № 6, пройденной в восточной части Передового хребта: 1 – элювиально-делювиальные отложения; 2 – углеродистые алевролиты; 3 – конгломераты; 4 – кварцевые жилы и прожилки; 5 – вкрапленность малахита (а) и лимонита (б); 6 – вкрапленность сульфидов; 7 – таблица результатов анализов на Au, Pt и Pd в мг/т /

Fig. 4. Results of geological documentation and testing on Au, Pt and Pd of clearing No. 6, passed in the eastern part of the Forward Ridge: 1 – eluvial-deluvial deposits; 2 – carbonaceous siltstones; 3 – conglomerates; 4 – quartz veins and veins; 5 – inclusions of malachite (a) and limonite (b); 6 – sulfide inclusions; 7 – table of analysis results for Au, Pt and Pd in mg/t

Наиболее высокие содержания платины и палладия получены по канаве 18 (табл. 2), где сумма этих элементов превысила 0,1 г/т, что является субпромышленной концентрацией. Эти пробы представляют лиственитизированную дайку апогарцбургитовых серпентинитов. Наличие платины в охарактеризованной дайке подтверждается и минералогически при исследовании шлифов и аншлифов (рис. 5).

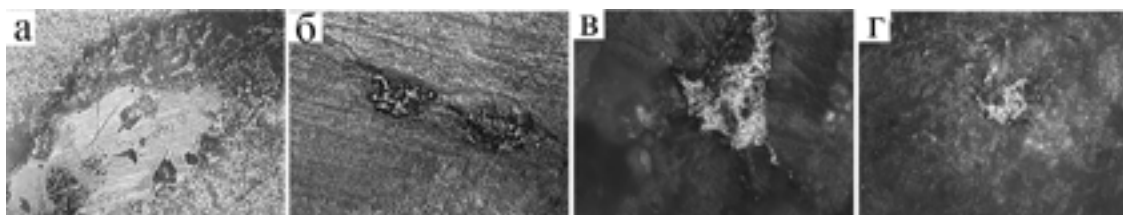


Рис. 5. Выделения самородной платины в дайке лиственитизированного апогарцбургитового серпентинита (канавка 18, восточная оконечность зоны Передового хребта): а – крупное зерно платины (серое, в центре снимка), фон вокруг зерна – нерудный базис, ширина кадра 0,48 мм; б – обособления платины вдоль трещины (в центре снимка), ширина кадра 0,48 мм; в – выделение платины (светлое, в центре снимка), ширина кадра 0,24 мм; г – платина (светлое зерно в центре снимка), тёмный фон – нерудный минерал, ширина кадра 0,24 мм /

Fig. 5. Isolation of native platinum in a dyke of larch-grained apogartsburgite serpentinite (ditch 18, eastern extremity of the zone of the Forward Ridge): a – a large grain of platinum (gray, in the center of the image), the background around the grain is a non-metallic basis, frame width 0.48 mm; b – platinum separations along the crack (in the center of the image), frame width 0.48 mm; c – platinum isolation (light, in the center of the image), frame width 0.24 mm; d – platinum (light grain in the center of the image), dark background – non-metallic mineral, frame width 0.24 mm

В аншлифах установлены самородная платина, пирит, хромит, пикотит, оксиды железа. Самородная платина встречается в виде гнезд светло-серого цвета с металлическим блеском размером до 1,1 мм по длинной оси и 0,1–0,2 мм по короткой (рис. 5а). Форма зерна неправильная, контакты зазубренные, извилистые. Иногда зерна самородной платины приурочены к секущим трещинам по полосчатости лиственита (рис. 5б), где они обладают округлой формой, а также в виде весьма редких мелких ($\leq 0,08$ мм) единичных зерен (рис. 5в, г). Цвет платины в этом случае светло-серый, почти белый, отражательная способность высокая.

Таким образом, с высокой долей вероятности можно предположить, что наличие металлов платиновой группы в углеродисто-терригенных породах артыкчакской свиты, так же, как и в андрюкской свите, связано с ультраосновным петрофондом осадочных пород и дальнейшим эпигенетическим перераспределением рудообразующих элементов.

Выводы

1. Собраны и обобщены фондовые и опубликованные данные о наличии платины и платиноидов в средне-верхнедевонских черносланцевых толщах зоны Передового хребта (Северный Кавказ). Установлены минеральные формы платины и платиноидов в аллювии дренирующих рек. Выявленные в прошлом столетии содержания платины в аллювии реки Власинчихи могут соответствовать по современным условиям россыпному месторождению.

2. Анализ результатов ранее проведенных определений содержаний Pt и Pd в черносланцевых породах андрюкской свиты, достигающих десятых долей г/т, вызывают сомнения в их достоверности, так как в публикациях не указаны места и способы отбора, технология подготовки проб к анализу, не указана также модификация примененного метода атомно-абсорбционной спектроскопии.

3. Полученные нами результаты определения Pt и Pd в черносланцевых породах артыкчакской свиты составляют сотые доли г/т, что расценивается как повышенные (надкларковые) содержания. В единичных случаях сумма содержаний Pt и Pd достигала 0,1 г/т.

4. Проведенные Н.В. Глазыриной прецизионные минераграфические исследования черносланцевых пород андрюкской свиты позволили установить наличие выделений самородной платины непосредственно в породе. Приуроченность таких выделений к перемещенным скоплениям углеродистого вещества и к новообразованиям хромовой слюдки (фукситу) гидротермального генезиса заставляет предположить эпигенетическое происхождение выявленных минеральных форм платины за счет метаморфогенного перераспределения рудообразующих элементов ультраосновного петрофонда.

Литература

1. Богуш И.А., Рябов Г.В. Благородные металлы в россыпях бассейна рек Уруп–Большая Лаба (Северный Кавказ). // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2011. – №3. – С. 94–97.

2. Богуш И.А., Черкашин В.И. Источники благородных металлов (Au, Pt, Pd) на Северном Кавказе. // Литосфера. – 2019. – Т. 19. №3. – С. 465–471. DOI: 10.24930/1681-9004-2019-19-3-465-471

3. 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. DOI: 10.23885/2500-0640-2017-13-2-34-40

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

5. Богуш И.А., Бурцев А.А., Рябов Г.В., Черкашин В.И. Благородные металлы черносланцевого комплекса Уруп-Лабинского района Северного Кавказа. // Грозненский естественнонаучный бюллетень. – 2016. – №3(3). – С. 25–32.

6. Богущ И.А., Рябов Г.В., Черкашин В.И. Генезис и рудоносные структуры Чучкурского месторождения благородных металлов Северного Кавказа // *Геология и геофизика Юга России*. – 2020. – Т. 10. №1. – С. 81–95. DOI: 10.23671/VNC.2020.1.59067
7. Богущ И.А., Рябов Г.В., Черкашин В.И., Исаева Н.А. Ультрабазиты и источники благородных металлов (Au, Pt, Pd) на Северном Кавказе. // *Геология и геофизика Юга России*. – 2021. – Т. 11. №4. – С. 15–29. DOI: 10.46698/VNC.2021.71.47.002
8. Глазырина Н.В. Особенности вещественного состава и рудоносность Тоханской черносланцевой формации Северного Кавказа. // *Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки*. – 2006. – №3. – С.77–80.
9. Глазырина Н.В., Глазырин Е.А. Сульфидная минерализация черносланцевых отложений Тоханского покрова (Большой Кавказ). // *Металлогения древних и современных океанов* – 2006. Условия рудообразования. – Миасс: УрО РАН, 2006. – С. 134–138.
10. Глазырина Н.В., Глазырин Е.А. Кобальтин-пентландит-пирротиновая аутигенная сульфидная минерализация черносланцевых отложений // *Записки Российского минералогического общества*. – 2011. – Т. 140. №1. – С. 83–90.
11. Дистлер В.В., Митрофанов Г.Л., Немеров В.К., Коваленкер В.А., Мохов А.В., Семейкина Л.К., Юдовская М.А. Формы нахождения металлов платиновой группы и их генезис в золоторудном месторождении Сухой Лог (Россия). // *Геол. руд. месторожд.* – 1996. – Т. 38. №6. – С. 467–484.
12. Парада С.Г. Предпосылки и признаки платиноносности гипербазитовых массивов Северного Кавказа. // *Наука Юга России*. – 2017. – Т. 13. №1. – С. 59–73.
13. Парада С.Г., Гамбург К.Ю. Проблемы аналитического определения благородных металлов в черносланцевых породах Юга России. // *Геология и геофизика Юга России*. – 2022. – Т. 12. №3. – С. 119–132. DOI: 10.46698/VNC.2022.23.74.008
14. Ханчук А.И., Бердников Н.В., Черепанов А.А., Коновалова Н.С., Авдеев Д.В. Первые находки видимых платиноидов в черносланцевых толщах Буреинского массива, Хабаровский край и Еврейская АО. // *Докл. АН*. – 2009. – Т. 424. №5. – С. 672–675.
15. Ханчук А.И., Плюснина Л.П., Руслан А.В., Лихойдов Г.Г., Баринов Н.Н. Природа графитизации и благороднометальной минерализации в метаморфитах северной части Ханкайского террейна, Приморье. // *Геол. руд. месторожд.* – 2013. – Т. 55. №4. – С. 261–281.
16. Ханчук А.И., Фенгуй С., Молчанов В.П., Гребенникова А.А., Гребенников А.В. Благородные металлы в графитсодержащих породах месторождения Люмао (Китай) // *Докл. АН*. – 2017. – Т. 473. №1. – С. 80–82.
17. Черкашин В.И., Богущ И.А., Рябов Г.В., Исаева Н.А. Благородные металлы осадочных комплексов фанерозоя Северного Кавказа. // *Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН*. – 2021. – №3(86). – С. 16–22. DOI:10.33580/2541-9684-2021-86-3-16-22
18. Чернышов Н.М., Коробкина Т.П. Новый тип платинометального оруденения Воронежской провинции: платиноносные углеродистые стратифицированные комплексы. // *Платина России. Пробл. развития МСБ платиновых металлов. Третье засед. Научно-методического совета по программе «Платина России»*. – М.: АОЗТ «Геоинформмарк», 1995. – С. 55–83.
19. Cabri L.J., Oberthür T., Keays R.R. Origin and depositional history of platinum-group minerals in placers—A critical review of facts and fiction. // *Ore Geology Reviews*. – 2002. – Vol. 144. – p. 104733. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2022.104733
20. Clark A.M., Criddle A.J. Palladium minerals from Hope's Nose, Torquay, Devon. // *Mineralogical Magazine*. – 1982. – Vol. 46. Iss. 340. – pp. 371–377 DOI: 10.1180/minmag.1982.046.340.13
21. Distler V.V., Yudovskaya M.A., Mokhov A.V., Trubkin N.V., Razvozhzaeva E.A., Mitrofanov G.L., Nemerov V.K. New Data On Pge Mineralization In Gold Ores Of The Sukhoi Log Deposit, Lensk Gold-Bearing District, Russia. // *Doklady Earth Sciences*. – 2003. – Vol. 393. No.9. – pp. 1265–1267.

22. Distler V.V., Yudovskaya M.A., Mitrofanov G.L., Prokof'ev V.Yu., Lishnevskii E.N. Geology, composition and genesis of the Sukhoi Log noble metals deposit, Russia. // *Ore Geol. Rev.* – 2004. – Vol. 24. – pp. 7–44. DOI:10.1016/j.oregeorev.2003.08.007

23. Fleet M.E., De Almeida C.M., Angeli N. Botryoidal platinum, palladium and potarite from the Bom Sucesso stream, Minas Gerais, Brazil: Compositional zoning and origin. // *Can. Mineral.* – 2022. – Vol. 40. – pp.341–355. DOI: 10.2113/gscanmin.40.2.341

24. Razvozhayeva E.A., Prokof'ev V.Yu., Spiridonov A.M., Martikhaev D.Kh., Prokopchuk S.I. Precious metals and carbonaceous substance in ores of the Sukhoi Log deposit (Eastern Siberia, Russia). // *Geology of Ore Deposits.* – 2002. – Vol. 44. No.2. – pp. 103–110.

References

1. Bogush I.A., Ryabov G.V. Noble metals in placers of the basin of the Urup and Bolshaya Laba rivers (Northern Caucasus). *News of universities. North Caucasian region. Technical science.* 2011. No. 3. pp. 94–97. (In Russ.)

2. Bogush I.A., Cherkashin V.I. Sources of noble metals (AU, PT, PD) in the North Caucasus. *Lithosphere.* 2019. Vol. 19. No. 3. pp. 465–471. DOI: 10.24930/1681-9004-2019-19-3-465-471. (In Russ.)

3. 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. DOI: 10.23885/2500-0640-2017-13-2-34-40. (In Russ.)

4. Bogush I.A., Ryabov G.V., Kaftanatii A.B. The platinum group minerals in alluvial deposits of the basin of the Urup and Bols'shaya Laba rivers (North Caucasus) *Doklady Earth Sciences.* 2010. Vol. 435. No. 1. pp. 1427–1430. DOI: 10.1134/S1028334X10110048. (англоязычная версия)

5. Bogush I.A., Burtsev A.A., Ryabov G.V., Cherkashin V.I. Noble metals of the black shale complex of the Urup-Laba region of the North Caucasus. *Grozny Natural Science Bulletin.* 2016. No. 3. Issue 3. pp. 25–32. (In Russ.)

6. Bogush I.A., Ryabov G.V., Cherkashin V.I. Genesis and ore-bearing structures of the Chuchkur deposit of noble metals in the North Caucasus. *Geology and Geophysics of the South of Russia.* 2020. Vol. 10. No. 1. pp. 81–95. DOI: 10.23671/VNC. 2020.1.59067

7. Bogush I.A., Ryabov G.V., Cherkashin V.I., Isaeva N.A. Ultrabasites and sources of noble metals (Au, Pt, Pd) in the North Caucasus. *Geology and geophysics of the South of Russia.* 2021. Vol. 11. No. 4. pp. 15–29. DOI: 10.46698/VNC.2021.71.47.002

8. Glazyrina N.V. Features of the material composition and ore content of the Tokhan black shale formation of the North Caucasus. *News of universities. North Caucasian region. Technical science.* 2006. No. 3. pp.77–80. (In Russ.)

9. Glazyrina N.V., Glazyrin E.A. Sulfide mineralization of black shale deposits of the Tokhan cover (Greater Caucasus). *Metallogeny of ancient and modern oceans 2006. Conditions of ore formation.* Miass: Ural Branch of RAS. 2006. pp. 134–138. (In Russ.)

10. Glazyrina N.V., Glazyrin E.A. Cobaltite-pentlandite-pyrrhotite authigenic sulfide mineralization of black shale deposits. *Notes of the Russian Mineralogical Society.* 2011. Vol. 140. No. 1. pp. 83–90. (In Russ.)

11. Distler V.V., Mitrofanov G.L., Nemerov V.K., Kovalenker V.A., Mokhov A.V., Semeikina L.K., Yudovskaya M.A. Forms of occurrence of platinum group metals and their genesis in the Sukhoi Log gold deposit (Russia). *Geology of ore fields.* 1996. Vol. 38. No. 6. pp. 467–484. (In Russ.)

12. Parada S.G. Prerequisites and signs of platinum content of hypermafic massifs of the North Caucasus. *Science of the South of Russia.* 2017. Vol. 13. No. 1. pp. 59–73. (In Russ.)

13. Parada S.G., Hamburg K.Yu. Problems of analytical determination of noble metals in black shale rocks of the South of Russia. *Geology and geophysics of the South of Russia.* 2022. Vol. 12. No. 3. pp. 119–132. DOI: 10.46698/VNC. 2022.23.74.008 (In Russ.)

14. Khanchuk A.I., Berdnikov N.V., Cherepanov A.A., Konovalova N.S., Avdeev D.V. First finds of platinoids in black-shale sequences of the Bureya massif (Khabarovsk Region and Jewish Autonomous Okrug). *Doklady Earth Sciences*. 2009. Vol. 425. No. 1. pp. 213–215. (англоязычная версия)

15. Khanchuk A.I., Plyusnina L.P., Ruslan A.V., Likhoidov G.G., Barinov N.N. Nature of graphitization and noble metal mineralization in metamorphic rocks of the northern part of the Khanka terrane, Primorye. *Geology of ore fields*. 2013. Vol. 55. No. 4. pp. 261–281. (In Russ.)

16. Khanchuk A.I., Molchanov V.P., Grebennikova A.A., Grebennikov A.V., Sun F. Noble metals in graphite-bearing rocks of the Liunao deposit (China). *Doklady Earth Sciences*. 2017. Vol. 473. No. 1. pp. 300–302. DOI: 10.1134/S1028334X17030047. (англоязычная версия)

17. Cherkashin V.I., Bogush I.A., Ryabov G.V., Isaeva N.A. Noble metals of sedimentary complexes of the Phanerozoic of the North Caucasus. In: *Proceedings of the Institute of Geology of DSC RAS*. 2021. No. 3. Issue 86. pp. 16–22. DOI:10.33580/2541-9684-2021-86-3-16-22. (In Russ.)

18. Chernyshov N.M., Korobkina T.P. A new type of platinum-metal mineralization in the Voronezh province: platinum-bearing carbonaceous stratified complexes. *Platinum of Russia. Problems of development of MRB of platinum metals*. Moscow. AOZT Geoinformmark. 1995. pp. 55–83. (In Russ.)

19. Cabri L.J., Oberthür T., Keays R.R. Origin and depositional history of platinum-group minerals in placers—A critical review of facts and fiction. *Ore Geology Reviews*. 2002. Vol. 144. p. 104733. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2022.104733

20. Clark A.M., Criddle A.J. Palladium minerals from Hope's Nose, Torquay, Devon. *Mineralogical Magazine*. 1982. Vol. 46. Iss. 340. pp. 371–377 DOI: 10.1180/minmag.1982.046.340.13

21. Distler V.V., Yudovskaya M.A., Mokhov A.V., Trubkin N.V., Razvozzhaeva E.A., Mitrofanov G.L., Nemerov V.K. New Data On Pge Mineralization In Gold Ores Of The Sukhoi Log Deposit, Lensk Gold-Bearing District, Russia. *Doklady Earth Sciences*. 2003. Vol. 393. No.9. pp. 1265–1267.

22. Distler V.V., Yudovskaya M.A., Mitrofanov G.L., Prokof'ev V.Yu., Lishnevskii E.N. Geology, composition and genesis of the Sukhoi Log noble metals deposit, Russia. *Ore Geol. Rev*. 2004. Vol. 24. pp. 7–44. DOI:10.1016/j.oregeorev.2003.08.007

23. Fleet M.E., De Almeida C.M., Angeli N. Botryoidal platinum, palladium and potarite from the Bom Sucesso stream, Minas Gerais, Brazil: Compositional zoning and origin. *Can. Mineral*. 2022. Vol. 40. pp.341–355. DOI: 10.2113/gscanmin.40.2.341

24. Razvozzhaeva E.A., Prokof'ev V.Yu., Spiridonov A.M., Martikhaev D.Kh., Prokopchuk S.I. Precious metals and carbonaceous substance in ores of the Sukhoi Log deposit (Eastern Siberia, Russia). *Geology of Ore Deposits*. 2002. Vol. 44. No.2. pp. 103–110.