

## ОБЩАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК 552.441:550.4:550.85 (470.6)

DOI: [10.23671/VNC.2019.3.36477](https://doi.org/10.23671/VNC.2019.3.36477)

Оригинальная статья

## Геохимические особенности рудоносных черных сланцев Северного Кавказа

И. А. Богуш<sup>1</sup>, д.г.-м.н., проф., Г. В. Рябов<sup>1</sup>, к.-г.-м.н., В. И. Черкашин<sup>2</sup>,  
д.г.-м.н., проф., Н. А. Исаева<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М. И. Платова, Россия, 346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132, e-mail: i\_bogush@mail.ru;

<sup>2</sup> Институт геологии Дагестанского научного центра РАН, Россия, 367010, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Ярагского, 75, e-mail: dangeo@mail.ru

Статья поступила: 9 сентября 2019, доработана: 18 сентября 2019, одобрена в печать: 19 сентября 2019.

**Аннотация: Актуальность работы.** В процессе рудно-поисковых и региональных съемочных работ рудоносность черных сланцев априорно не рассматривалась. Открытие гигантских золоторудных месторождений (Мурунтау, Бакырчик, Сухой Лог, Олимпиадненское, месторождения Южного Китая, США и Канады) дало толчок для рассмотрения черных сланцев Северного Кавказа. Объектами исследования являются терригенные породы, входящие в состав Тоханского комплекса (Тоханский покров), расположенные в пределах Передового хребта Северного Кавказа и прослеженные на протяжении более 200 километров. Тоханский комплекс, сложенный пелитоморфными углеродсодержащими отложениями (черными сланцами) с подчиненными проявлениями вулканогенных, глинисто-кремнистых, глинисто-карбонатных и псаммитовых пород, испытал зеленокаменный метаморфизм. Специфическим для черных сланцев является комплекс элементов, типоморфных для ультрамафитовых пород: хром, кобальт, никель, титан, марганец, ванадий, фосфор. Халькофильные элементы гидротермалитов в черных сланцах, такие как медь, цинк, свинец, содержатся обычно в небольших количествах, но локально, в флюидоактивных зонах тектонических нарушений, их содержание резко возрастает. Группа элементов, типоморфных спутников золота – мышьяк, висмут, сурьма, в неизменных сланцах проявлена слабо, концентрируясь в участках наложенной гидротермальной проработки. **Целью** работы был анализ геохимических особенностей углеродсодержащей черносланцевой герцинской толщи Северного Кавказа. **Методы исследования.** Черные сланцы изучались геохимическими, литологическими, минераграфическими, петрографическими и рентгенографическими методами. **Результаты.** Установлена значительная возмущающая роль магния в сланцах. Все это говорит о своеобразии черносланцевых отложений и значительном влиянии ультраосновного материала на их петрохимические особенности. Петрохимические модули указывают на установленную невысокую проявленность процессов механической дифференциации, низкую степень вклада процессов химического выветривания и низкий уровень показателя зрелости материала пород области сноса при формировании основной массы отложений. Площадное и точечное опробование черных сланцев на благородные металлы показало повсеместное присутствие золота, платины и палладия в аномальном количестве в сумме трех металлов – не менее 1 г/т. Изложенный материал впервые однозначно указывает на ультрабазиты в качестве единого первичного источника благородных металлов в черносланцевом комплексе. Показано, что благородные металлы (Au, Pt, Pd) сингенетичны вмещающим осадочным терригенным толщам и отлагаются в процессе седиментогенеза. **Практическая значимость.** Результаты работы позволяют уточнить первичный источник благородных металлов и способствуют разработке металлогенической модели благородных металлов Северного Кавказа.

**Ключевые слова:** Северный Кавказ, черные сланцы, благородные металлы, золото, платина, палладий, площадные аномалии, новая рудная провинция.

**Благодарности:** Результаты исследований получены в рамках реализации проекта Erasmus + 574061-EPP-1-2016-1-DE-EPPKA2-SVNE-JP «Модернизация геологического образования в российских и вьетнамских университетах» МИНЕРАЛ.

**Для цитирования:** 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): 6-17. DOI: 10.23671/VNC.2019.3.36477.

## GENERAL AND REGIONAL GEOLOGY

DOI: [10.23671/VNC.2019.3.36477](https://doi.org/10.23671/VNC.2019.3.36477)

Original paper

## Geochemical features of metalliferous black shale of North Caucasus

I. A. Bogush<sup>1</sup>, G. V. Ryabov<sup>1</sup>, V. I. Cherkashin<sup>2</sup>, N. A. Isaeva<sup>2</sup><sup>1</sup>Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), 132 Prosveshcheniya Str., Novocherkassk 346428, Russian Federation, e-mail: i\_bogush@mail.ru;<sup>2</sup>Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center, Russian Academy of Sciences, 75 Yaragskiy Str., Makhachkala 367010, Russian Federation, e-mail: dangeo@mail.ru

Received: 9 september 2019, revised: 18 september 2019, accepted: 19 september 2019.

**Abstract: Relevance.** In the course of ore prospecting and regional exploration, the ore content of black shales was not considered a priori. The discovery of giant gold deposits (Muruntau, Bakyrchik, Sukhoi Log, Olimpiadnenskoye, deposits in Southern China, the United States and Canada) gave an impulse to the investigation of black shales in the North Caucasus. The objects of study are terrigenous rocks that are part of the Tokhansky complex (Tokhansky cover), located within the limits of the Peredovoi Range of the North Caucasus and traced over 200 kilometers. The Tokhansky complex, composed of pelitomorphic carbon-bearing deposits (black shales) with affluent manifestations of volcanic, clay-siliceous, clay-carbonate and psammit rocks, experienced greenstone metamorphism. A complex of elements typomorphic for ultramafic rocks (chromium, cobalt, nickel, titanium, manganese, vanadium, phosphorus) is specific for black shales. The chalcophilic elements of hydrothermalites in black shales, such as copper, zinc, and lead, are usually found in small quantities, but locally, in the fluid-active zones of tectonic disturbances, their content increases sharply. A group of elements, which are typomorphic gold companions (arsenic, bismuth, antimony) is weakly manifested in unchanged shales and is concentrating in areas of superimposed hydrothermal exploration. **Aim.** To analyze the geochemical features of the carbonaceous black shale Hercynian stratum of the North Caucasus. **Methods.** Black shales were studied by geochemical, lithological, mineralogical, petrographic and radiographic methods. **Results.** A significant disturbing role of magnesium in shale has been defined. All this points to the peculiarity of black shale deposits and the significant influence of ultrabasic material on their petrochemical features. Petrochemical modules indicate the determined low manifestation of the processes of mechanical differentiation, the low degree of contribution of chemical weathering processes and the low level of maturity index of the material of rocks of the drift region during the formation of the bulk of the deposits. Areal and pit sampling of black shales for noble metals showed the ubiquitous presence of gold, platinum and palladium in an abnormal amount in the sum of three metals (at least 1 g/t). The stated material for the first time points unambiguously to ultrabasites as a single primary source of noble metals in the black shale complex. It was shown that noble metals (Au, Pt, Pd) are syngenetic to the host sedimentary terrigenous sequences and are deposited during sedimentogenesis. **Practical significance.** The results of the study allow specifying the primary source of noble metals and contribute to the development of a metallogenic model of noble metals in the North Caucasus.

**Keywords:** North Caucasus, black shale, noble metals, gold, platinum, palladium, areal anomalies, news ore occurrence.

**Acknowledgments:** The research results were obtained within the framework of the Erasmus + 574061-EPP-1-2016-1-DE-EPPKA2-CBHE-JP project «Modernization of geological education in Russian and Vietnamese universities» MINERAL.

**For citation:** Bogush I. A., Ryabov G. V., Cherkashin V. I., Isaeva N. A. Geochemical features of metalliferous black shale of North Caucasus. *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South*. 2019. 9(3): 6-17. (In Russ.) DOI: 10.23671/VNC.2019.3.36477.

## Введение

Углеродсодержащие черносланцевые девонские толщи Северного Кавказа широко развиты в пределах Передового хребта в виде 200-километровой региональной полосы. До 2000 года сланцы не привлекали внимания в металлогеническом отношении и не исследовались. В процессе рудно-поисковых и региональных съемочных работ рудоносность черных сланцев априорно не рассматривалась. Открытие гигантских золоторудных месторождений (Мурунтау, Бакырчик, Сухой Лог, Олимпиаденское, месторождения Южного Китая, США и Канады) дало толчок для рассмотрения черных сланцев Северного Кавказа. Проведенные исследования показали аналогию черных сланцев Северного Кавказа сланцевым толщам крупнейших сланцевых золоторудных регионов [Богуш, Курбанов, 1995; Богуш и др., 2016; Гончаров и др., 2005, 2006]. На Кавказе черносланцевые породы трактовались и назывались по-разному – филлитовидными породами, филлитами, глинистыми метаморфизованными породами, просто глинистыми метаморфитами. Региональные рентгеновские исследования В.В. Якушева черных сланцев по материалам И.А. Богуша, В.С. Исаева, Н.В. Глазыриной показали высокий (зеленокаменный) метаморфизм сланцев и полное отсутствие в них глинистого вещества [Богуш и др., 2004; Гончаров и др., 2005]. Глинистая компонента сланцев замещена гидрослюдами, в силу чего все сланцы девона относятся к филлитам.

В свое время Лазаренковым В.Г., Смысловым А.А. и Тихомировым Л.И. выделен Девонский черносланцевый терригенный комплекс в качестве одной из платинометаллических территорий России, относящейся к углеродистой формации [Лазаренков и др., 1998].

Черносланцевые комплексы среднего девона метаморфического тоханского типа содержат проявления благородных металлов, относящиеся к семейству месторождений углеродисто-терригенных формаций. Как установлено авторами, аномальные содержания благородных металлов (Au, Pt, Pd в сумме не менее 1 г/т) распространены по всей полосе черных сланцев Северного Кавказа [Богуш и др., 2018]. Местами черные сланцы продуцируют промышленные скопления благородных металлов (Чучкурское месторождение) [Богуш и др., 2018].

Исследования геохимических особенностей в рамках рудоносности черных сланцев Северного Кавказа позволяют уточнить первичный источник благородных металлов и способствуют разработке металлогенической модели благородных металлов этого региона [Богуш и др., 2018]. Черные сланцы Кавказа полностью соответствуют общей тенденции освоения благородных металлов черносланцевых толщ, что проявляется в освоении крупных и уникальных по размерам месторождений с относительно невысокими содержаниями этих металлов.

## 1. Методика исследований

Палеозойский черносланцевый комплекс, входящий в состав офиолитовой формации Северного Кавказа, исследовался авторами с 70-х годов прошлого столетия путем составления геологических карт и карт рудной нагрузки масштабов от 1:2000 до 1:100; изучения рудных полей Урупского, Худесского и Бескесского колчеданных месторождений, с участием черных сланцев; минералогическими и геохимическими исследованиями отдельных участков и профилей по всей 200 км-й полосе черносланцевой формации. Описан, геохимически опробован и минералогически откартирован опорный разрез сланцев артыкчатской свиты по балке Бахмутке в Урупском рудном районе. По разрезу проведены специальные геохимические исследования благородных металлов (Au, Ag, Pt, Pd). Черные сланцы изучались геохимическими, литологическими, минераграфическими, петрографическими и рентгенографическими методами [Богуш и др., 2018; Гончаров и др., 2005, 2006].

## 2. Герцинские черные сланцы Северного Кавказа

Объектами исследования являются терригенные породы, входящие в состав Тоханского комплекса (Тоханский покров), расположенные в пределах Передового хребта Северного Кавказа, прослеженные на протяжении более 200 километров. В свое время комплекс углеродсодержащих черносланцевых толщ тоханского типа был выделен в Передовом хребте авторами А. Н. Долей, В. Н. Доброродным и Г. И. Барановым (1984). Тоханский комплекс объединяет андрюкскую, артыкчатскую (бахмуткинскую) и полянскую свиты среднего девона. Тоханский комплекс, сложенный пелитоморфными углеродсодержащими отложениями с подчиненными проявлениями вулканогенных, глинисто-кремнистых, глинисто-карбонатных и псаммитовых пород, испытал зеленокаменный метаморфизм. Сланцевая толща прорвана жильными магматическими породами и малыми интрузиями (гранодиориты, граниты, андезиты, лампрофиры) и содержит редкие пластовые тела риолитов, риодацитов. В разрезе черносланцевого тоханского комплекса артыкчатской свиты  $D_{2-3ar}$  (или бахмуткинской,  $D_{2-3bh}$ ) участвуют пелитоморфные разности (филлиты), алевролиты, песчаники и конгломераты. Мощность толщи составляет до 1500 м, полную мощность определить сложно по причине шарьяжного перекрытия ее колчеданоносными девонскими ( $D_2$ ) вулканитами базальтоидной формации.

Черносланцевые девонские толщи территориально совпадают с глубинной Тырнауз-Пшекишской шовной зоной, главной золотоносной структурой Северного Кавказа [Потапенко, Пруцкий, 1976]. Четырехсоткилометровый Северный разлом этой зоны сопровождается пояс ультрабазитовых массивов и является тектоническим контактом палеозойского блока Кавказа, надвинутого на альпийское основание [Богущ и др., 2016; Потапенко, Пруцкий, 1976]. Полоса герцинских черных сланцев вытянута по границе глубинного Северного разлома и входит в состав офиолитового пояса Северного Кавказа [Новожилов, Гаврилов, 1999].

Черные сланцы среднего девона герцинской металлогенической зоны Передового хребта Северного Кавказа слагают половину разреза герцинского офиолитового пояса Северного Кавказа ( $D_{2-3}$ ). Вторая половина полосы сложена одновозрастными колчеданоносными базальтоидными вулканитами риолит-базальтовой формации [Геология СССР, 1968].

Таблица 1. / Table 1.

### Литологический состав разреза отложений андрюкской свиты по реке.

Б. Лаба [Черницин В. Б., Прокуронов, 1977]. /

The lithological section composition of the Andryuk suite sediments along the river.

B. Laba [Chernitsin V. B., Prokuronov, 1977]. /

Порода / Rock	Средний объем, % / Average volume, %	Вариации объема, % / Volume variations, %	Средняя мощность, м / Average power, m	Вариации мощностей, м / Power Variations, m
Известняки / Limestone	0,5	0-0,7	6,2	1-20
Филлиты / Phyllites	74,5	62-83	8,1	0,2-115
Метаалевролиты / Metaaleurolites	8	2-20	1	0,1-5
Метапесчаники / Metasandstones	2	1-3	4,3	1,5-10
Метагравелиты / Metagravelites	12,5	2-28	14,3	1-120
Метаконгломераты / Metaconglomerates	2,5	0-7	42,5	20-65

Таблица 2. / Table 2.

**Силикатные анализы сланцев и песчаника (проба У-49/00) Урупского района  
(опорный разрез по балке Бахмутке) \* /**

**Silicate analyses of shales and sandstone (sample U-49/00) of the Urup region  
(reference section along the Bakhmutka beam) \***

№№ проб / Sample Numbers	У-30/00	У-27/00	У-40/00	У-49/00	У-69/00	У-61/00	У-70/00
SiO <sub>2</sub>	60,8	62,6	60,8	82,6	63,6	63,8	61,4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,8	15,9	14,7	4,5	16,0	16,4	15,0
TiO <sub>2</sub>	0,81	0,82	0,78	0,24	0,82	0,56	0,82
FeO	5,96	5,54	5,70	1,41	3,82	5,12	5,17
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,49	1,85	2,77	1,19	2,66	1,52	1,77
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,19	0,10	0,13	0,10	0,19	0,14	0,22
MnO	0,15	0,14	0,21	0,13	0,16	0,22,	0,23
CaO	0,71	0,47	0,60	2,40	0,45	0,20	0,44
MgO	4,61	3,55	5,45	1,08	4,39	3,39	6,15
K <sub>2</sub> O	1,86	2,91	1,63	0,80	2,36	2,65	2,16
Na <sub>2</sub> O	2,68	1,23	1,50	0,39	1,40	2,50	1,64
SO <sub>3</sub>	0,1	0,21	0,1	1,61	2,77	0,1	0,1
пп	-	-	-	3,08	4,62	3,40	4,68
Сумма / Sum	94,96	95,38	94,37	99,53	100,24	99,90	99,68

\*Анализы выполнены ЦИЛ ФГУП «Кавказгеолсъемка».

\* The analyses were performed by Central Measurement Laboratory of the Federal State Unitary Enterprise «Kavkazgeolsemka».

Состав черных сланцев достаточно однороден и укладывается в классическое определение этих пород (табл. 1).

Основываясь на реконструируемых минимальных содержаниях  $C_{орг}$ , черносланцевые отложения Тоханской формации следует относить к низкоуглеродистым ( $C_{орг} = 1-3\%$ ). При микроскопическом изучении филлитов видно, что углеродистое вещество (УВ) располагается по слоистости, но часто оно распределено в пределах шлифов относительно равномерно, без микрослоистости.

Химический состав филлитов довольно однороден и не обнаруживает большого разброса показателей (табл. 2).

Отличительной особенностью филлитов (метапелиты) является их высокая магнезиальность, содержание MgO колеблется от 3,39% до 6,15%. Магнезиальность филлитов типоморфна для всей черносланцевой полосы Северного Кавказа [Геология СССР, 1968]. В высокомагнезиальных филлитах встречается до 10% серпентина. В сланцах отчетливо проявляется калиевый тип химического состава, в то время как для вулканитов девонской офиолитовой полосы Северного Кавказа постоянно проявляется натровая направленность [Геология СССР, 1968; Гончаров и др., 2005].

### 3. Геохимические особенности черных сланцев

Специфическим для черных сланцев артыкчатской и андрюкской (бахмуткинской) свит является комплекс элементов, типоморфных для ультрамафитовых пород: хром, кобальт, никель, титан, марганец, ванадий, фосфор. Наиболее показателен хром с концентрациями от 0,006% до 0,5%, в среднем 0,089% (кларк концентрации  $KK=10,72$ ). Никель преобладает над кобальтом и содержится постоянно в количествах от 0,003% до 0,15%, в среднем 0,0243% ( $KK=4,19$ ). Кобальт стабильно обнаруживается во всех пробах в количествах от 0,0015% до 0,010%, среднее 0,0065% ( $KK=3,6$ ). Разброс показателя марганца – от 0,06 до более 1%, среднее 0,278% ( $KK=2,78$ ). Фосфор и ванадий содержатся в сланцах примерно в равных количествах: ванадий – от 0,06% до 0,015%, среднее 0,133% ( $KK=1,48$ ), фосфор – от 0,05% до 0,3%, среднее 0,127% ( $KK=1,37$ ). Титан стабильно проявляется в интервале содержаний 0,05-0,3%, среднее 0,447% ( $KK=0,99$ ).

Халькофильные элементы гидротермалитов в черных сланцах, такие как медь, цинк, свинец, содержатся обычно в небольших количествах, но локально, в флюидоактивных зонах тектонических нарушений, их содержание резко возрастает. Медь в среднем содержится в количестве 0,004%, но локально, а в зонах секущих тектонических нарушений, возрастает до 0,3%. Цинк в черных сланцах распространен равномерно, среднее содержание – 0,0127%, местами повышаясь до 0,02%. Также равномерно распространен и свинец, среднее – 0,0045%, локально до 0,008%.

Группа элементов, типоморфных спутников золота – мышьяк, висмут, сурьма, в неизменных сланцах проявлена слабо, концентрируясь в участках наложенной гидротермальной проработки. Мышьяк обнаружен только в 24% проб, в среднем с разбросом 0,003-0,005% ( $KK=17,6-24,4$ ), локально повышаясь до 0,015-0,03% в тектонических зонах. Висмут содержится во всех пробах в количествах 0,00008-0,00015%, в среднем 0,000104%, локально повышаясь до 0,0002%. Сурьма обнаружена в 23% проб в количествах 0,001-0,002%, в среднем 0,0015 ( $KK=30$ ). Все эти элементы аномально проявляются в березитизированных гранодиоритах, секущих черносланцевые породы.

Необычайность состава черных сланцев нашла выражение и в их петрохимических характеристиках. В фундаментальной работе по геохимии черных сланцев Я. Э. Юдовича и М. П. Кертиса [Юдович, Кертис, 1988] нет классификационного показателя, аналогичного рудоносным сланцам Северного Кавказа. Используется главный петрохимический параметр ГМ, рассчитанный по формуле:

$$TiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 + FeO (MnO) SiO_2$$

Для сланцев андрюкской свиты ГМ равен 0,36-0,41 и не имеет своего литологического описания по причине необычности своего литологического состава [Юдович, Кертис, 1988].

На значения петрохимических модулей применительно к отложениям Тоханского покрова оказывает влияние не только содержание окислов, участвующих в расчете модулей ( $Al_2O_3$ ,  $FeO+Fe_2O_3$ , щелочей), но и содержание  $MgO$ . В большинстве модулей [Юдович, Кертис, 1988] магний не учитывается, так как эти модули применяются для рассмотрения осадочных пород, как продуктов выветривания и денудации наиболее распространенных пород, от основного до кислого состава, то есть Fe-Al-Si ряда.

Анализ же поведения петрохимических модулей в отложениях Тоханского покрова, их корреляция друг с другом указывают на значительную возмущающую роль магния при интерпретации значений петрохимических модулей. Все это говорит о своеобразии этих отложений и значительном влиянии ультраосновного материала на их петрохимические особенности.

В целом отложения Тоханского покрова характеризуются специфически высоким вкладом в их состав продуктов размыва ультраосновных пород с выделением высокомагнези-

альных отложений. Менее магнезиальные разности характеризуются преимущественным вкладом кремнистого материала – фтанитов. В обоих случаях отложения обладают граувакковым, незрелым характером. Петрохимические модули указывают на установленную нами невысокую проявленность процессов механической дифференциации, низкую степень вклада процессов химического выветривания и низкий уровень показателя зрелости материала пород области сноса при формировании основной массы отложений [Гончаров и др., 2005].

#### 4. Рудная зона Грушовая

Геохимические особенности черных сланцев с учетом наложенной минерализации наглядно проявились в детально изученной нами рудной зоне Грушовая, где на общий геохимический фон локально накладываются золоторудная, колчеданная, полиметаллическая и никель-кобальтовая минерализации (рис. 1).

В пределах этой зоны по левому борту реки Большой Лабы в сланцах впервые обнаружена платина в виде зерен размером до 0,8 мм [Богуш и др., 2018]. Рудная минерализация черных сланцев представлена несколькими парагенетическими ассоциациями рудных и околорудных минералов: 1 – кварц, серицит, хлорит, пирит, халькопирит (колчеданная минерализация); 2 – кварц, пентландит, арсениды и антимониды никеля (сульфидная ассоциация) – никелевая минерализация ассоциирует и локализуется в активно измененных (окварцованных, серицитизированных и карбонатизированных) конгломератах; 3 – гарниерит, ревдинскит (силикатно-никелевая ассоциация) – примазки и плоские гнезда тяготеют к конгломератам, часто развиты по сланцеватости.; 4 – кварц, железистый карбонат, пирит, арсенопирит, золото, леллингит, платиноиды (золотосульфидная ассоциация); 5 – галенит, пирит, сфалерит (полиметаллическая ассоциация), приуроченная к дайкам лей-

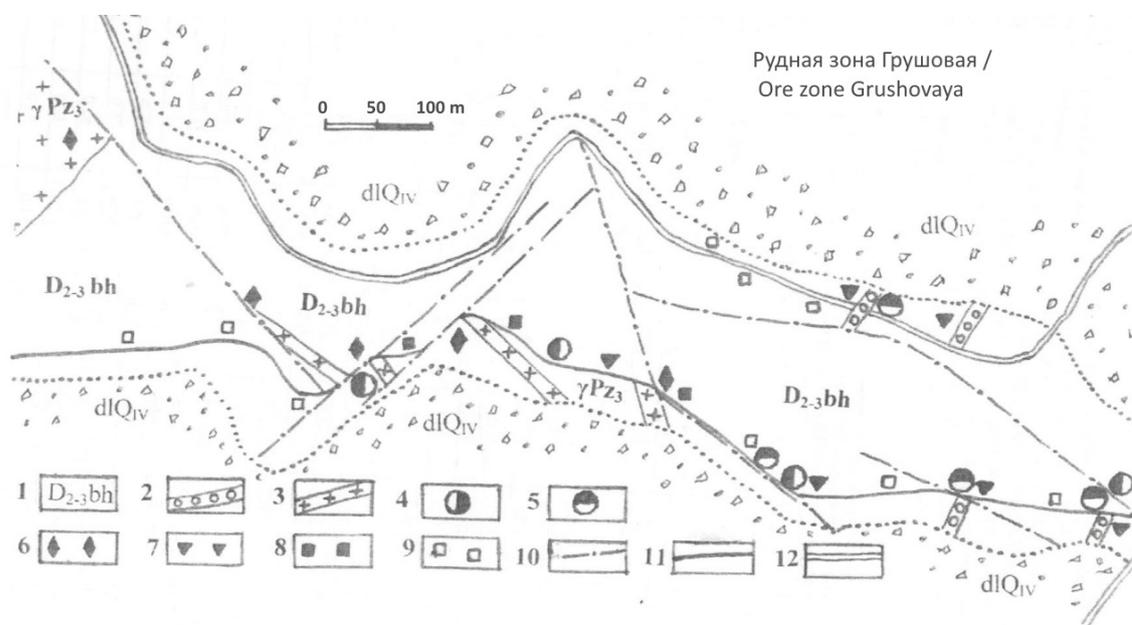


Рис. 1. Рудная зона Грушовая.

Условные обозначения: 1 – черные сланцы ( $D_{2-3bh}$ ); 2 – метаконгломераты; 3 – аплитовидные граниты; 4 – золото; 5 – полиметаллы; 6–9 – минерализация (6 – халькопирит, 7 – сфалерит, 8 – пирит 5–15%; 9 – пирит 0,5–3%); 10 – тектонические нарушения; 11 – контакты пород; 12 – дороги. /  
 Fig. 1. Ore zone Grushovaya. Legend: 1 – black shales ( $D_{2-3bh}$ ); 2 – metaconglomerates; 3 – aplite-like granites; 4 – gold; 5 – polymetals; 6–9 – mineralization (6 – chalcopyrite, 7 – sphalerite, 8 – pyrite 5–15%; 9 – pyrite 0.5–3%); 10 – tectonic disturbances; 11 – rock contacts; 12 – roads.

Таблица 3. / Table 3.

**Результаты спектрального анализа черных сланцев зоны Грушовая  
(Большая Лаба) \* /  
Spectral analysis of black shales in the Grushovaya zone (Bolshaya Laba) \***

Элементы / Elements	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	S	Cr	V	Co	Ni	Cu
	(%)	(%)	(%)	(%)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
Филлиты / Phyllites	4,5	0,92	0,52	0,94	317	99	32	160	50
Кластиты / Clastites	5,57%	0,28	0,34	0,53	277	62	34	68	34
Метасоматиты / Metasomatitits	5,67	0,49	1,48	0,71	285	88	23	102	59

Продолжение таблицы 3. / Continuation of table 3.

Элементы / Elements	Zn	Rb	Sr	Zr	Ba	Pb	As
	(ppm)						
Филлиты / Phyllites	88	64	340	79	272	14	42
Кластиты / Clastites	54	43	190	58	161	43	109
Метасоматиты / Metasomatitits	76	51	333	89	175	15	60

\*Анализы выполнены в ЦХЛ ФГП «Кавказгеолсъемка» /

\* The analyses were performed at the Central Chemical Laboratory of the Federal State Unitary Enterprise «Kavkazgeolsemka»

кократовых гранитов (фельзит-порфиры). С аналогичными гранитами в зоне Передового хребта генетически связано Худесское полиметаллическое месторождение, а в Урупском и Большешелабинском районе многочисленные проявления радиоактивных металлов.

Никелевая минерализация широко представлена вдоль южного контакта Беденского ультрабазитового массива на продолжении зоны Грушовой. Она присутствует как в сульфидной, так и силикатной формах. По данным В.Ф. Сидоренко отдельные пробы черных сланцев участка содержат местами до 0,3% никеля и до 1% хрома. В тектонической зоне контакта с серпентинитами в сланцах обнаружены пентландит, гарниерит, никелин, пирротин, миллерит, гарниерит, ревдинскит. Никель максимально содержится в филлитах – 0,160% (табл. 3).

Высокое значение CaO (4,5-5,67% и до 15-17%) (см. табл. 3) положительно коррелируется с высокой степенью карбонатизации черносланцевой толщи, установленной при петрографическом исследовании пород (присутствуют кальцит, анкерит, доломит, сидерит). По этому показателю черные сланцы, по нашему мнению, следует отнести к кремнисто-карбонатно-углеродистым сланцам. Кальцит развит повсеместно во всех литологических типах пород, активно участвуя в гидротермальных метасоматических процессах.

Колчеданная пиритная минерализация имеет проходящий характер по всей толще черных сланцев и присутствует в заметных количествах – от 0,5-3% и местами до 5-8% во всех типах пород. Постоянное присутствие сульфидов нашло отражение и в высоком количестве серы – 0,53-0,91% (табл. 3).

Рудная минерализация черных сланцев представлена несколькими парагенетическими ассоциациями рудных и околорудных минералов разного возраста и широкого генетического спектра (диагенетических, гидротермальных, метаморфогенных, магматогенных), испытавших большей частью зеленокаменный метаморфизм.

Пирит представлен практически всеми генетическими типами: диагенетический, метаморфический и гидротермальный. С гидротермальным пиритом местами ассоциируют

Таблица 4. / Table 4.

**Содержания металлов в черных сланцах зоны Грушовой\*, г/т. /  
The metal content in the black shales of the Grushovaya zone\*, g/t.**

№№/пп / Sample Numbers	Au	Pt	Pd	Co	Ni	Cu	Pb
1	0,18	0,24	0,26	6,0	3,0	89,0	15,0
2	0,30	0,41	0,38	6,0	3,5	90,1	14,4
3	0,22	0,25	0,31	7,0	38,0	11,0	29,0
4	0,16	0,11	0,09	6,5	35,5	11,5	25,4
5	0,31	0,24	0,30	5,0	24,0	39,0	26,0
6	0,64	0,55	0,41	7,0	19,0	12,0	20,0
7	0,52	0,32	0,28	7,3	22,5	14,4	20,6
8	0,56	0,41	0,38	7,0	40,0	19,0	22,0
9	0,11	0,018	0,017	8,0	35,0	50,0	24,0
10	0,34	0,41	0,38	7,3	34,4	42,5	22,2
11	0,51	0,55	0,57	5,9	51,0	8,0	13,0
12	0,34	0,34	0,28	5,0	36,0	3,0	42,0
13	0,30	0,29	0,41	6,1	20,3	2,2	12,8
14	0,32	0,33	0,36	4,8	18,0	6,5	26,6
15	0,29	0,33	0,33	0,37	17,7	12,9	32,2
16	0,31	0,29	0,34	3,0	16,0	16,0	42,0
17	0,23	0,25	0,25	5,0	38,0	12,0	26,0
18	0,22	0,32	0,19	6,0	35,5	13,3	20,7
19	0,25	0,18	0,20	12,3	40,3	12,7	18,8
20	0,40	0,36	0,41	12,0	46,0	6,0	22,0
21	0,42	0,44	0,29	10,7	30,3	7,2	18,6
22	0,45	0,30	0,32	12,4	45,5	10,7	18,0
23	0,50	0,45	0,44	12,4	36,6	13,3	19,8
24	0,56	0,40	0,39	12,0	8,1	24,0	20,0
25	0,33	0,05	0,11	9,0	-	21,3	-
26	0,28	0,2	0,14	7,6	-	55,5	-
27	0,38	0,05	0,2	11,1	-	22,9	-
Среднее содержание / Average content	0,335	0,315	0,303	29,5	3,0		
Интервал разброса / Interval spread	0,11-0,64	0,018-0,55	0,09-0,57	0,37-12,4	3,0-51,0	3,0-90,1	12,8-42,0

\*Анализы выполнены в Лаборатории физико-химических исследований  
Института геологии Дагестанского научного центра РАН. /

\* The analyses were performed at the Laboratory of Physical and Chemical Research of the Institute of Geology  
of the Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences.

халькопирит, сфалерит. Сульфидная полиметаллическая минерализация (галенит, сфалерит, пирит) в сланцах сопровождается жильные тела аплитовидных гранитов.

Особое внимание привлекает значительное содержание хрома (табл. 3), типоморфного элемента ультрабазитов, еще раз подчеркивая генетическое родство сланцев и ультрабазитов, как это утверждается авторами по материалам литологических, петрографических и петрохимических исследований [Гончаров и др., 2005, 2006]. Среднее содержание хрома в филлитах составляет 317 г/т (табл. 3). В отдельных пробах конгломератов зоны содержание хрома достигает 1949 г/т.

## 5. Благородные металлы (Au, Ag, Pt, Pd) в сланцах

Минералы платиновой группы впервые обнаружены авторами в тесной ассоциации с россыпным золотом в черных шлихах в аллювии рек Большой Лабы, Урупа и Власенчихи [Богущ и др., 2010]. Наряду с редкими находками платины большой интерес представляют платиноиды триады – осмий-иридий-рутений. Микрозондовые исследования (20 проб) обнаруженного нами минерала позволили диагностировать его как рутениридосмин (Os, Ir, Ru) с примерно равными содержаниями этих элементов. Золото и платиноиды в породах черносланцевой полосы повсеместно содержатся в тонко рассеянном дисперсном состоянии и визуально не фиксируются, но повсеместно обнаруживаются химическими методами. К сожалению, благородные металлы начали привлекать внимание на Кавказе только в конце предыдущего столетия [Богущ и др., 2018].

Таким образом, первые находки и наличие платиноидов в черных сланцах Северного Кавказа подтверждены аналитически, визуально и микроскопически. В пробах черных сланцев из зоны Грушовая обнаружены элементы благородных металлов с преобладанием палладия (табл. 4).

На Северном Кавказе повышенное внимание исследователей на площадях развития черносланцевых толщ всегда привлекали россыпи благородных металлов в силу своей высокой концентрации и хорошей визуализации [Новожилов, Гаврилов, 1999]. В подавляющем большинстве случаев минеральные формы группы платиноидов в черных сланцах, да и в магматических породах, визуально и микроскопически не фиксируются, так как находятся в тонкодисперсном состоянии. Благородные металлы проявляют себя лишь при химическом опробовании с использованием прецизионной аналитической аппаратуры. Аналогичная ситуация вообще типична для благородных металлов в черносланцевых толщах. Крупнейшие месторождения золота и платиноидов месторождения Сухой Лог, золоторудные месторождения Восточного Забайкалья практически не имеют визуально фиксированных минеральных форм благородных металлов [Гурская, 2000; Новожилов, Гаврилов, 1999; Парада, 2009; Сазонов и др., 2011; Cfrville et al., 1990; Crauch et al., 1991; Large et al., 2007].

Несмотря на общее дисперсное распространение золота и платиноидов в черных сланцах Северного Кавказа, в отдельных случаях, а именно в флюидоактивных зонах, встречаются проявления их минеральных форм в визуально различимых размерах. Первые минералогические находки платины обнаружены нами в черных сланцах Большой Лабы в рудной зоне Грушовая. В метаморфизованных сланцах в полированных шлифах найдены зерна платины размером до 0,4-0,8 мм. Платина локализуется в анхикварцевых с хлоритом и серицитом метасоматитах по филлитам. В аналогичных зонах зерна золота встречены в метасоматических жилах кварца.

Площадное и точечное опробование черных сланцев на благородные металлы показало повсеместное присутствие золота, платины и палладия в аномальном количестве в сумме трех металлов (не менее 1г/т). В первую очередь наши поисковые работы пока были сосредоточены в черных сланцах зоны Грушовая, где ранее нами найдена коренная платина [Богущ и др., 2004].

## Выводы

1. Изложенный материал впервые однозначно указывает на ультрабазиты в качестве первичного источника благородных металлов в черносланцевом комплексе. Показано, что благородные металлы (Au, Pt, Pd) сингенетичны вмещающим осадочным терригенным толщам и отлагаются в процессе седиментогенеза.

2. Сложная (полигенная) теоретическая схема рудогенеза благородных металлов черносланцевой формации в представлении практически всех авторов [Гурская, 2000; Додин и др., 2000; Новожилов, Гаврилов, 1999; Парада, 2009; Сазонов и др., 2011] полагает первичным источником благородных металлов гипотетические глубинные магмы (для золота эти магмы имеют гранитный состав, а для платиноидов – ультрабазитовый). Приведенный авторами фактический материал по черным сланцам Северного Кавказа указывает на единый ультрабазитовый источник двух групп благородных металлов – как для Au, так и для Pt, Pd.

3. Анализ рудоносности черных сланцев Кавказа и установление древнейшего источника благородных металлов стали отправным пунктом для создания автором металлогенической геолого-генетической модели благородных металлов Северного Кавказа, охватывающей весь фанерозойский этап его развития [Богуш и др., 2018].

## Литература

1. Богуш И. А., Курбанов М. М. Концепции рудоносности и перспективы благородных металлов черносланцевых толщ Северного Кавказа. // Основные проблемы геологического изучения и использования недр Северного Кавказа. – Ессентуки. – 1995. – С. 308-311.

2. Богуш И. А., Исаев В. С., Глазырина Н. В. Вещественный состав и условия формирования палеозойской черносланцевой формации зоны Передового хребта Северного Кавказа. // Проблемы геологии, полезных ископаемых и экологии юга России и Кавказа. Материалы 4-й науч. междунар. конф. Том 1. Актуальные проблемы геологического изучения Южного Региона. – Новочеркасск. – 2004. – С. 57-72.

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

4. Богуш И. А., Рябов Г. В., Черкашин В. И. Металлогения благородных металлов (Au, Pt, Pd) Северного Кавказа. // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Том VIII. – М.: ИИЕТ РАН, 2018. – С. 176-183.

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

6. Геология СССР. Северный Кавказ. Т. 9, Ч. 1. – 1968. – С. 83-111.

7. Гончаров В. И., Богуш И. А., Глазырина Н. В., Исаев В. С. Литология, геохимия и золотоносность черносланцевых комплексов Северного Кавказа // Вестник ЮНЦ РАН. – 2005. – Т. 1. №4. – С. 58-64.

8. Гончаров В. И., Богуш И. А., Исаев В. С., Глазырина Н. В., Джангиров М. Ю., Дарчиева А. Е., Васьков И. М. Литогеохимия и первичный состав пород золотоносного черносланцевого комплекса Северного Кавказа // Вестник Южного научного центра РАН. – 2006. – Том 2. №2. – С. 46-58.

9. Гурская Л. И. Платинометалльное оруденение черносланцевого типа и критерии его прогнозирования. – С.-Пб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2000. – 208 с.

10. Додин Д. А., Изойтко В. М., Чернышов Н. М. Платинометалльные месторождения России. – С.-Пб.: Наука, 2000. – 7 \35 с.

11. Лазаренков В. Г., Смыслов А. А., Тихомиров Л. И. // Крупные и уникальные месторождения редких и благородных металлов. – С.-Пб. – 1998. – С. 210-230.

12. Новожилов Ю. М., Гаврилов А. М. Золото-сульфидные месторождения в углеродисто-терригенных толщах. – М.: Изд. ЦНИГРИ, 1999. – 175 с.

13. Парада С. Г. Предпосылки и признаки платиноносности Северного Кавказа. // Состояние минерально-сырьевой базы Юга России и перспективы ее развития. Материалы научн.-технич. конф. – Ростов-н/Д. – 2009. – С. 83-87.

14. Погапенко Ю. Я., Пруцкий Н. И. Офиолитовый конгломерат в среднем девоне зоны Передового хребта. // ДАН СССР. – 1976. – Т. 228. №5. – С. 1179-1181.

15. 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.

16. Черницин В. Б., Прокуронов П. В. Металлогеническая специализация Пшекиш-Тырныаузского глубинного разлома (Большой Кавказ). // Геология рудн. месторожд. – 1977. – №2. – С. 115-118.

17. Юдович Я. Э., Кертис М. П. Геохимия черных сланцев. – Л.: Наука, 1988. – 272 с.

18. Carville D. P., Leckie J. F., Moorhead J. G. a.o. Coronation Hill gold-platinum deposit. // In *Geology of the mineral deposits of Australia and Papua New Guinea*. – 1990. – Vol. 1. – Pp. 759-762.

19. Crauch R. I., Coveney R. M., Murawchick J. B. et al. Black shales as hostes for unconventional

platinum-group-element resources. Example from Southern China and the Yukon, Canada, and implications for US resources // *US Geol. Surv.* – 1991. – No. 1062. – Pp. 33-34.

20. Large R., Maslennikov V., Robert F. et al. Multistage sedimentary and metamorphic origin of pyrite and gold in the giant Sukhoy Log deposits, Lena gold province, Russia. // *Econ.Geol.* – 2007. – V. 102. – Pp. 1233-1267.

## References

1. Bogush I.A., Kurbanov M.M. Ore-bearing concepts and perspectives of noble metals of the black shale strata of the North Caucasus. The main problems of geological survey and use of the subsoil of the North Caucasus. Essentuki. 1995. pp. 308-311. (In Russ.)

2. Bogush I.A., Isaev V.S., Glazyrina N.V. The material composition and conditions of the formation of the Paleozoic black shale formation of the zone of the Advanced Range of the North Caucasus. The problems of geology, minerals and ecology of the Southern Russia and the Caucasus. Materials of the 4th scientific. int. conf. Volume 1. Actual problems of geological survey of the Southern Region. Novocherkassk. 2004. pp. 57–72. (In Russ.)

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

4. Bogush I.A., Ryabov G.V., Cherkashin V.I. Metallogeny of noble metals (Au, Pt, Pd) of the North Caucasus. Modern problems of geology, geophysics and geoecology of the North Caucasus. Vol. VIII. M.: IJET RAS, 2018. pp. 176–183. (In Russ.)

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

6. Geology of the USSR. North Caucasus. Vol. 9, Part 1. 1968. pp. 83–111. (In Russ.)

7. Goncharov V.I., Bogush I.A., Glazyrina N.V., Isaev V.S. Lithology, geochemistry and gold content of black shale complexes of the North Caucasus. Bulletin of the SSC RAS. 2005. Vol. 1. No. 4. pp. 58–64. (In Russ.)

8. Goncharov V.I., Bogush I.A., Isaev V.S., Glazyrina N.V., Dzhangirov M.Yu. Darchieva A.E., Vas'kov I.M. Litho-geochemistry and primary composition of the gold-bearing rocks of black shale complex of the North Caucasus. Bulletin of the Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2006. Vol. 2. No. 2. pp. 46–58. (In Russ.)

9. Gurskaya L.I. Black shale platinum mineralization and criteria for its prognosis. S.-Pb.: VSEGEI Publishing House, 2000. 208 p. (In Russ.)

10. Dodin D.A., Izoitko V.M., Chernyshov N.M. Platinum deposits of Russia. S.-Pb: Nauka, 2000. 7-35 p. (In Russ.)

11. Lazarenkov V.G., Smyslov A.A., Tikhomirov L.I. Large and unique deposits of rare and precious metals. Saint Petersburg. 1998. pp. 210–230. (In Russ.)

12. Novozhilov Yu.M., Gavrilov A.M. Gold-sulfide deposits in carbon-terrigenous strata. M. Publishing house TSNIGRI, 1999. 175 p. (In Russ.)

13. Parada S.G. Background and signs of platinum in the North Caucasus. The state of the mineral resource base of the South of Russia and the prospects for its development. Proceedings of scientific conference. Rostov-on-Don. 2009. pp. 83–87. (In Russ.)

14. Potapenko Yu.Ya., Prutskii N.I. Ophiolite conglomerate in the Middle Devonian of the Forward Range zone. Proceedings of the USSR Academy of Sciences. 1976. Vol. 228. No. 5. pp. 1179–1181. (In Russ.)

15. Sazonov V.N., Koroteev V.A., Ogorodnikov V.N., Polenov Yu.A., Velikanov A.Ya. Gold in the “black shales” of the Urals, Lithosphere. 2011. No. 4. pp. 70–92. (In Russ.)

16. Chernitsin V.B., Prokuronov P.V. Metallogenic specialization of the Pshekish-Tyrnyauz deep fault (Greater Caucasus). Geology of the ore fields. 1977. No. 2. pp. 115–118. (In Russ.)

17. Yudovich Ya.E., Kertis M.P. The geochemistry of black shales. Leningrad. Nauka, 1988. 272 p. (In Russ.)

18. Carville D.P., Leckie J.F., Moorhead J.G. a.o. Coronation Hill gold-platinum deposit. In Geology of the mineral deposits of Australia and Papua New Guinea. 1990. Vol. 1. pp. 759–762.

19. Crauch R.I., Coveney R.M., Murawchick J.B. et al. Black shales as hostes for unconventional platinum-group-element resources. Example from Southern China and the Yukon, Canada, and implications for US resources. *US Geol. Surv.* 1991. No. 1062. pp. 33-34.

20. Large R., Maslennikov V., Robert F. et al. Multistage sedimentary and metamorphic origin of pyrite and gold in the giant Sukhoy Log deposits, Lena gold province, Russia. *Econ.Geol.* 2007. Vol. 102. pp. 1233–1267.