

УДК: 553.071:550.4

DOI: 10.46698/VNC.2025.48.48.001

Оригинальная статья

Геохимические особенности вмещающих пород золоторудных проявлений Восточного Донбасса

С.Г. Парада 

Южный научный центр Российской академии наук, Россия, 344006,
г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, e-mail: segripa@rambler.ru

Статья поступила: 12.05.2025, доработана: 02.06.2025, принята к публикации: 06.06.2025

Резюме: Актуальность исследования определяется необходимостью оценки перспектив возможного расширения круга полезных компонентов руд золотоносных проявлений Восточного Донбасса. **Цель работы.** Изучить уровни концентрации золота, платины, палладия, родия и других рудных элементов в различных рудовмещающих породах, слагающих Керчикское и Трофимовское рудные поля. **Методы исследования.** Геологические маршруты с отбором проб рудных образований и вмещающих пород, анализ проб на золото, платину, палладий и другие рудные элементы атомно-адсорбционным и эмиссионно-спектральными методами. Анализ производственных отчетов и опубликованных работ. **Результаты исследования.** Установлено, что углистые алевролиты каменской свиты Керчикского рудного поля, содержащие сульфидную вкрапленность и конкреции, обладают повышенными содержаниями Au (0,02–1,02 г/т), Pt (0,1–0,2 г/т) и Pd (0,05–0,09 г/т). При этом концентрации этих элементов прямо коррелируются с содержанием сульфидов в породе. Также заметно повышенные концентрации в породах, содержащих сульфидную вкрапленность, отмечаются для Ag, As, Co, Ni, Cu, Mo, Pb, Zn и Y. Показано, что содержания элементов платиновой группы в породах каменской и алмазной свит Трофимовского рудного поля находятся ниже предела обнаружения этих элементов примененным методом анализа (<0,005 г/т). Выявленные содержания золота в различных породах рудного поля варьируют в пределах 0,0043–0,1 г/т, что в большинстве случаев выше кларковых значений. Установлено закономерное возрастание концентрации золота в пределах алевролит-аргиллитовой толщи каменской свиты в ряду песчаник – алевролит – аргиллит (от 0,0084 до 0,1 г/т), что может свидетельствовать о первичной (седиментогенно-диагенетической) природе обогащения этих пород золотом. Из других изученных элементов повышенные содержания в породах Трофимовской перспективной площади отмечаются для V, Cr и Pb. В ряду песчаник – аргиллит – углистый аргиллит – уголь концентрации Pb, Cu и Sr закономерно возрастают. Концентрирующая роль углистого вещества терригенных пород отмечается и в пределах Керчикского рудного поля для Pb, Ag, Mn, Nb и Y. Главной геохимической особенностью вмещающих терригенных пород Керчикского рудного поля является повышенная концентрация в них Pt и Pd, обусловленная, скорее всего, влиянием лампрофирового магматизма. Это является предпосылкой обнаружения рудных проявлений металлов платиновой группы. Территория Трофимовского рудного поля отличается монометалльной специализацией на золото стратиформного сульфидно-вкрапленного типа.

Ключевые слова: золото, платина, палладий, геохимия, углеродистые породы, рудопоявление, Восточный Донбасс.

Благодарности: Работа выполнена в рамках реализации государственного задания ЮНЦ РАН, № госрегистрации 125011700412-6.

Для цитирования: Парада С.Г. Геохимические особенности вмещающих пород золоторудных проявлений Восточного Донбасса. *Геология и геофизика Юга России*. 2025. 15(2). С. 166–179. DOI: 10.46698/VNC.2025.48.48.001

DOI: 10.46698/VNC.2025.48.48.001

Original paper

Geochemical features of the host rocks of the gold ore occurrences of the Eastern Donbass

S.G. Parada 

Southern Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, 41 Chekhov Ave.,
Rostov-on-Don 344006, Russian Federation, e-mail: segripa@rambler.ru

Received: 12.05.2025, revised: 02.06.2025, accepted: 06.06.2025

Abstract: The relevance of the study is determined by the need to assess the prospects for a possible expansion of the range of useful components of the ores of the gold-bearing occurrences of the Eastern Donbass. **Aim.** To study the concentration levels of gold, platinum, palladium, rhodium and other ore elements in various ore-bearing rocks composing the Kerchik and Trofimov ore fields. **Methods.** Geological routes with sampling of ore formations and host rocks, analysis of samples for gold, platinum, palladium and other ore elements by atomic adsorption and emission spectral methods. Analysis of production reports and published works. **Results.** It has been established that the carbonaceous siltstones of the Kamenskaya formation of the Kerch ore field, containing sulfide inclusions and nodules, have increased concentrations of Au (0.02–1.02 g/t), Pt (0.1–0.2 g/t) and Pd (0.05–0.09 g/t). At the same time, the concentrations of these elements are directly correlated with the content of sulfides in the rock. Also, markedly increased concentrations in rocks containing sulfide inclusions are noted for Ag, As, Co, Ni, Cu, Mo, Pb, Zn, and Y. It is shown that the concentrations of platinum group elements in the rocks of the Kamenskaya and diamond formations of the Trofimovsky ore field are below the detection limit of these elements by the applied analysis method (<0.005 g/t). The revealed gold content in various rocks of the ore field varies between 0.0043–0.1 g/t, which in most cases is higher than Clark values. A regular increase in gold concentration within the siltstone-mudstone strata of the Kamenskaya formation in the sandstone–siltstone–mudstone series (from 0.0084 to 0.1 g/t) has been established, which may indicate the primary (sedimentogenic-diagenetic) nature of the enrichment of these rocks with gold. Among other studied elements, increased concentrations in the rocks of the Trofimovskaya perspective area are noted for V, Cr, and Pb. In the sandstone–argillite–carbonaceous argillite–coal series, concentrations of Pb, Cu, and Sr increase naturally. The concentrating role of carbonaceous matter of terrigenous rocks is also noted within the Kerch ore field for Pb, Ag, Mn, Nb and Y. The main geochemical feature of the host terrigenous rocks of the Kerch ore field is the increased concentration of Pt and Pd in them due to the influence of lamprophyric magmatism. This is a prerequisite for the detection of ore manifestations of platinum group metals. The territory of the Trofimovsky ore field is distinguished by its monometallic specialization in gold of the stratiform sulfide-interspersed type.

Keywords: gold, platinum, palladium, geochemistry, carbonaceous rocks, ore occurrence, Eastern Donbass.

Acknowledgements: The work was carried out within the framework of realization of the state assignment of SSC RAS, state registration No. 125011700412-6.

For citation: Parada S.G. Geochemical features of the host rocks of the gold ore occurrences of the Eastern Donbass. *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South*. (in Russ.). 2025. 15(2): 166–179. DOI: 10.46698/VNC.2025.48.48.001

Введение

Условия образования золоторудных месторождений в черносланцевых толщах и источники рудообразующих элементов в них по-прежнему остаются предметом споров. В начале XXI века было предложено такие месторождения называть орогенными [Goldfarb et al., 2001]. Термин «орогенные золоторудные месторождения» стал объединяющим понятием для определения группы месторождений и рудо-

проявлений золота, которые сформировались в сланцевых поясах на позднем этапе становления орогена при участии предположительно метаморфических или постмагматических флюидов различной глубинности. Геолого-генетические факторы формирования таких золоторудных месторождений рассмотрены в многочисленных работах отечественных и зарубежных исследователей [Савчук, Волков, 2019; Groves et al., 2020; Torvela et al., 2022; Volkov et al., 2024; Vikentyev, Bortnikov, 2024].

Анализ этих работ показывает, что так называемые орогенные месторождения золота, несмотря на относительное постоянство химического состава руд, формируются в широком диапазоне температур и давлений и в значительном интервале глубин земной коры. В работе [Goldfarb, Groves, 2015] показано, что большая часть представленных данных по изотопам не согласуется между месторождениями, что приводит к различным и довольно произвольным интерпретациям результатов определения источников флюидов и металлов для различных орогенных золотоносных провинций. Так, например, изотопный состав свинца в рудах Нежданнинского месторождения соответствует свинцу, заимствованному из вмещающих осадочных пород [Бортников и др., 2007], а рудообразующие флюиды обычно характеризуются значительными концентрациями метана и (или) азота. Также установлено наличие золоторудных проявлений в угленосных толщах [Seredin, 2004, 2007]. Так, в угольных пластах Павловского бурогоугольного месторождения (Приморский край), одного из самых крупных германий-угольных объектов, выявлены и описаны минералы Au, Pd и Pt. Все это в совокупности позволяет не исключать латераль-секреционный механизм происхождения некоторых золоторудных объектов в сланцевых толщах, в том числе в отношении выявленного в последние годы золотого оруденения в Восточном Донбассе.

В настоящей работе автор попытался проанализировать результаты определения содержаний золота и элементов платиновой группы в угленосных терригенных породах карбона, вмещающих золотоносные руды Керчикского и Трофимовского рудопроявлений. Первое из них тесно ассоциирует с магматическими породами ранне-среднеюрского несветаевского и позднеюрского керчикского интрузивного комплексов, второе – располагается в угленосных терригенных породах карбона при отсутствии магматизма.

Материал и методы

Материал для исследования получен при проведении полевых работ с участием автора в пределах Трофимовского потенциально рудного поля Северо-Кондаковской перспективной площади, в ходе которых осуществлены геологические маршруты с отбором проб рудных образований и вмещающих пород. Материалы по Керчикскому рудопроявлению получены в результате анализа фондовых материалов ООО «Южгеология» и опубликованных работ. Отбор проб осуществлялся из дубликатов кернов поисково-оценочных скважин колонкового бурения. Анализы проб на элементы платиновой группы выполнены в ЦНИГРИ (г. Москва) методом пробирной плавки с атомно-абсорбционным окончанием. Определение золота в породах Керчикского рудопроявления выполнено атомно-абсорбционным методом, определение остальных элементов-примесей выполнено эмиссионным спектральным анализом методом испарения в лаборатории ООО «Южгеология». Определение золота и элементов платиновой группы в породах Трофимовского рудопроявления выполнено в лаборатории ВИМСа (г. Москва) методом пробирной плавки с ICP MS окончанием.

Результаты и обсуждение

Керчикское рудопроявление является наиболее известным и относительно хорошо изученным золоторудным объектом в Восточном Донбассе. По сумме подсчитанных запасов и прогнозных ресурсов оно может соответствовать крупному месторождению. В работах [Лихачев и др., 1983; Княжев и др., 1987; Грановская, 1992; Зеленщиков и др., 2001 и др.] достаточно подробно охарактеризованы магматизм, вещественный состав руд и структурные условия их локализации. В настоящей статье приведены характеристика некоторых особенностей рудовмещающих углеродисто-терригенных пород и содержания в них золота и элементов платиновой группы.

В разрезе среднекаменноугольных отложений Керчикского рудопроявления, изученного по данным скважин картировочного и поискового бурения и представленного углеродистыми терригенными и терригенно-карбонатными отложениями каменной свиты, выявлена типичная для Восточного Донбасса толща аргиллит-алевролит-песчаных отложений, сформированных в условиях континентального, лагунного и прибрежно-морского осадконакопления [Лихачев и др., 1983]. Они содержат относительно высокие концентрации золота (в среднем 0,09 г/т) при положительных кларках концентрации меди, хрома, никеля и элементов платиновой группы (табл. 1, 2, 3), что оказалось свойственно породам наиболее изменчивого фациального состава. Это, прежде всего, сочетание углеродистых алевролитов и тонкозернистых песчаников, включающих послойные скопления и рассеянную вкрапленность тонко и мелкозернистого пирита, а также скопления его конкреционных форм. При этом сульфидное вещество составляет 1–5 % объема породы с заметным увеличением в отложениях, обогащенных песчанистой составляющей.

Таблица 1 / Table 1

**Содержания элементов платиновой группы (в г/т)
в сульфидизированных терригенных отложениях средней пачки каменной
свиты Керчикского рудного поля (пробы отобраны из пород,
вскрытых скважиной 1/35 в интервале 71–82 м) /**
**Contents of platinum group elements (in g/t) in sulfidized terrigenous deposits
of the middle pack of the Kamenskaya formation of the Kerchik ore field
(samples were taken from rocks excavated by well 1/35 in the range of 71–82 m)**

№ п/п/ No. p/p	Количество проб/ Number of samples	Pt	Pd	Rh
1	3	0,16–0,20	0,05–0,08	0,02
2	1	0,18	0,09	<0,02
3	1	0,10	0,05	<0,02

Примечание: 1 – углистые алевролиты с послойной сульфидизацией (конкреции, вкрапленность 5–7 % объема пород); 2 – углистые алевролиты и т/з песчаники с примесью «послойных» сульфидов не более 1–2 %; 3 – углистые алевролиты слабо сульфидизированные (сульфидная вкрапленность менее 1 % объема пород). /

Note: 1 – carbonaceous siltstones with layered sulfidization (nodules, inclusions of 5–7% of the rock volume); 2 – carbonaceous siltstones and t/w sandstones with an admixture of “layered” sulfides of no more than 1–2%; 3 – carbonaceous siltstones slightly sulfidized (sulfide inclusions of less than 1% of the rock volume).

Таблица 2 / Table 2

Содержания элементов платиновой группы (в г/т) в сульфидизированных терригенных отложениях верхней пачки каменской свиты Керчикского рудного поля (пробы отобраны из углистых алевролитов с послойной сульфидизацией, составляющей в среднем 1–3 % объема пород) /

Contents of platinum group elements (in g/t) in sulfidized terrigenous deposits of the upper pack of the Kamenskaya formation of the Kerchik ore field (samples were taken from carbonaceous siltstones with layered sulfidization, averaging 1-3% of the rock volume)

№ п/п/ No. p/p	Количество проб/ Number of samples	Pt	Pd	Rh
1	1	0,15	0,08	—
2	2	0,05, 0,03	0,04, 0,09	0,02
3	2	0,10, 0,02	0,02, 0,02	—

Примечание: 1 – скважина 2к/18, 2 – скважина 3к/18, 3 – скважина 3к/6. /

Note: 1 – well 2K/18, 2 – well 3k/18, 3 – well 3k/6.

Таким образом, терригенные отложения средней и верхней пачек каменской свиты Керчикского рудного поля содержат заметно повышенные (надкларковые) концентрации платины, палладия и родия, что, вероятнее всего, обусловлено наличием вулканогенного материала в составе терригенных пород, а также влиянием позднюрского лампрофирового магматизма.

Таблица 3 / Table 3

Содержание элементов-примесей в терригенных отложениях средней пачки каменской свиты Керчикского рудного поля. Золото в г/т, остальные элементы в % (в числителе интервал содержаний элемента, в знаменателе среднее арифметическое) /

The content of impurity elements in the terrigenous sediments of the middle pack of the Kamenskaya formation of the Kerchik ore field. Gold in g/t, other elements in % (the numerator is the range of element contents, the denominator is the arithmetic mean)

Химические элементы/ Chemical elements	Песчаники мелкозернистые/ Fine-grained sandstones	Переслаивание алевролитов и мелкозернистых песчаников/ Interlacing of siltstones and fine-grained sandstones	Углистые алевролиты и аргиллиты/ Carbonaceous siltstones and mudstones	Алевролиты с послойной вкрапленностью и конкрециями пирита/ Siltstones with layered inclusions and nodules of pyrite
Au	0,004–0,03/ 0,012	0,002–0,01/ 0,007	0,002–0,005/ 0,003	0,02–1,02/ 0,09
Ag	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002
As	—	—	—	0,2
Ba	0,02	0,02	0,03	0,03

Be	<0,0001	0,0002	0,0001	0,0001
Bi	—	—	—	—
Cd	—	—	—	0,01
Co	<0,001	0,001	0,001	0,004
Cr	0,04	0,03	0,01	0,01
Cu	0,04	0,02	0,01	0,08
Ga	—	—	—	—
Ge	—	—	—	—
Mn	0,3	0,4	0,6	0,4
Mo	—	—	—	0,001
Nb	0,001	0,001	0,003	0,002
Ni	0,004	0,002	0,001	0,03
Pb	0,001	0,001	0,002	0,003
Sb	—	—	—	—
Sc	0,002	0,001	—	0,002
Sn	—	—	—	—
Sr	0,001	0,001	0,001	0,001
Ta	—	—	—	—
Ti	0,8	0,6	0,1	0,1
Tl	—	—	—	—
V	0,04	0,03	<0,001	0,004
W	—	—	—	—
Zn	—	0,01	<0,01	0,02
Zr	0,03	0,02	0,01	0,01
Y	0,001	0,001	0,004	0,006

Из таблицы 3 следует, что заметно повышенные концентрации золота и некоторых других рудообразующих элементов (Ag, As, Co, Ni, Cu, Mo, Pb, Zn, Y) обнаруживаются в породах, содержащих стратифицированную сульфидную вкрапленность и сульфидные конкреции.

Исследования золотоносности и платиноносности углеродистых терригенных толщ в разных регионах показывают, что повышенные содержания золота и элементов платиновой группы связаны с присутствием в терригенном разрезе вулканогенных пород, а также могут быть обусловлены вторичными гидротермально-метасоматическими процессами [Горжевский и др., 1987]. Для золота в терригенных углеродсодержащих породах отмечается промежуточный уровень концентрации (от 0,08 до 1,0 г/т), связанный, главным образом, с тонкодисперсной вкрапленностью сульфидов [Ермолаев и др., 1999]. Именно такие надкларковые концентрации золота в породах могут являться источником для формирования промышленных руд при последующих процессах магматизма.

Изученные ранее геохимические характеристики терригенного комплекса Керчического рудопоявления [Черненко, Трощенко, 2012] могут свидетельствовать о генетическом единстве осадочного материала пород, поступлении его из одних и тех же источников в осадки, отлагавшиеся в различных фациальных обстановках. При этом, первоисточником осадочного вещества, обогащенного золотом, медью и др. элементами могли быть золотоносные и меденосные метаморфические комплексы рифейского возраста Ростовского выступа, интенсивное разрушение которых происходило в раннем–среднем карбоне со сносом продуктов разрушения в северо-восточном направлении.

Таким образом, наряду с прожилково-вкрапленной золоторудной минерализацией, связанной с гидротермальным процессом, в углеродисто-терригенных породах рудовмещающего комплекса отмечена стратифицированная вкрапленная и прожилково-вкрапленная золотосодержащая пиритовая минерализация. Пиритизированные тонкозернистые алевролиты нижней и средней пачек каменской свиты образуют невыдержанные по мощности слои изначально глинистых углеродистых отложений, включавших диагенетическую пиритовую минерализацию. Мощность отдельных сульфидизированных слоев и линз не превышает 0,5–1,0 м. Пирит тонко-мелкозернистый, нередко собран в послойные скопления и прожилки (рис. 1). В тонкозернистых агрегатах иногда сохраняются реликтовые конкреционные формы. Содержания золота в монофракциях пиритов достигают сотен г/т. В связи с чем, можно считать, что повышенная золотоносность этих терригенных пород обусловлена золотоносностью содержащегося в них пирита.

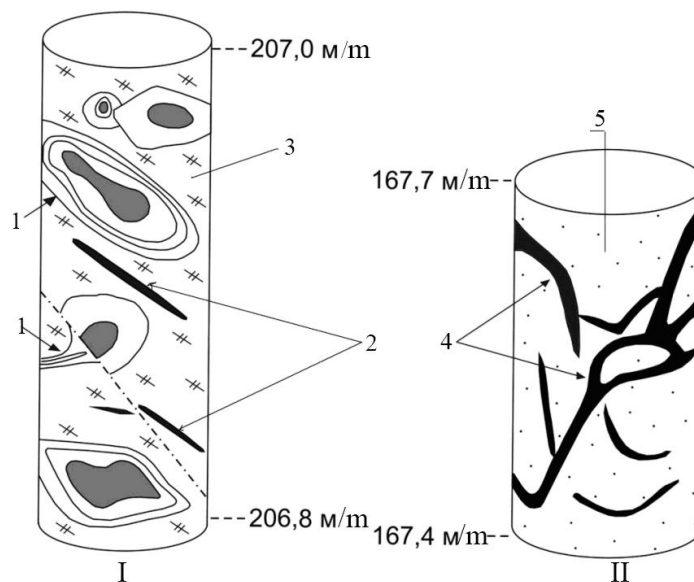


Рис. 1. Выделения прожилков густо вкрапленного пирита в рудовмещающих метасоматитах и песчаниках Керчического рудопоявления. Зарисовка кернов скважин:

I – скв. 101, II – скв. 94; 1 – сидеритовые конкреции, 2 – послойно-линзовидные прожилки пирита, 3 – метасоматит, 4 – секущие прожилки пирита, 5 – песчаник /

Fig. 1. Allocation of veins of densely interspersed pyrite in ore-bearing metasomatites and sandstones of the Kerch ore occurrence. Drawing of borehole cores: I – sq. 101, II – sq. 94;

1 – siderite nodules, 2 – layered lenticular veins of pyrite, 3 – metasomatite, 4 – secant veins of pyrite, 5 – sandstone

Повышенная золотоносность терригенных отложений, включающих стратифицированную сульфидную минерализацию, характерна для осадочных комплексов разных золотоносных регионов (Южного Верхоянья, Западного и Восточного Урала, Кызылкумского, Восточно-Казахстанского и др. регионов) и является результатом перераспределения вещества в условиях диагенеза, катагенеза и метаморфизма [Мирзеханов, Мирзеханова, 1991], и подтверждает известную точку зрения о важной роли сульфидного вещества, как концентратора металлов при осадконакоплении и диагенезе.

Изменчивость в распределении содержаний золота в контуре рудных тел может свидетельствовать о явлениях вторичного перераспределения золота в процессе метасоматической переработки рудовмещающих пород с последующим переотложением и локализацией в форме сложнопостроенных минерализованных зон.

Полученный результат позволяет предположить, что основная масса золота, заключенного в прожилково-вкрапленной кварц-полисульфидной минерализации крутопадающих зон, была привнесена гидротермальными растворами из источника, скорее всего включающего нижние горизонты каменной свиты, а также терригенные потенциально золотоносные отложения подстилающих толщ.

Таким образом, формирование золотого оруденения на Керчикском рудопроявлении является результатом сложного многостадийного процесса, включающего в себя: отложение золота в процессе осадконакопления, диагенеза, катагенеза, метасоматических преобразований и поздней гидротермальной деятельности, связанной с орогенным магматизмом юрского возраста. При этом рудные накопления каждого этапа, как это показано в работе [Кокин, 2005], подвергались переотложению с последовательным повышением концентраций золота при проявлении более поздних процессов.

Основные характеристики *Трофимовского золоторудного проявления*, особенности геологического строения одноименного рудного поля и Северо-Кондаковской перспективной площади в целом приведены в работах [Давыденко и др., 2014; Парада, 2024].

Рудовмещающий разрез представлен монотонной толщей переслаивающихся аргиллитов, алевролитов и песчаников с подчиненными слоями известняков и пластами углей. Между аргиллитами и алевролитами отмечаются частые фациальные переходы, что обусловлено, скорее всего, дельтовыми условиями осадконакопления.

Аргиллиты макроскопически представляют углистые породы от светло-серого до черного цвета, плотные, массивные, реже тонкоплитчатые. Структура микрозернисто-пелитовая или пелитовая. Основная масса аргиллитов сложена глинистым материалом, состав которого меняется от гидрослюдистого до гидрослюдисто-монтмориллонитового с примесью хлорита и серицита. Глинистое вещество пигментируется в разной степени углистым материалом, который присутствует в виде тонкораспыленной примеси углефицированного растительного детрита, частично пиритизированного. Более крупные фрагменты в виде тонких ветвистых форм беспорядочно распределены в породе. Встречается детрит органических остатков. Пирит (2–3%) встречается в виде линзочек, тонко рассеянной вкрапленности и пылевидных скоплений.

Алевриты характеризуются от светло-серой до темно-серой окраской, мелкой волнистой, параллельной или линзовидной слоистостью. Структура алевритовая, алевро-псаммитовая. Микроскопические исследования породы показали, что она состоит из обломков кварца – до 40%, полевых шпатов – 2-4%, обломочков пород кремнистого состава – до 7%, чешуек слюд ~ 8% и цементирующей глиноподобной массы. Обломочный материал в породе распределен неравномерно. Форма обломков кварца и кремнистых пород угловатая, угловато-окатанная, размер колеблется от 0,026 до 0,11 мм. Полевошпатовые обломки имеют таблитчатую форму, частично серицитизированы. Чешуйки слюды представлены в основном мусковитом, часто изломаны, иногда хлоритизированы. В породе отмечается до 1% вкрапленного пирита. Цементирующая масса достигает 38% объема породы. Обломочный материал и слюды погружены в цемент сложного состава базального типа. В неизмененных разностях цемент имеет глинистый гидрослюдистый (чаще) или карбонатный (кальцитовый) состав.

Слои песчаников отличаются большей выдержанностью, как по простиранию, так и по мощности. Они представлены плотными, крепкими, массивными или слоистыми, часто плитчатыми разностями полевошпат-кварцевого или полимиктового составов. Структура пород – псаммитовая от мелкозернистой до крупнозернистой. Микроскопическое изучение показало, что порода состоит, в основном, из обломков кварца, полевого шпата. Обломки пород кремнистого, кремнисто-слюдистого состава и вулканического происхождения находятся в подчиненном количестве. Основной тип цементации – поровый или пленочно-поровый. Состав цемента смешанный: кварц-серицитовый, карбонатный, углистый, серицит-карбонат-глинистый, серицит-гетитовый. Содержание цемента достигает 10%. Пирит (1–2%) встречается в виде тонко рассеянной вкрапленности, пылевидных скоплений, и в виде небольших включений, в отдельных случаях содержание пиритизированной органики достигает 16%.

Известняки, встреченные на изучаемой площади, нами специально не изучались. Анализировались в отдельных случаях метасоматически измененные разности. Макроскопически они представляют собой темно-серые, плотные, массивные породы с неровным и раковистым изломом. Структура пород мелко-скрытокристаллическая, органогенная, детритовая.

Органическая составляющая, в отдельных случаях по объему достигающая 85% породы, представлена фрагментами известковых раковин фораминифер, остракод с обрывками водорослей, криноидей, мшанок. Обломочная часть представлена зернами кварца, глинистым веществом (гидрослюдисто-каолининовым), чешуйками мусковита. Обломочная часть достигает 20%. Достаточно часто в известняках отмечаются микротрещины мощностью 2–3 мм, залеченные кристаллически-зернистым кальцитом, гидроокислами железа буро-красного цвета, углистым веществом. Цементирующая масса (~20%) кристаллически-зернистый кальцит.

В таблице 4 приведены средние значения фоновых содержаний химических элементов, которые в аргиллитах близки кларку глинистых пород. При этом для литофильных элементов фоновые содержания на 5–10% ниже кларковых, а для халькофильных (Pb, Cu, Zn) – на 10–20% выше кларковых, что, вероятно, связано с их поздним обогащением за счет проявления гидротермальных процессов. Этим

также объясняется повышение фоновых содержаний халькофильных элементов в углистых аргиллитах и углях за счет их повышенной сорбционной способности. Особенно это характерно для свинца, средние содержания которого в ряду: аргиллит – углистый аргиллит – уголь, закономерно увеличиваются от 24 до 100 г/т. При этом в аргиллитах пропорционально возрастает содержание серебра.

Таблица 4 / Table 4

Сравнительная характеристика фоновых содержаний химических элементов в углях и породах карбона Северо-Кондаковской площади (в г/т) /

Comparative characteristics of background concentrations of chemical elements in coals and carboniferous rocks of the Severo-Kondakovskaya area (in g/t)

Породы/ Rocks	Количество проб/ Number of samples	Ni	Co	Cr	V	Pb	Cu	Zn	Li	Sr
Угли/ Coals	24	50	28	200	120	100	60	60	35	300
Углистые аргиллиты/ Carbonaceous mudstones	48	80	30	160	140	46	53	180	58	280
Аргиллиты/ Mudstones	413	52	20	140	130	24	55	115	50	240
Песчаники/ Sandstones	326	40	17	200	83	15	27	67	36	215

В алевролитах и песчаниках по мере увеличения обломочной составляющей пород, среди которой преобладает кварц, закономерно уменьшается содержание почти всех изучаемых элементов. Судя по тому, что в углистых аргиллитах заметно выше содержания практически всех изученных химических элементов по сравнению с безуглеродистыми аргиллитами (за исключением меди), концентратом этих элементов в существенной доле является углистое вещество. В свою очередь, безуглеродистые аргиллиты обогащены большинством из изученных элементов (за исключением хрома и бария) по сравнению с песчаниками. Это свидетельствует о существенной роли глинистого вещества, помимо углеродистого вещества, в концентрации многих элементов на стадии седиментогенеза и диагенеза. При этом наиболее контрастно эта особенность отмечается для халькофильных элементов, фоновые содержания которых в аргиллитах в 2 раза выше, чем в песчаниках.

Результаты изучения золотоносности осадочных пород в пределах Трофимовского рудного поля (табл. 5) свидетельствуют о повышенных концентрациях золота в рассматриваемых породах.

Таблица 5 / Table 5

**Средние содержания золота и элементов платиновой группы (в г/т)
в потенциально продуктивных породах Трофимовского рудного поля
(цифры в скобках – количество проб) /**

**Average contents of gold and platinum group elements (in g/t)
in potentially productive rocks of the Trofimovsky ore field
(numbers in parentheses – number of samples)**

Пачка (свита)/ Pack (entourage)	Породы/ Rocks	Au	Pt	Pb	Rh
Песчаниковая (каменская)/ Sandstone (kamenskaya)	Песчаники/ sandstones (8)	0,0043	<0,005	<0,005	<0,002
	Алевролиты/ Siltstones (2)	0,0071	<0,005	<0,005	<0,002
	Аргиллиты/ Mudstones (3)	0,0062	<0,005	<0,005	<0,002
Алевролит-аргиллитовая (каменская)/ Siltstone-mudstone (kamenskaya)	Песчаники/ Sandstones (2)	0,0084	<0,005	<0,005	<0,002
	Алевролиты/ Siltstones (10)	0,017	<0,005	<0,005	<0,002
	Аргиллиты/ Mudstones (7)	0,10	<0,005	<0,005	<0,002
Песчано-алевролит-аргиллитовая (алмазная)/ Sandy-siltstone-argillite (diamond)	Песчаники/ Sandstones (3)	0,0055	<0,005	<0,005	<0,002
	Алевролиты/ Siltstones (7)	0,012	<0,005	<0,005	<0,002
	Аргиллиты/ Mudstones (8)	0,0093	<0,005	<0,005	<0,002

Особое на себя внимание обращает алевролит-аргиллитовая толща, в которой содержания золота возрастают в ряду песчаник – алевролит – аргиллит. Для существенно песчаниковой толщи каменской свиты и песчанико-алевролит-аргиллитовой толщи алмазной свиты такая закономерность не отмечается. Все это в совокупности может свидетельствовать о первичной (седиментогенно-диагенетической) природе обогащения золотом пород алевролит-аргиллитовой толщи каменской свиты за счет сорбции его глинистым и углеродистым веществом при осадконакоплении и диагенезе.

Таким образом, геохимические особенности рудовмещающих толщ Трофимовского рудопроявления соответствуют разработанной нами ранее седиментогенно-диагенетической модели формирования предрудных золотоносных минерализаций [Парада, 2004].

В соответствии с этой моделью алевролит-аргиллитовая пачка каменской свиты, содержащая слои и прослои пород, обогащенных различными формами осадочно-диагенетических сульфидов и обладающих концентрациями золота на 1–2 порядка выше относительно кларковых, определяет благоприятные условия для локализации золотого оруденения Восточного Донбасса осадочно-метаморфогенно-гидротермального (черносланцевого) генетического класса.

Заключение

Углистые алевролиты каменной свиты Керчикского рудного поля, содержащие сульфидную вкрапленность и конкреции, обладают повышенными концентрациями Au (0,02–1,02 г/т), Pt (0,1–0,2 г/т) и Pd (0,05–0,09 г/т). При этом содержания этих элементов прямо коррелируются с количеством сульфидов в породе. Также заметно повышенные концентрации в породах, содержащих сульфидную вкрапленность, отмечаются для Ag, As, Co, Ni, Cu, Mo, Pb, Zn и Y.

Содержания элементов платиновой группы в породах каменной и алмазной свит Трофимовского рудного поля находятся ниже предела обнаружения этих элементов примененным методом анализа ($<0,005$ г/т). Содержания золота в различных породах рудного поля варьируют в пределах 0,0043–0,1 г/т, что в большинстве случаев выше кларковых значений. При этом концентрации золота в пределах алевролит-аргиллитовой толщи каменной свиты возрастают в ряду песчаник – алевролит – аргиллит (от 0,0084 до 0,1 г/т), что может свидетельствовать о первичной (седиментогенно-диагенетической) природе обогащения этих пород золотом.

Из других изученных элементов повышенные содержания в породах Трофимовской перспективной площади отмечаются для V, Cr и Pb. Установлено, что в ряду песчаник – аргиллит – углистый аргиллит – уголь концентрации Pb, Cu и Sr закономерно возрастают. Концентрирующая роль углистого вещества терригенных пород отмечается и в пределах Керчикского рудного поля для Pb, Ag, Mn, Nb и Y.

Таким образом, территория Трофимовского рудного поля отличается монометалльной специализацией на золото стратиформного сульфидно-вкрапленного типа.

Главной геохимической особенностью вмещающих терригенных пород Керчикского рудного поля, определяющей его металлогеническую специфику, является повышенная концентрация Pt и Pd, что, скорее всего, связано с наличием лампрофирового магматизма. Это открывает перспективы обнаружения рудных проявлений металлов платиновой группы.

Литература

1. Бортников Н.С., Гамянин Г.Н., Викентьева О.В., Прокофьев В.Ю., Алпатов В.А., Бахарев А.Г. Состав и происхождение флюидов в гидротермальной системе Неждановского золоторудного месторождения, Саха-Якутия, Россия. // Геология рудных месторождений. – 2007. – Т. 49. № 2. – С. 99–45.
2. Горжевский Л.И., Зверева Е.А., Ганжа Г.В. Углеродсодержащие терригенные толщи и их золотоносность. М.: ВИЭМС, 1987. – 43 с.
3. Грановская Н.В. Минералогия и термобарогеохимия золота в Юго-Восточном Донбассе. // Записки всероссийского минералогического общества. – 1992. – Т. 121. № 4. – С. 29–42.
4. Давыденко Д.Б., Давыденко Е.Д., Исаев В.С., Клещенко А.В., Мохов А.В. Опыт выявления и изучения зон эндогенной флюидизации комплексом дистанционных и геохимических методов. // Вестник Южного научного центра РАН. – 2014. – Т. 10. № 1. – С. 25–34.
5. Ермолаев Н.П., Котина Р.П. Пашкова Е.А., Созинов Н.А. Механизмы концентрирования благородных металлов в терригенно-углеродистых отложениях. М.: Научный мир, 1999. – 124 с.
6. Зеленщиков Г.В., Курбанов Н.К., Кучеровский П.Г., Радаева Т.П. Перспективы золотоносности Припятско-Днепровско-Донецкого авлакогена. // Руды и металлы. – 2001. – № 2. – С. 26–35.

7. Княжев А.С., Терентенко Н.А., Лихачев В.А., Зеленщиков Г.В., Устиненко М.И. О последовательности минералообразования Керчикского рудопроявления. // Геологическое строение и полезные ископаемые Ростовской области. / Сборник статей Южного производственного геологического объединения. Ростов-на-Дону: Изд. РГУ, 1987. – С. 95–100.
8. Кокин А.В. Оценка перспективности рудных объектов (теория и практика). Ростов-на-Дону: Ростиздат, 2005. – 384 с.
9. Лихачев В.А., Зеленщиков Г.В., Терентенко Н.А. Новое рудопроявление цветных и благородных металлов в Восточном Донбассе. // Геология и полезные ископаемые Нижнего Дона. / Сборник статей Южного производственного геологического объединения. Ростов-на-Дону: Изд. РГУ, 1983. – С. 9–13.
10. Мирзеханов Г.С., Мирзеханова З.Г. Стратифицированное золото-кварцевое оруденение углеродисто-терригенных толщ Южного Верхоянья. Владивосток: ДВО АН СССР, 1991. – 128 с.
11. Парада С.Г. Золоторудные проявления Восточного Донбасса. // Наука Юга России. – 2024. – Т. 20. № 4 – С. 33–38. DOI: 10.7868/S25000640240405.
12. Парада С.Г. Условия формирования и золотоносность черносланцевых комплексов Амура-Охотской складчатой области: автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук: 25.00.11 / Парада Сергей Григорьевич. – Ростов-на-Дону: РГУ, 2004. – 48 с.
13. Савчук Ю.С., Волков А.В. Крупные и суперкрупные орогенные золотые месторождения: геодинамика, структура, генетические следствия. // Литосфера. – 2019. – Т. 19. № 6. – С. 813–833.
14. Черненко М.Ю., Трощенко В.В. Геохимическая специализация магматических и осадочных пород Керчикской рудовмещающей структуры (Восточный Донбасс). // Вестник Южного научного центра. – 2012. – Т. 8. № 4. – С. 50–57.
15. Goldfarb R.J., Groves D.I., Gardoll S. Orogenic gold and geologic time: a global synthesis. // *Ore Geology Reviews*. – 2001. – Vol. 18. – pp. 1–75.
16. Goldfarb R.J., Groves D.I. Orogenic gold: Common or evolving fluid and metal sources through time. // *Lithos*. – 2015. – Vol. 233. – pp. 2–26.
17. Groves D.I., Santosh M., Deng J. et al. A holistic model for the origin of orogenic gold deposits and its implications for exploration. // *Mineralium Deposita*. – 2020. – Vol. 55. – pp. 275–292.
18. Seredin V.V. Distribution and formation conditions of noble metal mineralization in coal-bearing basins. // *Geology of Ore Deposits*. – 2007. – Vol. 49. No. 1. – pp. 1–30.
19. Seredin V.V. The AU-PGE mineralization at The Pavlovsk brown coal deposit, Primorye. // *Geology of Ore Deposits*. – 2004. – Vol. 46. No. 1. – pp. 36–63.
20. Torvela T., Lambert-Smith J.S., Chapman R.J. Recent advances in understanding gold deposits: from Orogeny to Alluvium. London: Geological Society, 2022. – 440 p.
21. Vikentyev I.V., Bortnikov N.S. Gold deposits of Central and North Asia. // *Geology of Ore Deposits*. – 2024. – Vol. 66. No. 5. – pp. 477–483.
22. Volkov A.V., Prokofiev V.Y., Aristov V.V., Sidorova N.V. Conditions of formation of the Pavlik gold–sulfide–quartz deposit (Northeast of Russia) according to a study of fluid inclusions. // *Geology of Ore Deposits*. – 2024. – Vol. 66. No. 2. – pp. 191–202.

References

1. Bortnikov N.S., Gamyanin G.N., Vikentjeva O.V., Prokofiev V.Yu., Alpatov V.A., Bakharev A.G. Composition and origin of fluids in the hydrothermal system of the Nezhdaninskoye gold deposit, Sakha-Yakutia, Russia. *Geology of Ore Deposits*. 2007. Vol. 49. No. 2. pp. 99–45. (In Russ.)
2. Gorzhevskiy L.I., Zvereva E.A., Ganja G.V. Carbon-bearing terrigenous strata and their gold content. Moscow. VIEMS. 1987. 43 p. (In Russ.)
3. Granovskaya N.V. Mineralogy and thermobarogeochemistry of gold mineralization in the

South-Eastern Donbass. Proceedings of the All-Russian Mineralogical Society. 1992. Vol. 121. No. 4. pp. 29–42. (In Russ.)

4. Davydenko D.B., Davydenko E.D., Isaev V.S., Kleshchenkov A.V., Mokhov A.V., Parada S.G. Experience of identification and study of endogenous fluidization zones by a complex of remote and gasgeochemical methods. Bulletin of the Southern Scientific Center. 2014. Vol. 10. No. 1. pp. 25–34. (In Russ.)

5. Ermolaev N.P., Kotina R.P., Pashkova E.A., Sozinov N.A. Mechanisms of concentration of noble metals in terrigenous-carbonaceous sediments. Moscow. Nauchnyi Mir. 1999. 124 p. (In Russ.)

6. Zelenshchikov G.V., Kurbanov N.K., Kuchevsky P.G., Radaeva T.P. Prospects for gold-bearing Pripyat-Dneprovo-Donets avlacogen. Ores and Metals. 2001. No. 2. pp. 26–35. (In Russ.)

7. Knyazhev A.S., Terentenkov N.A., Likhachev V.A., Zelenshchikov G.V., Ustinenko M.I. On the sequence of mineralization of the Kerchik ore occurrence. In: Geological Structure and Minerals of the Rostov Region. Rostov-on-Don. Rostov State University. 1987. pp. 95–100. (In Russ.)

8. Kokin A.V. Assessment of ore objects prospectivity (theory and practice). Rostov-on-Don. Rostizdat. 2005. 384 p. (In Russ.)

9. Likhachev V.A., Zelenshchikov G.V., Terentenkov N.A. New ore occurrence of non-ferrous and noble metals in the Eastern Donbass. In: Geology and Mineral Resources of the Lower Don. Rostov-on-Don. Rostov State University. 1983. pp. 9–13. (In Russ.)

10. Mirzekhanov G.S., Mirzekhanova Z.G. Stratified gold-quartz mineralization of carbonaceous-terrigenous strata of the Southern Verkhoyany. Vladivostok. FEB AS USSR. 1991. 128 p. (In Russ.)

11. Parada S. Gold ore manifestations of the Eastern Donbass. Science in the South of Russia. 2024. Vol. 20. No. 4. pp. 33–38. DOI: 10.7868/S25000640240405. (In Russ.)

12. Parada S.G. Conditions of formation and gold content of black shale complexes of the Amur-Okhotsk folded region. The abstract of the dissertation of Dr. geol.-mineral. sciences. 25.00.11. Rostov-on-Don. RSU. 2004. 48 p. (In Russ.)

13. Savchuk Yu.S., Volkov A.V. Large and superlarge orogenic gold deposits: geodynamics, structure, genetic implications. Lithosphere. 2019. Vol. 19. No. 6. pp. 813–833. (In Russ.)

14. Chernenko M.Yu., Troshchenko V.V. Geochemical specialization of igneous and sedimentary rocks of Kerchik ore-bearing structure (Eastern Donbass). Bulletin of the Southern Scientific Center. 2012. Vol. 8. No. 4. pp. 50–57. (In Russ.)

15. Goldfarb R.J., Groves D.I., Gardoll S. Orogenic gold and geologic time: a global synthesis. Ore Geology Reviews. 2001. Vol. 18. pp. 1–75.

16. Goldfarb R.J., Groves D.I. Orogenic gold: Common or evolving fluid and metal sources through time. Lithos. 2015. Vol. 233. pp. 2–26.

17. Groves D.I., Santosh M., Deng J. et al. A holistic model for the origin of orogenic gold deposits and its implications for exploration. Mineralium Deposita. 2020. Vol. 55. pp. 275–292.

18. Seredin V.V. Distribution and formation conditions of noble metal mineralization in coal-bearing basins. Geology of Ore Deposits. 2007. Vol. 49. No. 1. pp. 1–30.

19. Seredin V.V. The AU-PGE mineralization at The Pavlovsk brown coal deposit, Primorye. Geology of Ore Deposits. 2004. Vol. 46. No. 1. pp. 36–63.

20. Torvela T., Lambert-Smith J.S., Chapman R.J. Recent advances in understanding gold deposits: from Orogeny to Alluvium. London. Geological Society. 2022. 440 p.

21. Vikentyev I.V., Bortnikov N.S. Gold deposits of Central and North Asia. Geology of Ore Deposits. 2024. Vol. 66. No. 5. pp. 477–483.

22. Volkov A.V., Prokofiev V.Y., Aristov V.V., Sidorova N.V. Conditions of formation of the Pavlik gold-sulfide-quartz deposit (Northeast of Russia) according to a study of fluid inclusions. Geology of Ore Deposits. 2024. Vol. 66. No. 2. pp. 191–202.