

УДК 550.8:553.078:553.41

DOI: [10.23671/VNC.2019.4.44485](https://doi.org/10.23671/VNC.2019.4.44485)

Оригинальная статья

Геолого-геофизические признаки полигенно-полихронной природы золоторудных проявлений Донецкого авлакогена

Д.Б. Давыденко , к.г.-м.н., С.Г. Парада , д.г.-м.н.Южный научный центр РАН, Россия, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, e-mail: parada@ssc-ras.ru*Статья поступила: 29.10.2019, после рецензирования: 26.11.2019, принята к публикации: 12.12.2019.*

Аннотация: Актуальность работы. Существуют различные теории условий локализации и происхождения объекта исследования – золотых руд Донбасса: проявление посторогенного магматизма, осадочные породы, эндогенная флюидизация. В связи с появлением новых геолого-геофизических данных представляется возможным уточнение условий локализации и генезиса золотоносных руд с целью создания научно-методической основы разработки генетических и геолого-поисковых моделей золотого оруденения в геологических формациях Донбасса. **Методы исследования:** металлогенический анализ, математическая обработка геофизических данных, включающая оригинальную технологию объектно-ориентированной фильтрации. **Результаты работы.** Приведены результаты металлогенического анализа новых данных, полученных в ходе проведения геолого-поисковых и региональных геофизических работ на территории Донецкого бассейна, представляющего центральный фрагмент Днепровско-Донецкой рифтогенной системы. Установлены полихронность и полигенность золотого оруденения, соответствующие полиэтапному развитию Донецкого авлакогена. В составе золотоносных руд вычлняются два основных типа: 1) крупнообъемные зоны и залежи золото-сульфидно-прожилково-вкрапленной минерализации в песчанико-сланцевых углеродистых толщах, относящихся к осадочно-(метаморфогенно)-гидротермальному генетическому классу, связанные с литогенезом и метаморфизмом каменноугольных углеродистых отложений на доорогенном этапе развития авлакогена (Бобриковское и др. месторождения); 2) эпитептермальные кварцевые жилы и локальные жильно-прожилковые зоны золото-серебряно-полиметаллической минерализации, связанные с развитием вулканоплутонических аппаратов центрального типа на этапе мезозойской тектоно-магматической активизации авлакогена, выделяемые по геофизическим данным (Керчикское и др. рудопоявления). Отнесение к осадочно-(метаморфогенно)-гидротермальному генетическому классу золотоносных минерализаций бобриковского типа обосновано особенностями локализации, размещения и вещественного состава руд, а также особенностями геологического строения Донбасса, свойственными классическим рудным районам с подобным типом оруденения в углеродисто-терригенных (черносланцевых) формациях: внутриконтинентальная позиция складчатых структур и отсутствие гранитоидного магматизма, отчетливо выраженная асимметрия складчато-разрывных структур, сочетание углеродисто-терригенных и карбонатных формаций различной степени их постседиментационного преобразования, наличие стратифицированной сульфидной минерализации. Выделение мезозойских вулканоплутонических структур центрального типа, с которыми связана эпитептермальная золотоносная минерализация керчикского типа, основано на выявлении изометричных положительных аномалий магнитного поля, сопряженных с изометричными отрицательными аномалиями гравитационного поля, а также выходами магматических пород. Выявленные в Западном Донбассе к настоящему времени золотоносные руды бобриковского типа представляют собой объекты ранней доорогенной минерализации золото-сульфидно-прожилково-вкрапленного типа в углеродисто-терригенных комплексах. Выявленные в Восточном Донбассе к настоящему времени золото-серебряно-полиметаллические руды керчикского типа представляют собой позднепродуктивную стадию, связанную с регенерацией и перераспределением доорогенных золотоносных минерализаций на этапе мезозойской тектоно-магматической активизации.

Ключевые слова: золото, Донбасс, авлакоген, прикладная геология, геофизика, металлогения.

Благодарности: Работа выполнена в рамках реализации государственного задания ЮНЦ РАН, № гос. регистрации проекта АААА-А19-119011190181-1.

Для цитирования: Давыденко Д.Б., Парада С.Г. Геолого-геофизические признаки полигенно-полихронной природы золоторудных проявлений Донецкого авлакогена. Геология и Геофизика Юга России. 2019. 9(4): 13-27. DOI: 10.23671/VNC.2019.4.44485.

DOI: [10.23671/VNC.2019.4.44485](https://doi.org/10.23671/VNC.2019.4.44485)

Original paper

Geological and geophysical features of the polygenic-polychronous nature of the gold ore manifestations of Donetsk aulacogen

D.B. Davydenko , S.G. Parada Southern Scientific Center, Russian Academy of Sciences, 41 Chekhov Ave.,
Rostov-on-Don 344006, Russian Federation, e-mail: parada@ssc-ras.ru*Received: 29.10.2019, revised: 26.11.2019, accepted: 12.12.2019*

Abstract: Relevance. There are various theories for localization and origin conditions of the gold ores of Donbass that are the object of the present paper. These theories include manifestation of postorogenic magmatism, sedimentary rocks, and endogenous fluidization. **Aim.** To create a scientific and methodological basis for the development of genetic and geological prospecting models of gold mineralization in the geological formations of Donbass in connection with the emergence of new geological and geophysical data, it seems possible to clarify the conditions for the localization and genesis of gold ores. **Methods.** Metallogenic analysis, mathematical processing of geophysical data, including the original technology of object-oriented filtering. **Results.** The results of a metallogenic analysis of new data obtained during geological and regional geophysical explorations in the territory of the Donetsk basin, which is the central fragment of the Dnieper-Donetsk riftogenic system, are presented. The polychronism and polygenicity of gold mineralization, corresponding to the poly-phased development of Donetsk aulacogen have been established. Two main types are distinguished in the composition of gold-bearing ores: 1) large-volume zones and deposits of gold-sulfide-stringer-porphyry mineralization in sandy-shale carbon strata belonging to sedimentary (metamorphic) -hydrothermal genetic class, associated with lithogenesis and metamorphism of stony-carbon metamorphism at the preorogenic stage of development of aulacogen (Bobrikovskoye and other deposits); 2) epithermal quartz veins and local veined and veinlet-disseminated zones of gold-silver-polymetallic mineralization, associated with the development of volcanoplutonic apparatuses of the central type at the stage of Mesozoic tectonic-magmatic activation of aulacogen, identified according to geophysical data (Kerchik and other ore occurrences). The assignment to the sedimentary (metamorphogenic) -hydrothermal genetic class of Bobrikovsky type gold-bearing mineralizations is confirmed by the features of localization, distribution and material composition of the ores, as well as the peculiarities of the Donbass geological structure typical of classical ore regions with a similar type of mineralization in the carbon-terrigenous (black shale) the position of folded structures and the absence of granitoid magmatism, a pronounced asymmetry of folded-discontinuous structures, a combination of carbon-terrigenous and carbonate formations of various degrees of their post-sedimentation transformation, the presence of stratified sulfide mineralization. The isolation of the Mesozoic volcanic-plutonic structures of the central type, which are associated with the epithermal gold-bearing mineralization of the Kerchik type, is based on the detection of isometric positive anomalies of the magnetic field, coupled with isometric negative anomalies of the gravitational field, as well as the outcrops of igneous rocks. The gold-bearing ores of the Bobrikov type identified in the Western Donbass to date are the objects of early preorogenic mineralization of the gold-sulfide-stringer-porphyry type in carbon-terrigenous complexes. The gold-silver-polymetallic ores of the Kerchik type discovered in the East Donbass to date represent a late-productive stage associated with the regeneration and redistribution of pre-orogenic gold-bearing mineralizations at the stage of Mesozoic tectonic-magmatic activation.

Key words: gold, Donbass, aulacogen, applied geology, geophysics, metallogeny.

Acknowledgments: The research was carried out as part of the implementation of the state assignment of Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, state number of a project registration AAAA-A19-119011190181-1.

For citation: Davydenko D.B., Parada S.G. Geological and geophysical features of the polygenic-polychronous nature of the gold ore manifestations of Donetsk aulacogen. *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South*. 2019. 9(4): 13-27. (In Russ.) DOI: 0.23671/VNC.2019.4.44485.

Введение

Под Донецким авлакогеном в настоящей статье понимается центральный, относительно обособленный фрагмент протяженной Днепровско-Донецкой рифтогенной структуры, отделяющей Украинский щит от основной части Восточно-Европейской платформы. Образовавшийся в результате неоднократного рифтогенеза с проявлениями складчатости, эффузивного и интрузивного магматизма [Granovsky, 2018], он, тем не менее, всегда изучался в основном как Донецкий угленосный бас-

сейн (Донбасс). Из мировой практики известно, что, в подобного рода авлакогенах широко развиты многочисленные золоторудные месторождения [Guide to..., 1987; Kingham et al., 1988; Trumbull et al., 1999]. В пределах открытой части Донбасса, были установлены месторождения и рудопроявления цветных, редких и благородных металлов. Так, на территории Западной (Украинской) части Донбасса еще в начале прошлого века были выявлены месторождения сурьмы и ртути, свинца и золота, происхождение которых связывалось с позднепалеозойско-мезозойской тектоно-магматической активизацией [Шумлянский и др., 1994], однако магматические породы в коренном залегании на этих объектах не отмечаются. На территории Восточного (Российского) Донбасса рудопроявления и пункты минерализации золота выявлены только во второй половине 80-х годов прошлого столетия [Лихачев и др., 1983; Зеленщиков и др., 2001]. В начале нынешнего столетия на Керчикском рудопроявлении подсчитаны прогнозные ресурсы золота в количестве, соответствующем крупному месторождению, положительно оценены обогатимость руд и возможность их рентабельной добычи [Курбанов др., 2009]. Все это, в совокупности с падением рентабельности угледобычи, массовым закрытием шахт, сокращением рабочих мест, открывает возможности диверсификации горно-добывающей отрасли Юга России за счет новых высоколиквидных типов полезных ископаемых, в частности золота [Курбанов и др., 2009].

По поводу условий локализации и происхождения золотых руд Донбасса существуют различные точки зрения. Г.В. Зеленщиков и др. [2001], Ю.В. Неваленный и др. [2000] связывают формирование золотоносных руд с проявлением посторогенного магматизма. Ю.М. Черненко и др. [2012] по результатам геохимических исследований считают возможным источником рудных элементов осадочные породы, Д.Б. Давыденко и др. [2014] установил их связь с ареалами эндогенной флюидизации, С.Г. Парада [2014, 2017] оценил золотоносные руды Донбасса как полигенно-полихронные образования. Вместе с тем показано [Seredin, 2007], что золотоносность угленосных бассейнов может формироваться как в литогенезе, так и за счет эпигенетических процессов и может концентрироваться в угольных пластах и в осадочных породах различного состава, а также в зонах гидротермальной проработки. В связи с этим и появлением новых геолого-геофизических данных представляется возможным уточнить условия локализации и генезис золотоносных руд с целью создания научно-методической основы разработки генетических и геолого-поисковых моделей золотого оруденения в геологических формациях Донбасса.

Материалы и методы

Использованы новые материалы, полученные производственными организациями в ходе проведения геолого-поисковых работ, изложенные в следующих производственных отчетах: Поисковые работы на золото на северном и южном флангах Керчикского рудопроявления, 2003 г.; Информационный отчет по незавершенным работам по геологическому доизучению масштаба 1:200 000 площади листов L-37-III; L-37-IV. Ростов-на-Дону, 2003 г.; Поисковые работы на золото в юго-восточной части Днепровско-Донецкого авлакогена, 2004 г.; Поисковые работы на золото на Галутинской и Грушевско-Кадамовской площади в Ростовской области, 2007 г.; Опытные-методические работы по выработке оптимальной технологии геофизических работ, 2010 г.; Поисковые работы на золото в пределах Северо-Кондаковской перспективной площади (Ростовская область), 2012 г.; Комплексные аэрогеофизические исследования (аэрогравиметрия, аэромагниторазведка) масштаба 1:50 000 – 1:100 000 в пределах листов М-37-XXII – XXIV, XXIX, XXX, XXXIV – XXXVI, М-38-XIX, XXV – XXVII, XXXI – XXXIV, L-37-III – VI, IX – XII, L-38-I – IV, VII – X, XIII – XV, XX – XXII», 2012 г. Представленные в этих отчетах новые материалы по геологическому строению, минералогии, геохимии золотоносных объектов, а также параметрам геофизических полей, подвергались обработке и металлогеническому анализу. Обработка цифровых геофизических данных осуществлялась по оригинальным методикам математического преобразования и объектно ориентированной фильтрации данных в среде ГИС ИНТЕГРО.

Результаты и обсуждение

Первые сведения о золотоносности Восточного Донбасса, относятся к началу 80-х годов прошлого столетия, когда при проведении поисковых работ на уголь, в скважинах, пробуренных на южном крыле Шагино-Несветаевской синклинали в пределах Керчикского поперечного поднятия, были встречены гидротермально-метасоматические образования и кварцевые жилы с повышенными

содержаниями золота. С этого времени в Российской части Донбасса начинаются целенаправленные поисковые работы на золото с использованием комплекса геохимических, горнопроходческих и буровых работ. При этом основу геолого-поисковой модели составили данные по золоторудным месторождениям Западной (Украинской) части Донбасса. Руды известных там золоторудных месторождений Острый Бугор, Дьяковское, Бобриковское и др. представлены двумя минерально-морфологическими типами: пирит-арсенопиритовым и золото-серебро-полиметаллическим [Лосева и др., 2008]. Считается, что общая тектоническая позиция рудного района, состав геологических формаций, большие мощности минерализованных зон при относительно низких содержаниях золота позволяют отнести эти месторождения к черносланцевому типу [Лебедь и др., 1997]. Так, наиболее изученное Бобриковское месторождение приурочено к брахиантиклинальной складке в сводовой части Главной антиклинали Донбасса и представляет собой минерализованную зону, сложенную кварц-сульфидными прожилками, жилами, полисульфидной вкрапленностью. Минерализованная зона прослеживается с поверхности до 1000 м глубины и характеризуется сложной формой в поперечных сечениях. Значимые содержания золота (4–6 г/т) установлены только в разобренных маломощных прожилках. Валовая оценка содержаний золота в целом по минерализованной зоне показывает очень низкие значения. По результатам оценки австралийской компании «Korab Resources», по стандартам JORC, ресурсы Бобриковского месторождения составляют 102,6 тонн золота и 507 тонн серебра при содержаниях золота около 1 г/т, а серебра – 9,4 г/т. [https://ekonomika/korab...]. Использование охарактеризованной выше модели позволило выявить в пределах Главной и Южной антиклиналей проявления золотоносных минерализаций, объединенных в Грушевскую, Кадамовскую, Галутинскую, Барило-Крепинскую и Северо-Кондаковскую перспективные площади, а также Чернореченское, Барило-Крепинское, Галутинское и Керчикское рудопроявления. Однако поисково-оценочные работы на Керчикском рудопроявлении выявили широкое развитие магматических пород, что не было учтено используемой моделью. В связи с этим возникла необходимость изучения закономерностей распределения и условий локализации золотоносных минерализаций и разработки геолого-поисковой модели с учетом магматического фактора для Восточного Донбасса.

На рисунке 1 показаны все рудопроявления, точки минерализации и площади, где обнаружены признаки металлических полезных ископаемых в пределах Ростовской области и месторождения Украинской части Донбасса. На схеме учтены все сведения о признаках рудных полезных ископаемых, полученные ранее в ходе проведения геолого-съёмочных и поисковых работ в конце прошлого и начале нынешнего столетия.

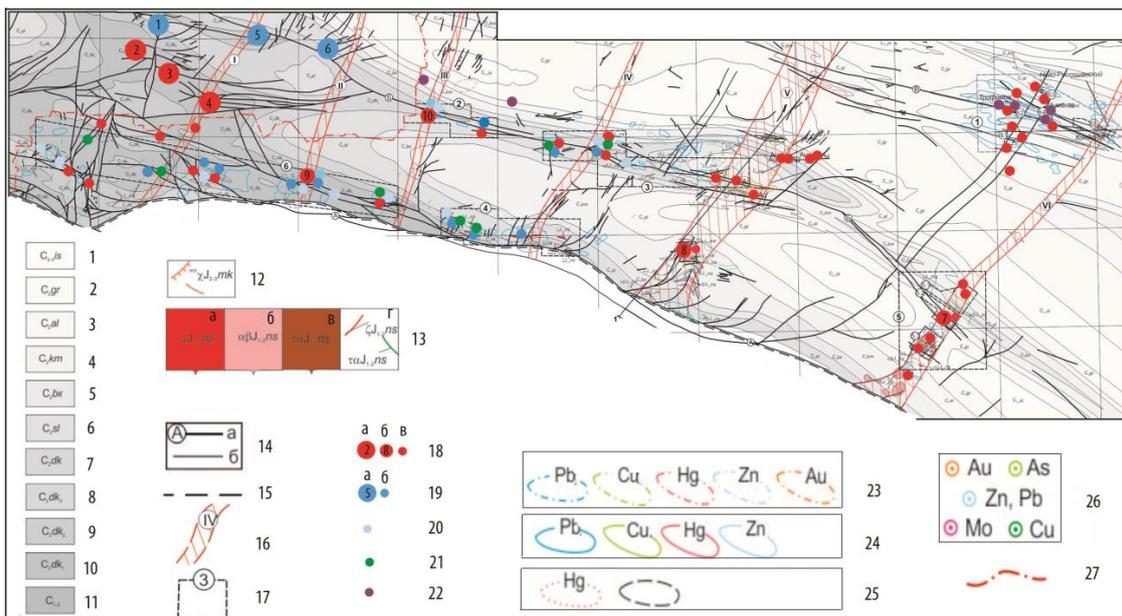


Рис. 1. Схема размещения месторождений и проявлений рудных полезных ископаемых Донбасса.

1–11 – стратифицированные образования: 1 – исаевская свита ($C_{2.3is}$): песчаники, алевролиты, аргиллиты с пластами известняков и линзами каменных углей (мощность более 1000 м); 2 – горловская свита (C_{2gl}): песчаники, алевролиты, аргиллиты с пластами известняков и каменных углей (мощность 1040–1550 м);

3 – алмазная свита (C_{2al}): алевролиты, песчаники, аргиллиты с пластами известняков и каменных углей (мощность 540–800 м); 4 – каменная свита (C_{2km}): песчаники, алевролиты, аргиллиты с пластами известняков и каменных углей (мощность 1075–1300 м); 5 – белокалитвенская свита (C_{2bk}): алевролиты, песчаники, аргиллиты с пластами известняков и углей (мощность 620–850 м); 6 – смоляниновская свита (C_{2sl}): алевролиты, песчаники, аргиллиты с пластами известняков и углей (мощность 1550–1800 м); 7–10 – дьяковская серия (C_{2dk}): 7 – нерасчлененные отложения (C_{2dk}): аргиллиты, алевролиты, редко песчаники (мощность более 3310 м); 8 – верхняя пачка (C_{2dk_3}): алевролиты, ритмичное переслаивание алевролитов и песчаников (мощность 820–880 м); 9 – средняя пачка (C_{2dk_2}): алевролиты, аргиллиты, в верхней части выдержанные пласты песчаников (мощность 500–540 м); 10 – нижняя пачка (C_{2dk_1}): переслаивание алевролитов и песчаников, прослои аргиллитов (мощность более 2000 м); 11 – нерасчлененные нижне-среднекаменноугольные отложения (C_{1-2}): аргиллиты, алевролиты, песчаники, в основании известняки (мощность более 3000 м); 12–13 – интрузивные породы: 12 – средне-позднеюрский миусско-керчикский комплекс лампрофировый (χJ_{2-3mk}): дайки и субсогласные тела камптонитов ($c\chi J_{2-3mk}$), мончикитов ($m\chi J_{2-3mk}$), спессартитов ($s\chi J_{2-3mk}$); 13 – ранне-среднеюрский несветаевский комплекс трахиандезит-андезитовый (J_{1-2ns}): а – лакколиты и пластообразные тела дацитов (ζJ_{1-2ns}); б – силлы, штоки и субсогласные тела андезитов (αJ_{1-2ns}), андезибазальтов ($\alpha\beta J_{1-2ns}$), андезидацитов ($\alpha\zeta J_{1-2ns}$), штоки кварцевых диоритов ($q\delta J_{1-2ns}$); в – субсогласные пластовые тела трахиандезитов ($\tau\alpha J_{1-2ns}$); г – крутопадающие и пологие дайки дацитов (ζJ_{1-2ns}), андезидацитов ($\alpha\zeta J_{1-2ns}$), андезитов (αJ_{1-2ns}), андезибазальтов ($\alpha\beta J_{1-2ns}$), долеритов (βJ_{1-2ns}), трахиандезитов ($\tau\alpha J_{1-2ns}$), диоритов (δJ_{1-2ns}); 14 – разрывные нарушения: а – главные: А – Персиановский, Б – Сулино-Константиновский, В – Северный; б – второстепенные; 15 – южная граница (предполагаемая) Днепрво-Донецкого авлакогена; 16 – поперечные зоны повышенной трещиноватости, соответствующие глубинным разломам; 17 – площади проведенных ранее поисковых работ на золотое оруденение: 1) Северо-Кондаковская, 2) Галутинская, 3) Грушевско-Кадамовская, 4) Аютинская, 5) Кондаковская, 6) Южно-Донбасская; 18 – золоторудные месторождения (а), рудопоявления (б) и точки минерализации (в): Острый бугор (2), Дьяковское (3), Бобриковское (4), Чернореченское (7), Керчикское (8), Барило-Крепинское (9), Галутинское (10); 19 – свинцовые месторождения (а) и точки минерализации (б): Есауловское (1), Центрально-Нагольчанское (5), Нагольно-Тарасовское (6); 20–22 – точки минерализации: 20 – цинка, 21 меди, 22 – железа; 23–26 – геохимические аномалии и илиховые ореолы: 23 – литохимические аномалии в коренных породах, 24 – литохимические аномалии в рыхлых отложениях, 25 – гидрохимические аномалии ртути и илиховые ореолы киновари, 26 – аномальные значения химических элементов в отдельных точках; 27 – Государственная граница с Украиной /

Fig. 1. The layout of deposits and occurrences of ore minerals of Donbass.

1–11 – stratified formations: 1 – Isaevskaya Formation (C_{2is}): sandstones, siltstones, mudstones with limestone layers and coal lenses (thickness more than 1000 m); 2 – Gorlovskaya Formation (C_{2gl}): sandstones, siltstones, mudstones with layers of limestone and coal (thickness 1040–1550 m); 3 – diamond suite (C_{2al}): siltstones, sandstones, mudstones with layers of limestone and coal (thickness 540–800 m); 4 – Kamenskaya Formation (C_{2km}): sandstones, siltstones, mudstones with layers of limestone and coal (thickness 1075–1300 m); 5 – Belokalitvinskaya Formation (C_{2bk}): siltstones, sandstones, mudstones with layers of limestone and coal (thickness 620–850 m); 6 – Smolyaninovskaya suite (C_{2sl}): siltstones, sandstones, mudstones with layers of limestone and coal (thickness 1550–1800 m); 7–10 – Dyakovo series (C_{2dk}): 7 – undivided deposits (C_{2dk}): mudstones, siltstones, rarely sandstones (thickness more than 3310 m); 8 – upper member (C_{2dk_3}): siltstones, rhythmic interbedding of siltstones and sandstones (thickness 820–880 m); 9 – middle pack (C_{2dk_2}): siltstones, mudstones, sandstone layers in the upper part (thickness 500–540 m); 10 – lower pack (C_{2dk_1}): interbedding of siltstones and sandstones, mudstones (thickness more than 2000 m); 11 – undivided lower–middle Carboniferous deposits (C_{1-2}): mudstones, siltstones, sandstones, limestone at the base (thickness more than 3000 m); 12–13 – intrusive rocks: 12 – Middle Late Jurassic Mius–Kerchik complex lamprophyric (χJ_{2-3mk}): dykes and sub-consonant bodies of camptonites ($c\chi J_{2-3mk}$), monchichites ($m\chi J_{2-3mk}$), spessartites ($s\chi J_{2-3mk}$); 13 – the Early–Middle Jurassic Nesvetaev complex of trachyandesite–andesite (J_{1-2ns}): a – laccoliths and stratiform bodies of dacites (ζJ_{1-2ns}); b – forces, rods and sub-consonants of andesites (αJ_{1-2ns}), andesite basalts ($\alpha\beta J_{1-2ns}$), andesidocytes ($\alpha\zeta J_{1-2ns}$), stocks of quartz diorites ($q\delta J_{1-2ns}$); c – sub-consonant reservoir bodies of trachyandesites ($\tau\alpha J_{1-2ns}$); d – steeply dipping and gentle dykes of dacites (ζJ_{1-2ns}), andesidacites ($\alpha\zeta J_{1-2ns}$), andesites (αJ_{1-2ns}), andesites ($\alpha\beta J_{1-2ns}$), dolerites (βJ_{1-2ns}), trachyandesites ($\tau\alpha J_{1-2ns}$), diorites (δJ_{1-2ns}); 14 – disruptive violations: a – principal: A – Persianovsky, B – Sulino–Konstantinovsky, C – Northern; b – secondary; 15 – the southern border (alleged) of the Dnieper–Donetsk aulacogen; 16 – transverse zones of increased fracture, corresponding to deep faults; 17 – areas of earlier prospecting for gold mineralization: 1) Severo–Kondakovskaya, 2) Galutinskaya, 3) Grushevsko–Kadamovskaya, 4) Ayutinskaya, 5) Kondakovskaya, 6) South Donbass; 18 – gold ore deposits (a), ore occurrences (b) and mineralization points (c): Sharp hill (2), Dyakovskoe (3), Bobrikovskoe (4), Chernorechenskoye (7), Kerchikskoye (8), Barilo–Krepinsky (9), Galutinskoe (10); 19 – lead deposits (a) and mineralization points (b): Esaulovskoye (1), Central Nagolchanskoye (5), Nagolno–Tarasovskoye (6); 20–22 – mineralization points: 20 – zinc, 21 copper, 22 – iron; 23–26 – geochemical anomalies and concentrate halos: 23 – lithochemical anomalies in bedrock, 24 – lithochemical anomalies in loose sediments, 25 – hydrochemical anomalies of mercury and sludge halos of cinnabar; 26 – anomalous values of chemical elements at individual points; 27 – State border with Ukraine

Показаны также магматические породы, выявленные на поверхности и по результатам бурения. Очевидно, что наиболее актуальными в практическом отношении являются золоторудные проявления.

Чернореченское рудопроявление расположено вблизи северной окраины пос. Маломечетного Семикаракорского района Ростовской области в пойме р. Дон. Изучено буровыми скважинами глубиной от 250 до 740 м. По данным [Зеленщиков и др., 2006] рудовмещающими породами являются каменноугольные отложения каменной, алмазной и горловской свит среднего карбона, перекрытые палеогеновыми и четвертичными отложениями. Мощность последних достигает 45 м. Характерной особенностью является широкое развитие интрузивных пород ранне-среднеюрского несветаевского комплекса, в меньшей степени – лампрофиров средне-позднеюрского миусско-керчикского комплекса. Рудопроявление приурочено к юго-западному крылу Кондаковской антиклинали, осложненной региональным Сулино-Константиновским взбросом и серией других мелких разломов.

Золотоносная минерализация с содержанием золота до 8 г/т развита в терригенных отложениях среднего карбона, и приурочена к зонам тектонической и метасоматической проработки в экзо- и эндоконтактах штокообразного тела андезито-дацитов. Минерализацию можно отнести к золото-сульфидному прожилковато-вкрапленному минерально-морфологическому типу. В составе золотоносных прожилков и вкрапленности преобладают пирит, халькопирит, подчиненное значение имеют галенит и сфалерит. Распределение золота крайне неравномерное.

Барило-Крепинское рудопроявление расположено вблизи одноименного населенного пункта в Родионово-Несветайском районе, на правом берегу р. Крепкая. Выявлено при поисковых работах в 2004 году. По данным [Зеленщиков и др., 2005] строение рудного поля определяется развитием тектонических зон субширотного простирания, в пределах которых отмечаются серии сближенных субсогласных кварцевых и кварц-анкеритовых брекчированных жил, залегающих в алевролит-аргиллитовой толще. Общая мощность жильных зон 50–100 м. Протяженность отдельных жил обычно не превышает 3–5 м, в отдельных случаях достигает десяти и более метров. Жилы обычно четковидные, с частыми раздувами и пережимами, мощность их от первых сантиметров до 0,5 м.

На отдельных участках в пределах кварцевожильных зон установлена интенсивная сульфидная минерализация. Рудные минералы представлены в основном галенитом, реже халькопиритом и сфалеритом. В жилах они распределены крайне неравномерно и приурочены в основном к зальбандам, пережимам и местам выклинивания, а также к участкам брекчирования вмещающих пород, в которые, как правило, переходят по простиранию (возможно и по падению) кварцевые жилы. Наиболее распространенная форма выделения сульфидных минералов – гнездообразные скопления (до 2-3 см), отмечаются также мелкая вкрапленность, тонкое прожилкование и сплошные сульфидные руды, образующие каемки в зальбандах жил и скопления в зонах их выклинивания, мощностью до 1-2 см. Спектральный анализ рудных проб, отобранных с поверхности каменноугольных отложений, показал значения содержаний Au от сотых долей до первых г/т. Кроме Au установлены высокие содержания Pb, Zn, Cu, Bi, As, Sb и Ag. В тяжелой фракции шлиховых проб, отобранных из коры выветривания, обнаружены десятки знаков самородного золота, а также галенит, сфалерит, халькопирит, пирит и барит. Данная минеральная ассоциация (галенит-сфалерит-халькопирит-барит+самородное золото) и заметно повышенные содержания Ag, Sb по сравнению с Bi, As, Au в рудной минерализации, свидетельствуют о возможно верхнерудном денудационном срезе, по аналогии с детально изученными золото-полиметаллическими и золоторудными объектами Нагольного кряжа [Резников, 1993; Шумлянский и др., 1994].

Керчикское рудопроявление является наиболее изученным [Княжев и др., 1987; Грановская, 1992; Зеленщиков и др., 2001; Парада, 2014; Давыденко, 2016 и др.]. Рудопроявление располагается к северо-западу от Чернореченского и локализовано в висячем крыле Персиановского ступенчатого взброса. Приурочено рудопроявление к северному флангу куполовидной складки, образованной в результате осложнения широтной антиклинали первого порядка поперечным (меридиональным) валообразным поднятием. С запада рудное поле ограничено меридиональным взбросом. Севернее рудопроявления этот взброс не прослеживается. Особенности структурной позиции Керчикского

проявления свидетельствуют о формировании структуры рудного поля в обстановке тектонического сжатия по продольной (широтной) оси в условиях взаимодействия пересекающихся разломов [Reacock et al., 2017]. Рудное поле характеризуется также развитием сульфидно-вкрапленной минерализации в углеродисто-терригенных толщах.

Рудовмещающий разрез Керчика представлен чередованием углистых аргиллитов, алевролитов и песчаников с редкими маломощными прослоями известняков и каменных углей. В основании этого разреза залегает относительно мощный пласт известняка. Венчает его пласт угля. Среднекаменноугольные породы рудного поля с угловым несогласием перекрыты платформенными отложениями палеогеновой и неогеновой систем, суммарная мощность которых в пределах рудопроявления составляет от 40 до 80 м. В строении Керчикского рудного поля принимает участие близвертикальное трубообразное субвулканическое тело трахиандезитов несветаевского магматического комплекса. Площадь его горизонтального сечения по результатам бурения чуть более 0,3 кв. км. К югу от него и вниз по стратиграфической вертикали бурением установлены силлы андезито-базальтов. Калий-аргоновый возраст трахиандезитов и андезито-базальтов 165-188 млн лет [Грановская, 1992]. Среднекаменноугольные осадочные образования и среднеюрские магматические породы прорваны дайками биотитовых андезитов, мончикитов, камптонитов и спессартитов раннемелового миусского лампрофирового комплекса.

Внедрение трахиандезитов сопровождалось интенсивными метасоматическими преобразованиями вмещающих терригенных и карбонатных пород на расстояние до 1000 м к северу и югу и до 250 м к западу и востоку от интрузива. Характер метасоматических преобразований зависит от состава эпипород. По аргиллитам и алевролитам развиваются типичные березиты пирит-кварц-серицит-карбонат-хлоритового состава, переходящие по мере удаления от контакта интрузива в кварц-серицитовые или в кварц-альбит-серицитовые с пиритом образования. Песчаники вблизи контакта с трахиандезитами преобразуются в сливные кварциты. Затем степень окварцевания песчаников постепенно уменьшается. По известнякам развиваются гранатовые скарны с пирит-пирротиновой минерализацией, а по углям – халькопирит-пирит-пирротиновые руды с новообразованиями амфибола и пироксена. Калий-аргоновый возраст метасоматитов составляет 165–180 млн лет, совпадая с возрастом интрузивных пород миусского комплекса.

Золоторудные тела представлены многократными брекчиями, сцементированными сульфидно-кварцевыми, сульфидно-кварц-карбонатными и сульфидно-карбонатными гидротермалитами, которые распространены еще и в виде скопления прожилков, пересекающих ранние метасоматиты, не измененные интрузивные и осадочные породы. Возраст этих гидротермалитов 91–97 млн лет. По данным Н.В. Грановской [1992] в них выделяются в качестве главных рудных минералов пирит, галенит, сфалерит, марказит; второстепенных – халькопирит, арсенопирит, блеклые руды, бурнонит, айкинит, самородное золото, самородный висмут, самородный мышьяк, мельниковит, гематит, лимонит, аурипигмент и киноварь. В андезитах иногда отмечаются молибденито-кварцевые прожилки и вкрапленность пирротина. Нерудные минералы представлены кварцем, кальцитом, анкеритом, доломитом, диккитом, гидрослюдами и цеолитами. Весь этот комплекс низкотемпературных метасоматитов и рудообразующих минералов обнаруживает сходство с оруденением «карлинского типа» в терригенно-карбонатных породах [Константинов и др., 2000].

Оценить перекрытые молодыми отложениями геологические формации Восточного Донбасса на наличие золотого оруденения керчикского типа представляется возможным с помощью геофизических данных. Об этом свидетельствует опыт улучшения геологических моделей оруденения в северной Германии с помощью малоамплитудных магнитных аномалий [Skiba Peter et al., 2016]. Путем преобразования по оригинальной авторской методике [Неваленный и др., 2000; Давыденко, 2006] первичных данных магнитного поля была получена карта локальных аномалий магнитного поля для окрестностей Керчикского рудопроявления [Давыденко, 2016]. Оказалось, что участок рудопроявления расположен в северной части крупной по площади положительной магнитной аномалии (рис. 2).

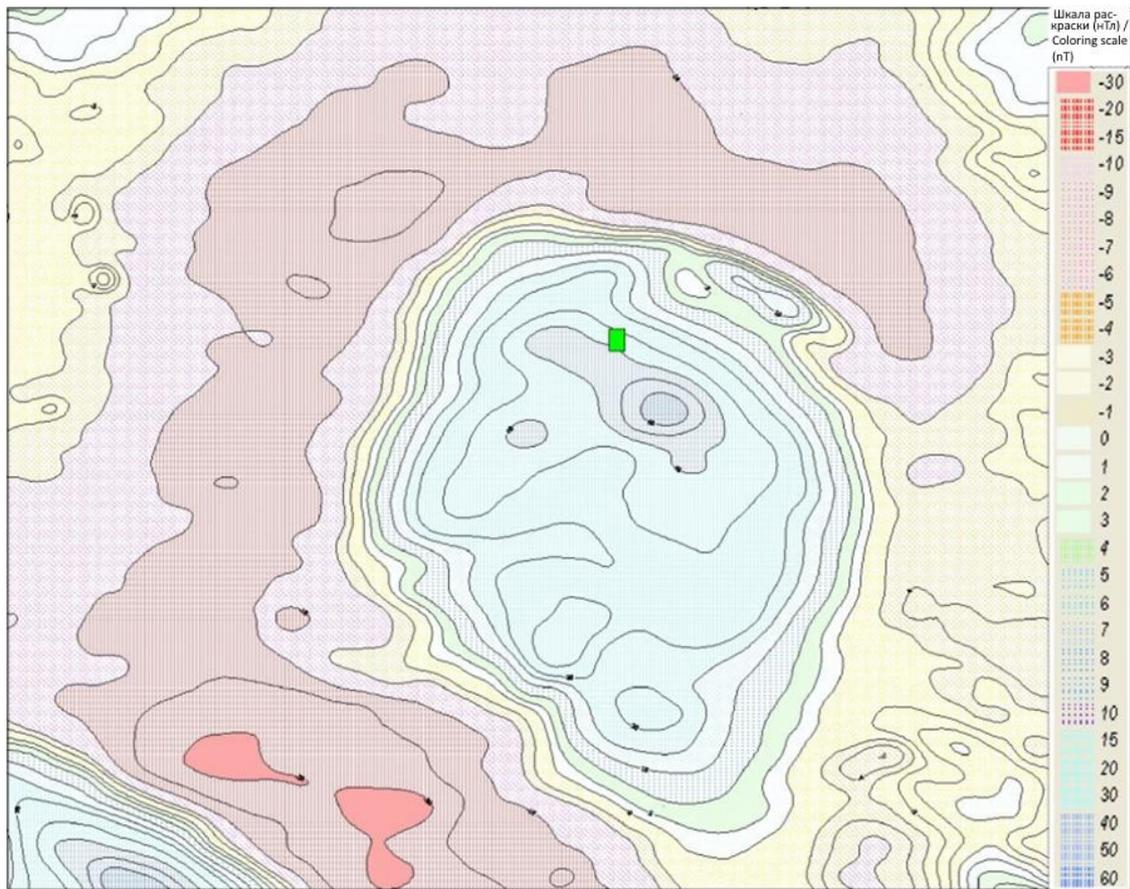


Рис. 2. Карта локального аномального поля для района Керчикского рудопроявления по результатам аэромагнитной съемки масштаба 1:25000. Зеленый прямоугольник в северной части положительной аномалии – площадь Керчикского рудопроявления. /

Fig. 2. Map of the local anomalous field for the region of Kerchik ore occurrence according to the results of an aeromagnetic survey at a scale of 1:25000. A green rectangle in the northern part of the positive anomaly is the area of the Kerchik ore manifestation.

По совокупности данных детальной гравиразведки и результатам бурения, вскрывшего мало-мощные дайки и жилы андезитов несветаевского комплекса, можно предположить на глубине крупный шток основных пород, что могло бы объяснить наличие этой крупной по площади положительной магнитной аномалии. Однако, гравитационный минимум, оконтуривающий последнюю, плохо согласуется с круто «падающим» штоком на глубине. Возможно, определенная часть магнитной аномалии обусловлена метасоматитами в верхней части разреза рудно-магматической системы. Обращает на себя внимание наличие дугообразных элементов в структуре магнитного поля (особенно хорошо они прослеживаются после вычитания аномального поля, обусловленного глубинной частью рудно-магматической системы). Скорее всего, в данном случае имеем дело с крупным по площади, эродированным палеовулканическим аппаратом.

Действительно, известные на сегодняшний день рудные тела Керчикского проявления морфологически представлены двумя относительно изометричными штокверками, приуроченными к метасоматически измененным осадочным и магматическим породам в северном и южном экзо- и эндоконтактах интрузива трахиандезитов. Охарактеризованные выше геолого-структурные условия их локализации в совокупности с особенностями минерального состава оруденения более всего соответствуют эпitherмальным месторождениям золото-серебряных руд, пространственно связанным с вулcano-тектоническими постройками. Вместе с тем, многие черты минерального состава Керчикского рудопроявления, в частности слагающие штокверк кварцевые и карбонатно-кварцевые прожилки с полисульфидной минерализацией и относительно крупным свободным золотом, напоминают позднепродуктивную ассоциацию известных крупнообъемных месторождений в углеродисто-терригенных толщах (Майское на Чукотке, Кумтор в Кыргызстане, Карлин в США и др.), которая на

перечисленных месторождениях, несмотря на высокие содержания золота, не оказывает существенного влияния на общие запасы золота в них. Промышленную значимость этих месторождений определяют, как известно, масштабы и интенсивность рассеянной осадочно-диагенетической, катагенетической и (или) метаморфогенной вкрапленности сульфидов железа и мышьяка с тонкодисперсным золотом [Константинов и др., 2000; Parada, 2002]. Такого типа минерализация фиксируется как в пределах самого Керчикского рудопоявления, так и за его пределами. Наряду с кварцево- жильно-прожилковой минерализацией, связанной с постмагматическими гидротермальными процессами, она отмечается в терригенных породах в форме стратифицированных участков вкрапленной и прожилково-вкрапленной золотосодержащей сульфидной (преимущественно пиритовой) минерализации. Сульфидоносные алевриты образуют невыдержанные по простиранию линзы и слои незначительной мощности, простирающиеся за пределы Керчикского рудного поля. Содержание золота в них от сотых долей до первых граммов на тонну. Причем повышенные содержания золота отмечаются часто в керне скважин, не имеющем каких-либо прожилков и признаков гидротермально-метасоматической переработки [Грановская, 1992]. В контурах штокверковой зоны на эти сульфидоносные горизонты накладывается более поздняя юрская и раннемеловая минерализация, что приводит к регенерации и переотложению раннего золота и укрупнению его частиц. Учитывая эти данные, а также особенности геохимической специализации рудовмещающих пород [Черненко и др., 2012] можно предположить, что выявленная золотосодержащая сульфидно-вкрапленная минерализация в углеродисто-терригенных толщах Восточного Донбасса имеет литогенную природу, и может быть обнаружена далеко за пределами Керчикского рудопоявления.

Кроме прямых признаков, об этом свидетельствуют следующие геологические особенности Восточного Донбасса, свойственные, согласно [Константинов и др., 2000], классическим рудным районам с крупнообъемным золото-сульфидно-вкрапленным оруденением: 1) внутриконтинентальная позиция складчатых структур и отсутствие гранитоидного магматизма; 2) сочетание углисто-терригенных и карбонатных формаций различной степени их постседиментационного преобразования; 3) наличие стратифицированной осадочно-диагенетической сульфидной минерализации; 4) широкое развитие мощных зон смятия, расщепления и будинирования пород, фиксирующих региональные взбросы и надвиги в узлах пересечения их со скрытыми разломами фундамента; 5) отчетливо выраженная асимметрия складчато-разрывных структур; 6) неоднократные проявления тектоно-магматической активизации с внедрением щелочных малых интрузий магматических пород среднего-основного состава. К этому следует добавить нормальный калиевый тип щелочности терригенных пород Донбасса, что по данным [Parada, 2002], является признаком первично литогенной природы сульфидно-вкрапленной минерализации. Кроме того, обращают внимание повышенные содержания некоторых рудных элементов, включая золото, не только во вмещающих породах, но и в углях Донбасса и продуктах их сжигания [Кизильштейн и др., 1995; Gamov et al., 2016; Admakin et al., 2019].

В изложенном контексте, установленную на Керчикском рудопоявлении низкотемпературную аргиллизитовую мышьяково-ртутную минерализацию, можно отнести к «карлинскому типу», что расширяет перспективы существенно карбонатных уровней литолого-стратиграфического разреза Восточного Донбасса на обнаружение тонкодисперсных сульфидно-вкрапленных руд.

Таким образом, в соответствии с приведенными данными, можно предположить, что выявленные к настоящему времени Керчикские руды представляют собой лишь позднепродуктивную стадию более крупных стратифицированных объектов золото-сульфидно-вкрапленного типа в углеродисто-терригенных комплексах, связанную с регенерацией и перераспределением золота в постмагматические стадии на этапах ранне-среднеюрской и средне-позднеюрской тектоно-магматических активизаций. Подобная модель полигенно-полихронного оруденения расширяет перспективы золотосодержащих Восточного Донбасса за счет возможного наличия крупнообъемных золотосодержащих прожилково-вкрапленных и вкрапленных минерализаций в углеродисто-терригенных (черносланцевых) формациях, а также пластовых и субпластовых минерализаций «карлинского типа» в терригенно-карбонатных и карбонатных формациях.

Золоторудные проявления Северо-Кондаковского участка расположены в северо-восточной части Восточного Донбасса. В геологическом отношении описываемый район характеризуется повсеместным развитием каменноугольных отложений, смятых в складки различных порядков. В дизъюнктивных зонах тектонически переработанные породы подвержены гидротермально-метасоматическим преобразованиям джаспероидного типа, что сопровождалось формированием многочисленных квар-

цевых прожилков и жил несущих большей частью сульфидную минерализацию [Давыденко и др., 2014]. В выявленных фрагментах минерализованных зон локализуется рассредоточенная прожилковая и прожилково-вкрапленная золото-кварц-сульфидная минерализация. Падение этих зон крутое, мощность их до 100 и более метров, а протяженность колеблется от 600 м до 2500 м. Выявленная золото-кварц-сульфидная минерализация прослежена буровыми скважинами до глубин 180–200 м. Химические анализы бороздовых и керновых проб показывают значительный разброс содержаний золота: от сотых долей г/т до 11,14 г/т.

По результатам гравиметрической съемки масштаба 1:50000 и аэромагнитной съемки масштаба 1:25000 составлены карты локальных (остаточных) аномалий для основной части Северо-Кондаковской площади с отображением результатов поисковых работ (рис. 3).

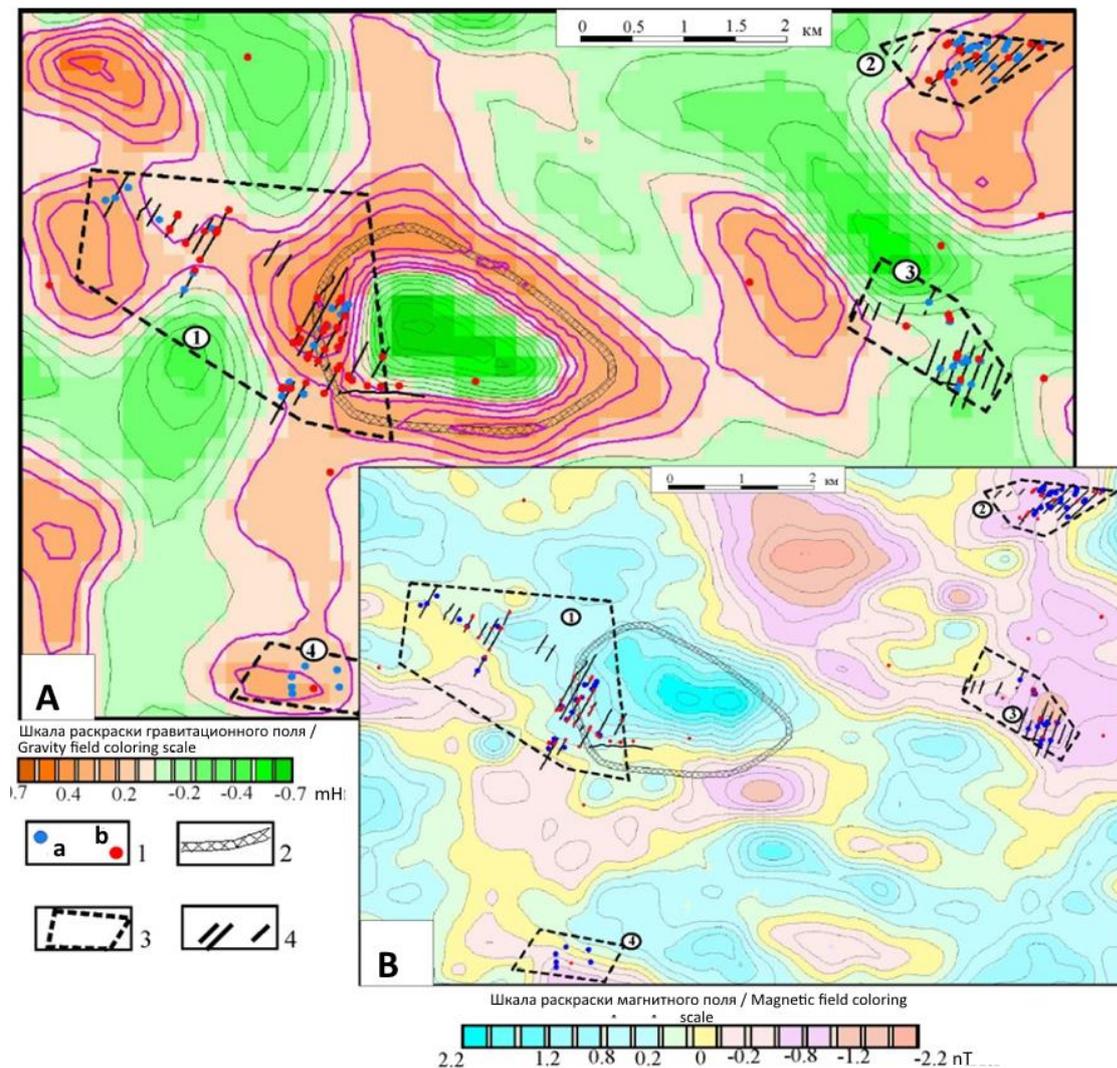


Рис. 3. Схематические карты потенциальных полей для Северо-Кондаковской площади (А – изолинии локальных аномалий поля Δg в редукции Буге по результатам гравиметрической съемки масштаба 1: 50000, Б – изолинии локальных аномалий поля ΔT_a по результатам аэромагнитной съемки масштаба 1:25000). 1 – точки поисковых скважин, пробуренных специалистами (а – с отрицательным результатом, б – золоторудная минерализация вскрыта); 2 – осевая зона положительной аномалии Δg кольцеобразной формы; 3 – поисковые участки «Южгеологии» в пределах Северо-Кондаковской площади (1 – Трофимовский, 2 – Удодовский, 3 – Чумаковский, 4 – Каменно-Бродский); 4 – профили шнекового бурения и отбора проб с поверхности карбона для геохимических анализов. /

Fig. 3. Schematic maps of potential fields for Severo-Kondakovskaya Square (A – isolines of local anomalies of the field Δg in the Bouguer reduction according to the results of gravimetric surveying at a scale of 1: 50000, B – isolines of local anomalies of the field ΔT_a according to the results of aeromagnetic surveying at a scale of 1:25000). 1 – points of exploratory wells drilled by specialists (a – with a negative result, b – gold mineralization opened); 2 – axis zone of positive anomaly Δg of a ring-shaped form; 3 – prospecting sections of Yuzhgeologiya within the North Kondakovskaya area (1 – Trofimovsky, 2 – Udodovsky, 3 – Chumakovsky, 4 – Kamunno-Brodsky); 4 – profiles of auger drilling and carbon surface sampling for geochemical analyzes.

Основное внимание на карте гравитационного поля привлекает положительная аномалия (более – 0,3 мГл) кольцеобразной формы (центральная часть площади). При этом пониженным значениям (менее –0,5 мГл) локального поля силы тяжести (внутри кольца) соответствует положительная локальная аномалия магнитного поля (2 нТл, что вполне обеспечено технической точностью аэромагнитометра, равной 0,1 нТл). Такое сочетание гравитационного и магнитного полей может быть связано с наличием магматических пород кислого состава. Данное предположение подтверждается наличием выявленного нами тела высококальциевых риолитов, аналогичных встреченным на окраине п. Трофимов и описанных в работе [Давыденко и др., 2014].

Следует отметить, что по данным геологоразведочных работ наиболее золотоносная зона №1 располагается как раз в пределах участка совмещения аномалий Δg и ΔT_a .

Таким образом, золотоносные минерализации Северо-Кондаковской площади могут быть связаны с проявлением магматизма кислого состава, в отличие от золотоносных минерализаций Керчикского рудопроявления, где проявлены магматические образования среднего состава.

Заключение

По результатам металлогенического анализа и математической обработки геофизических данных, включающих оригинальную технологию объектно-ориентированной фильтрации, установлены полихронность и полигенность золотого оруденения, соответствующие полиэтапному развитию Донецкого авлакогена.

В составе золотоносных руд вычлняются два основных типа: 1) крупнообъемные зоны и залежи золото-сульфидно-прожилково-вкрапленной минерализации в песчанико-сланцевых углеродистых толщах, относящихся к осадочно-(метаморфогенно)-гидротермальному генетическому классу, связанные с литогенезом и метаморфизмом каменноугольных углеродистых отложений на доорогенном этапе развития авлакогена (Бобриковское и др. месторождения); 2) эпитеермальные кварцевые жилы и локальные жильно-прожилковые зоны золото-серебряно-полиметаллической минерализации, связанные с развитием вулканоплутонических аппаратов центрального типа на этапе мезозойской тектоно-магматической активизации авлакогена, выделяемых по геофизическим данным (Керчикское и др. рудопроявления).

Отнесение к осадочно-(метаморфогенно)-гидротермальному генетическому классу золотоносных минерализаций бобриковского типа обосновано особенностями локализации, размещения и вещественного состава руд, а также особенностями геологического строения Донбасса, свойственными классическим рудным районам с подобным типом оруденения в углеродисто-терригенных (черносланцевых) формациях: внутриконтинентальная позиция складчатых структур и отсутствие гранитоидного магматизма, отчетливо выраженная асимметрия складчато-разрывных структур, сочетание углеродисто-терригенных и карбонатных формаций различной степени их постседиментационного преобразования, наличие стратифицированной сульфидной минерализации.

Выделение мезозойских вулканоплутонических структур центрального типа, с которыми связана эпитеермальная золотоносная минерализация керчикского типа, основано на выявлении изометричных положительных аномалий магнитного поля, сопряженных с изометричными отрицательными аномалиями гравитационного поля, а также выходами магматических пород.

Выявленные в Западном Донбассе к настоящему времени золотоносные руды бобриковского типа представляют собой объекты ранней доорогенной минерализации золото-сульфидно-прожилково-вкрапленного типа в углеродисто-терригенных комплексах.

Выявленные в Восточном Донбассе к настоящему времени золото-серебряно-полиметаллические руды керчикского типа представляют собой позднепродуктивную стадию, связанную с регенерацией и перераспределением доорогенных золотоносных минерализаций на этапе мезозойской тектоно-магматической активизации.

Промышленную значимость выявленных золоторудных объектов определяют, как известно, масштабы и интенсивность рассеянной осадочно-диагенетической, катагенетической и (или) метаморфогенной вкрапленности сульфидов железа и мышьяка с тонкодисперсным золотом.

Литература

1. Грановская Н.В. Минералогия и термобарогеохимия золота в Юго-Восточном Донбассе. // Записки ВМО. – 1992. – №4. – С. 29–42.
2. Давыденко Д.Б. ГИС ИНТЕГРО в комплексе работ по гдп-200 при прогнозировании рудоносности площадей Восточного Донбасса. // Геоинформатика. – 2006. – №2. – С. 29–38.
3. Давыденко Д.Б. Возможности применения математического анализа космоснимков при прогнозировании месторождений золота на площадях Восточного Донбасса. // Геология и геофизика Юга России. – 2016. – №3. – С. 23–37.
4. Давыденко Д.Б., Давыденко Е.Д., Исаев В.С., Клещенков А.В., Мохов А.В., Парада С.Г. Опыт выявления и изучения зон эндогенной флюидизации комплексом дистанционных и газогеохимических методов. // Вестник Южного научного центра. – 2014. – Т. 10. №1. – С. 25–34.
5. Зеленщиков Г.В., Курбанов Н.К., Кучеревский П.Г., Радаева Т.П. Перспективы золотоносности Припятско-Днепрово-Донецкого авлакогена. // Руды и металлы. – 2001. – №2. – С. 26–35.
6. Зеленщиков Г.В., Макарюха С.В., Радаева Т.П. Особенности геологического строения и золотоносность Барило-Крепинского рудопроявления в Восточном Донбассе. // Стратегия развития минерально-сырьевого комплекса Приволжского и Южного федерального округов на 2006 и последующие годы. Тез. Докладов научно-практической региональной конференции. Саратов. – 2005. – С. 143–144.
7. Зеленщиков Г.В., Макарюха С.В., Радаева Т.П. Геологическое строение и рудоносность Черноречинского проявления золота в Восточном Донбассе. // Проблемы геологии, геоэкологии и минералогии юга России и Кавказа. – Новочеркасск. – 2006. – Т.1. – С. 256–262.
8. Кизильштейн Л.Я., Дубов И.В., Шпицглюз А.Л., Парада С.Г. Компоненты зол и шлаков ТЭС. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 176 с.
9. 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. – Ростов н/Д: РГУ, 1987. – С. 95–100.
10. Константинов М.М., Некрасов Е.М., Сидоров А.А., Стружков С.Ф. Золоторудные гиганты России и Мира. – М.: Научный мир, 2000. – 272 с.
11. Курбанов Н.К., Рышков М.М. Создание нового центра золотодобычи на южной геополитической окраине Российской Федерации (ЮФО) на основе прогноза и оценки благородных и цветных металлов в пределах Северо-Кавказской и Днепрово-Донецкой металлогенических провинций. // Сб. Состояние минерально-сырьевой базы Юга России и перспективы ее развития: материалы научно-практической конф., 21–22 мая 2009 г. – Ростов н/Д: «НОК», 2009. – С. 13–27.
12. Лебедь Н.И., Кулиш Е.А. Основные аспекты золотоносности Украины и первоочередные задачи поисковых и оценочных работ. // Проблемы золотоносности недр Украины. Сб. науч. трудов. – Киев. – 1997. – С. 5–19.
13. Лихачев В.А., Зеленщиков Г.В., Терентенко Н.А. Новое рудопроявление цветных и благородных металлов в Восточном Донбассе. // Сб. «Геология и полезные ископаемые Нижнего Дона». – Ростов н/Д. – 1983. – С. 9–13.
14. Лосева О.В., Рогаченко А.М. О золотоносности зоны крупных линейных складок в Нагольном кряже (обзор). // Металлогения древних и современных океанов. – 2008. – №14. – С. 250–254.
15. Неваленный Ю.В., Давыденко Д.Б., Макарюха С.В., Зеленщиков Г.В. Прогнозирование золотого оруденения в условиях закрытой территории Восточного Донбасса на основе геолого-геофизических данных. // Компьютерное обеспечение государственной программы Геолкарта-200. – Ессентуки. – 2000. – С. 148–149.
16. Парада С.Г. Перспективные геолого-промышленные типы рудопроявлений золота в Ростовской области. // Вестник Южного научного центра РАН. – 2014. – Т. 10. №4. – С. 53–60.
17. Парада С.Г. Перспективные типы месторождений и рудопроявлений золота Юга России. // Геология и геофизика Юга России. – 2017. – №1. – С. 57–72.
18. Резников А.Н. Некоторые вопросы геологии и оценки месторождений золота в Нагольном кряже. // Геологический журнал. – 1993. – №5. – С. 138–141.
19. Черненко М.Ю., Трощенко В.В. Геохимическая специализация магматических и осадочных

пород Керчикской рудовмещающей структуры (Восточный Донбасс). // Вестник Южного научного центра РАН. – 2012. – Т. 8. №4. – С. 50–57.

20. Шумлянский В.А., Демихов Ю.Н., Деревская Е.И., Дудар Т.В., Зеленский С.А., Зинчук И.Н., Ивантишина О.М., Курило М.В., Сынгаевский Е.Д. Геолого-генетическая модель Бобриковского золото-полиметаллического месторождения. // Геологический журнал. – 1994. – С. 95–106.

21. Admakin L.A., Parada S.G. Statistical Allocation of the Parageneses of Minor Elements from the Associations in Fossil Coals. // *Doklady Earth Sciences*. – 2019. – Vol. 485, P. 1. – Pp. 260–263. – DOI: 10.1134/S1028334X19030012.

22. Gamov M.I., Levchenko S.V., Rylov V.G., Rybin I.V., Trufanov A.V. Metal-containing coals of the East Donetsk basin: regularities of formation and integrated-use prospects. // *Geology and geophysics*. – 2016. – V. 57. No. 8. – Pp. 1161–1170.

23. Granovsky A.G. Magmatism and stages of the tectonic evolution in the Donets folded structure, Eastern Donets basin. // *Geotectonics*. – 2018. – T. 52. No. 4. – Pp. 485–498. – DOI: 10.1134/S0016852118040039.

24. Guide to the metallogenic map of endogenic ore deposits of China 1:4 000 000 Beijing. // *Econ. Geol.* – 1987. – V. 80(6). – Pp. 73–81.

25. Kingham K. G., Ashley R. P. Deposits of disseminated gold ores, recently discovered in China. // *Econ. Geol.* – 1988. – V. 83(7). – Pp. 1462–1467.

26. Parada S.G. The Lithogenic Nature of Some Gold Deposits in Carbonaceous–Terrigenous Sequences. // *Lithology and Mineral Resources*. – 2002. – V. 37. No. 3. – Pp. 270–282.

27. Peacock D.C.P., Nixon C.W., Rotevatn A., Sanderson D.J. Interacting faults. // *J. Struct. Geol.* – 2017. – V. 97. – Pp. 1–22.

28. Seredin V.V. Distribution and formation conditions of noble metal mineralization in coal-bearing basins. // *Geology of Ore Deposits*. – 2007. – T. 49. No.1. – Pp. 1–30.

29. Skiba P., Gabriel G., Krawczyk C.M., Kiinig M. et al. On the use of small amplitude magnetic anomalies for the improvement of geological models: Case studies from Northern Germany. // *Z. Dtsch. Ges. Geowiss.* – 2016. – V. 167. No. 2-3. – Pp. 131–148.

30. Trumbull R.B., Morteani G. Gold metallogeny in the Sino-Korean platform (examples from Hebei province, № E China). // *Econ. Geol.* – 1999. – V. 73(4). – Pp. 1277–1283.

31. <https://ekonomika/korab-resources-prekratila-finansirovanie-proekta-dlya-osvoeniya-mestorozhdeniya-zolota-i-serebra-v-bobrikovo-55887.htm>

References

1. Granovskaya N.V. Mineralogy and thermobarogeochemistry of gold in the South-Eastern Donbass. WMO notes. 1992. No. 4. pp. 29-42. (In Russ.)

2. Davydenko D.B. GIS INTEGRO in a complex of works on GDP-200 at forecasting of ore-bearing areas of East Donbass. *Geoinformatics*. 2006. No. 2. pp. 29-38. (In Russ.)

3. Davydenko D.B. Possibilities of application of the mathematical analysis of space images at forecasting of deposits of gold on the areas of East Donbass. *Geology and Geophysics of South Russia*. 2016. No. 3. pp. 23-37. (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 gas-geochemical methods. *Bulletin of the southern scientific center*. 2014. Vol. 10. No. 1. pp. 25-34. (In Russ.)

5. Zelenshchikov G.V., Kurbanov N.K., Kucherevskii P.G., Radaeva T.P. Prospects of gold mineralization in the Pripyat-Dniprove-Donets aulacogen. *Ores and metals*. 2001. No. 2. pp. 26-35. (In Russ.)

6. Zelenshchikov G.V., Makaryukha S.V., Radaeva T.P. Features of the geological structure and gold content of the Barilo-Krepinsky ore occurrence in the Eastern Donbass. Strategy of development of mineral resource complex of the Volga and southern Federal districts for 2006 and subsequent years. Thesis of reports of scientific and practical regional conference. Saratov. 2005. pp. 143-144. (In Russ.)

7. Zelenshchikov G.V., Makaryukha S.V., Radaeva T.P. Geology and ore potential Chernorechenskoe occurrences of gold in the Eastern Donbass. *Problems of Geology, Geoecology and Mineralogy of the South of Russia and the Caucasus*. Novocherkassk. 2006. Vol. 1. pp. 256-262. (In Russ.)

8. Kizil'shtein L.Ya., Dubov I.V., Shpitsgluz A.L., Parada S.G. Components of ash and slag TPP. Moscow. *Energoatomizdat*. 1995. 176 p. (In Russ.)

9. Knyazhev A.S., Terentenko N.A., Likhachev V.A., Zelenshchikov G.V., Ustinenko M.I. On the sequence of ore mineral formation Kerchick ore. Geological structure and minerals of the Rostov region. Rostov n/D. Rostov state University. 1987. pp. 95-100. (In Russ.)
10. Konstantinov M.M., Nekrasov E.M., Sidorov A.A., Struzhkov S.F. Gold giants of Russia and the World. Moscow. Scientific world. 2000. 272 p. (In Russ.)
11. Kurbanov N.K., Ryshkov M.M. Creation of a new gold mining center on the southern geopolitical outskirts of the Russian Federation (SFD) on the basis of the forecast and evaluation of precious and non-ferrous metals within the North Caucasus and Dnieper-Donetsk metallogenic provinces. State of the mineral resource base of the South of Russia and prospects for its development: Materials of scientific and practical conference., May 21-22, 2009. Rostov n/D. "NOC". 2009. pp. 13-27. (In Russ.)
12. Lebed' N.I., Kulish E.A. Main aspects of the gold content of Ukraine and the priority tasks of search and evaluation works. Proceedings of Problems of gold bearing subsoil of Ukraine. Kiev. 1997. pp. 5-19. (In Russ.)
13. Likhachev V.A., Zelenshchikov G.V., Terentenko N.A. New ore occurrence nonferrous and precious metals in the Eastern Donbass. Proceedings of "Geology and minerals of the Lower don". Rostov n/D. 1983. pp. 9-13. (In Russ.)
14. Loseva O.V., Rogachenko A.M. On the gold mineralization zones of large linear folds in the ridge nagol'noe (review). Metallogeny of ancient and modern oceans. 2008. No. 14. pp. 250-254. (In Russ.)
15. Nevalennyi Yu.V., Davydenko D.B., Makaryukha S.V., Zelenshchikov G.V. Forecasting of gold mineralization in the conditions of the closed territory of Eastern Donbass on the basis of geological and geophysical data. Computer support of the state program Geolokarta-200. Essentuki. 2000. pp. 148-149. (In Russ.)
16. Parada S.G. Promising geological and industrial types of gold ore occurrences in the Rostov region. Bulletin of the southern scientific center of RAS. 2014. Vol. 10. No. 4. pp. 53-60. (In Russ.)
17. Parada S.G. Promising types of gold deposits and ore occurrences in the South of Russia. *Geology and Geophysics of Southern Russia*. 2017. No. 1. pp. 57-72. (In Russ.)
18. Reznikov A.N. Some aspects of the Geology and evaluation of deposits of gold in nagol'noe ridge. *Geological journal*. 1993. No. 5. pp. 138-141. (In Russ.)
19. Chernenko M.Yu., Troshchenko V.V. Geochemical specialization of magmatic and sedimentary rocks of the Kerchik ore-containing structure (Eastern Donbass). Bulletin of the Southern Scientific Center of RAS. 2012. Vol. 8. No. 4. pp. 50-57. (In Russ.)
20. Shumlyanskii V.A., Demikhov Yu.N., Derevskaya E.I., Dudar T.V., Zelenskii S.A., Zinchuk I.N., Ivantishina O.M., Kurilo M.V., Syngaevskii E.D. Geological and genetic model of Bobrikov gold-polymetallic Deposit. *Geological journal*. 1994. pp. 95-106. (In Russ.)
21. Admakin L.A., Parada S.G. Statistical Allocation of the Parageneses of Minor Elements from the Associations in Fossil Coals. *Doklady Earth Sciences*. 2019. Vol. 485, P. 1. pp. 260–263. – DOI: 10.1134/S1028334X19030012.
22. Gamov M.I., Levchenko S.V., Rylov V.G., Rybin I.V., Trufanov A.V. Metal-containing coals of the East Donetsk basin: regularities of formation and integrated-use prospects. *Geology and geophysics*. 2016. Vol. 57. No. 8. pp. 1161–1170.
23. Granovsky A.G. Magmatism and stages of the tectonic evolution in the Donets folded structure, Eastern Donets basin. *Geotectonics*. 2018. Vol. 52. No. 4. pp. 485–498. DOI: 10.1134/S0016852118040039.
24. Guide to the metallogenic map of endogenic ore deposits of China 1:4 000 000 Beijing. *Econ. Geol.* 1987. Vol. 80(6). pp. 73–81.
25. Kingham K. G., Ashley R.P. Deposits of disseminated gold ores, recently discovered in China. *Econ. Geol.* 1988. Vol. 83(7). pp. 1462–1467.
26. Parada S.G. The Lithogenic Nature of Some Gold Deposits in Carbonaceous–Terrigenous Sequences. *Lithology and Mineral Resources*. 2002. Vol. 37. No. 3. pp. 270–282.
27. Peacock D.S.P., Nixon S.W., Rotevatn A., Sanderson D.J. Interacting faults. *J. Struct. Geol.* 2017. Vol. 97. pp. 1–22.
28. 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.
29. Skiba P., Gabriel G., Krawczyk C.M., Kiinig M. et al. On the use of small amplitude magnetic

anomalies for the improvement of geological models: Case studies from Northern Germany. *Z. Dtsch. Ges. Geowiss.* 2016. Vol. 167. No. 2-3. pp. 131–148.

30. Trumbull R.B., Morteani G. Gold metallogeny in the Sino-Korean platform (examples from Hebei province, No. E China). *Econ. Geol.* 1999. Vol. 73(4). pp. 1277–1283.

31. <https://ekonomika/korab-resources-prekratila-finansirovanie-proekta-dlya-osvoeniya-mestorozhdeniya-zolota-i-serebra-v-bobrikovo-55887.htm>