

УДК 553.061.4

[DOI: 10.46698/VNC.2023.84.41.008](https://doi.org/10.46698/VNC.2023.84.41.008)

Оригинальна статья

Рудно-магматические системы Восточного Донбасса

С.Г. Парада , К.Ю. Гамбург 

Южный научный центр Российской академии наук, Россия, 344005, Ростов-на-Дону,
пр. Чехова, 41, e-mail: segripa@rambler.ru

Статья поступила: 13.04.2023, доработана: 16.05.2023, одобрена к публикации: 23.05.2023

Резюме: Статья посвящена решению одной из научных проблем металлогении Восточного Донбасса, определяющей связь рудных проявлений с магматизмом. **Актуальность исследования.** В практическом отношении и в научном плане Восточный Донбасс всегда изучался в основном как угленосный бассейн. Вместе с тем в пределах его открытой части были установлены рудопроявления цветных, редких и благородных металлов. В сравнении с Западным Донбассом в Восточном Донбассе обнаруживается активное проявление магматической деятельности и приуроченность к ней рудных минерализаций. В связи с этим возникает необходимость оценки рудного потенциала Восточного Донбасса на основе концепции рудно-магматических систем (РМС) с учетом современных представлений о геодинамических обстановках их формирования. **Цель исследования.** Выявить, обосновать выделение и осуществить типизацию РМС в пределах Восточного Донбасса на основе геологических и современных геофизических данных. **Методы.** Исходные данные представляют собой материалы по геологическому строению, магматизму и рудоносности Восточного Донбасса, содержащиеся в отчетах о геологической съемке и поисковых работах на цветные металлы и золото, а также базу цифровых данных современных геофизических среднemasштабных съемок, охватывающих Восточную часть Донецкого бассейна и прилегающие территории. Для решения задачи выявления РМС в Восточном Донбассе использован принцип объектно-ориентированной фильтрации. Фильтрация осуществлялась в ГИС ИНТЕГРО с разным шагом последовательно с ориентиром на имеющиеся пространственные данные о положении интрузивных пород, до тех пор, пока получаемые контуры аномалий не совпадут с проявлениями интрузивных пород с максимально возможной точностью. **Результаты исследования.** Впервые в Восточном Донбассе по геолого-геофизическим данным обосновано выделение РМС. Они подразделены на системы центрального и системы ареального типов. РМС центрального типа представлены скоплениями малых интрузий несветаевского андезит-дацитового интрузивного комплекса, расположенными внутри изометричных высокоградиентных положительных аномалий магнитного поля. Такие аномалии обусловлены наличием центров внутрикорового магматизма основного состава, расположенными выше изотермы Кюри. РМС ареального типа представлены скоплениями даек миусско-керчикского лампрофирового комплекса. Ареалы этих даек не находят отображения в магнитном поле, так как источники лампрофирового магматизма миусско-керчикского комплекса расположены ниже изотермы Кюри, предположительно в мантии.

Ключевые слова: рудно-магматическая система, интрузивный комплекс, рудопроявления, потенциальные поля, магнитные аномалии, очаги магматизма, Восточный Донбасс.

Благодарности: Работа выполнена в рамках реализации государственного задания ЮНЦ РАН, № гос. регистрации 122020100345-8.

Для цитирования: Парада С.Г., Гамбург К.Ю. Рудно-магматические системы Восточного Донбасса. *Геология и геофизика Юга России*. 2023. 13(2): 95-105. DOI: 10.46698/VNC.2023.84.41.008.

[DOI: 10.46698/VNC.2023.84.41.008](https://doi.org/10.46698/VNC.2023.84.41.008)

Original article

Ore-magmatic systems of Eastern Donbass

S.G. Parada^{id}, K.Y. Hamburg^{id}

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

Received: 13.04.2023, revised: 16.05.2023, accepted: 23.05.2023

Abstract: The article is devoted to solving one of the scientific problems of metallogeny of the Eastern Donbass, which determines the connection of ore manifestations with magmatism. **Relevance.** In practical terms and in scientific terms, the Eastern Donbass has always been studied mainly as a coal-bearing basin. At the same time, ore occurrences of non-ferrous, rare and precious metals were found within its open part. In comparison with the Western Donbass, an active manifestation of magmatic activity and the occurrence of ore mineralization are found in the Eastern Donbass. In this regard, there is a need to assess the ore potential of the Eastern Donbass on the basis of the concept of ore-magmatic systems (RMS), taking into account modern ideas about the geodynamic conditions of their formation. **Aim.** To identify, justify the allocation and typification of the RMS within the Eastern Donbass on the basis of geological and modern geophysical data. **Methods.** The initial data are materials on the geological structure, magmatism and ore content of the Eastern Donbass contained in reports on geological survey and prospecting for non-ferrous metals and gold, as well as a database of digital data of modern geophysical medium-scale surveys covering the Eastern part of the Donetsk basin and adjacent territories. The principle of object-oriented filtering was used to solve the problem of detecting RMS in the Eastern Donbass. Filtration was carried out in GIS INTEGRO with different steps sequentially with reference to the available spatial data on the position of intrusive rocks, until the obtained contours of anomalies coincide with the manifestations of intrusive rocks with the maximum possible accuracy. **Results.** For the first time in the Eastern Donbass, the allocation of RMS is justified according to geological and geophysical data. They are divided into systems of central and systems of areal types. RMS of the central type are represented by clusters of small intrusions of the Nesvetaevsky andesite-dacite intrusive complex located inside isometric high-gradient positive magnetic field anomalies. Such anomalies are caused by the presence of centers of intracore magmatism of the main composition located above the Curie isotherm. RMS of the areal type are represented by clusters of dikes of the Miusko-Kerchik lamprophyre complex. The areas of these dikes are not reflected in the magnetic field, since the sources of lamprophyric magmatism of the Miusko-Kerchik complex are located below the Curie isotherm, presumably in the mantle.

Keywords: ore-magmatic system, intrusive complex, ore occurrences, potential fields, magnetic anomalies, magmatism foci, Eastern Donbass.

Acknowledgements: *The work was carried out as part of the implementation of the state task of the UNC RAS, state registration no. 122020100345-8.*

For citation: Parada S.G., Hamburg K.Yu. Ore-magmatic Systems of Eastern Donbass. *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South*. (in Russ.). 2023. 13(2): 95-105. DOI: 10.46698/VNC.2023.84.41.008.

Введение

В научном плане и в практическом отношении Восточный Донбасс всегда изучался в основном как угленосный бассейн. Вместе с тем в пределах его открытой части были установлены рудопроявления цветных, редких и благородных металлов

[Зеленщиков и др., 2001; Неваленный, 2005]. В сравнении с относительно хорошо изученным Западным Донбассом в Восточном Донбассе обнаруживается активное проявление магматической деятельности [Бутурлинов, 1984; Парада, 2014]. Современное состояние проблемы оценки рудоносности Восточного Донбасса сводится к устаревшим представлениям о геологической истории Восточного Донбасса, основанной на устаревших концепциях. Магматизм рассматривался как продукт тектоно-магматической активизации без анализа причин последней [Granovsky, 2018]. Соответствующим образом оценивался минерогенический потенциал.

Попытки оценить металлогенический потенциал Восточного Донбасса упираются в отсутствие научно обоснованных представлений о рудно-магматических системах, основанных на современных геодинамических концепциях, изложенных, например в [Ханчук, Иванов, 1999; Кузнецов и др., 2022; Ярмолук и др., 2023] и основанных на современных геофизических данных. Как это сделано, например в [Saintot et al., 2003; Заалишвили и др., 2015; Spichak, Goidina, 2017; Ступак и др., 2020; Керимов, 2022].

Таким образом, актуальность исследования определяется необходимостью оценки рудного потенциала Восточного Донбасса на основе концепции рудно-магматических систем [Eirish, 2009; Zürcher et al., 2019], с учетом современных представлений о геодинамических обстановках их формирования [Гребенников, Ханчук, 2021; Лобковский и др., 2021]. Цель исследования состоит в выявлении, обосновании и типизации рудно-магматических систем (РМС) в пределах Восточного Донбасса на основе геологических и современных геофизических данных.

Материалы и методы исследования

Исходные материалы настоящего исследования представляют собой материалы по геологическому строению, магматизму и рудоносности Восточного Донбасса, содержащиеся в производственных отчетах о геологической съемке и поисковых работах на цветные металлы и золото, проведенных производственными геологическими организациями в последние пятьдесят лет, а также базу цифровых данных результатов современных геофизических среднемасштабных съемок, охватывающих Восточную часть Донецкого бассейна и прилегающие территории.

Наблюдаемые геофизические аномалии почти всегда являются результатом наложения физических аномалий от разных геологических объектов, в том числе и от расположенных на разных глубинах. Для потенциальных полей это может быть линейное сложение или суперпозиция. В результате наблюдаемое поле представляет собой сумму наложенных полей, обусловленных геологическими неоднородностями различных глубин и масштабов. При этом связи между потенциальными полями и геологическим строением либо ослабляются, либо усиливаются. Поэтому в геофизике применяются различные приемы разделения полей на составляющие. Полученные таким образом аномалии связаны с геологическими неоднородностями разной природы, возраста, состава, глубины залегания.

Для решения задачи выявления рудно-магматических систем в Восточном Донбассе нами использован принцип объектно-ориентированной фильтрации. Фильтрация осуществляется с разным шагом последовательно с ориентиром на имеющиеся пространственные данные о положении интрузивных пород, до тех пор, пока получаемые аномалии не совпадут со скоплением интрузивных пород с максимально возможной точностью.

Сами интрузивные породы выделены на основании данных, приведенных в производственных отчетах о геологической съемке и в отчетах о поисковых работах на рудные полезные ископаемые.

Результаты работы и их обсуждение

Все выявленные магматические тела приурочены к палеозойскому структурному этажу, прорывая, либо залегая субсогласно в виде штоков, даек и силлов. В структурном плане магматические образования приурочены к зонам влияния крупных тектонических нарушений глубинного заложения, таких как региональные Персияновский и Сулино-Константиновский разломы. Магматические породы разделены на два разновозрастных комплекса: несветаевский трахиандезит-андезитовый и миусско-керчикский лампрофировый [Лихачев, 1983].

Выходы магматических пород несветаевского комплекса тяготеют в основном к зоне Персияновского разлома и локализуются в его северном приподнятом крыле, в присводовой части Южной антиклинали, где они характеризуются узловым распределением. Максимальные количества интрузий несветаевского комплекса и наибольшие их размеры отмечается в юго-восточной части исследуемой территории. В северо-западном направлении количество и размеры интрузий уменьшаются. В единичных случаях дайки этого комплекса отмечаются в зоне Сулино-Константиновского разлома, вытянутого в запад-северо-западном направлении вдоль оси Главной антиклинали, где они имеют такое же северо-западное простирание.

Морфология интрузивных тел достаточно проста – это штоки, силлы и дайки. Силлы и дайки, как правило, ориентированы параллельно общему простиранию вмещающей толщи (на запад-северо-запад), но имеют более крутое падение (60–85°). Мощность даек и силлов достигает 75 м, а возможно и более. Протяженность (с учетом геофизических данных) – до 2-3 км.

Абсолютный возраст интрузивных пород 190–210 миллионов лет указывает на юрский возраст магматизма [Granovsky, 2018]. Интрузивные тела прорывают отложения верхнего карбона и объединены в ранне-среднеюрский несветаевский андезит-трахиандезитовый комплекс.

Петрографический состав интрузивов однообразен: в подавляющем большинстве случаев – это дациты, редко переходящие в андезидациты и риодациты. Иногда отмечаются андезиты, андезибазальты и трахибазальты. В изменении состава наблюдается четкая тенденция: если на востоке, в бассейне р. Несветай, установлены только кислые породы, то к западу, в верховьях р. Тузлов, среди редких представителей комплекса отмечаются только средние и основные разности.

С интрузивными породами несветаевского комплекса связаны различного типа метасоматиты, гидротермалиты и золотоносные минерализации Керчикского и Чернореченского рудопроявлений. Каменноугольные терригенные отложения в поле развития интрузивных тел интенсивно изменены и превращены в биотитовые роговики и кварцево-серицито-хлоритовые метасоматиты, известняки подвержены скарнированию, в пластах углей развиваются массивные пирит-пирротиновые образования с амфиболом и пироксеном. Сами андезиты и трахиандезиты в эндоконтактных зонах также подвержены окварцеванию, серитизации и каолинизации. Мощность ореолов метасоматических изменений пород в экзоконтактах интрузивных тел зависит от их размеров и крутизны контактов и достигает первых сотен метров.

К миусско-керчикскому комплексу отнесены магматические породы, сложенные лампрофирами среднего, основного и ультраосновного состава. Область их распространения значительно шире, чем интрузивных пород несветаевского комплекса. Интрузии миусско-керчикского комплекса обычно отмечаются в виде круто залегающих даек преимущественно северо-восточного простирания. Мощность их достигает 5–7 м, протяженность до 1 км. Возраст всех этих интрузивных образований по геологическим данным и результатам определения абсолютного возраста (162–166 миллионов лет) считается средне-позднеюрским [Зеленщиков и др., 2001].

Сближенные дайки объединяются в дайковые поля, преимущественно вытянутой формы, протягивающиеся цепочкой в запад-северо-западном направлении вдоль Персияновского и Сулино-Константиновского разломов и часто поперечно относительно Донбасских структур в северо-восточном направлении. В последнем случае они контролируются системами крутопадающих поперечных малоамплитудных разрывов. Вместе с тем, по отношению к разрывным нарушениям дайки ведут себя независимо, лишь изредка «залечивая» тектонические швы, амплитуды смещения по ним невелики.

Наибольшее их количество отмечается в западной части исследуемой территории Восточного Донбасса. Можно отметить, что эти дайки, также как и интрузии несветаевского комплекса, имеют тенденцию к узловому распределению, при этом образуют более обширные ареалы. Также эти дайки отмечаются в пределах узлов локализации интрузий несветаевского комплекса, где они, являясь более поздними, пересекают последние. Вместе с тем считается [Бутурлинов, 1984], что миусско-керчикский интрузивный комплекс является пострудным по отношению к золотому оруденению.

Количество и размеры ареалов даек миусско-керчикского комплекса увеличивается с юго-востока на северо-запад. То есть, в этом отношении их распределение имеет прямо противоположную тенденцию, чем распределение интрузий несветаевского комплекса.

В петрографическом составе даек преобладают мончикиты и камптониты, реже отмечаются спессартиты и керсантиты. Лампрофиры несут следы сильных гидротермально-метасоматических изменений, проявленных в хлоритизации и карбонатизации породообразующих минералов.

Рассмотрение магматических проявлений в масштабе Донецкого бассейна показывает, что они приурочены в основном к узлам сгущения малоамплитудных разрывов в слабо выраженных структурах, напоминающих зарождающиеся поперечные поднятия. Более выражена тенденция преимущественной локализации большинства проявлений интрузивного магматизма к южной части Восточного Донбасса, где они приурочены к северному крылу Персияновского разлома.

В этой части Донбасса в результате объектно ориентированной фильтрации аномального магнитного поля выделены изометричные положительные магнитные аномалии разного размера и различной интенсивности (рис. 1).

Магнитные аномалии, расположенные южнее Персияновского разлома в западной части изучаемого района могут быть обусловлены геологическими структурами Ростовского выступа Украинского кристаллического щита (РВ УКЩ). Проведенные нами процедуры дальнейших преобразований магнитного поля позволили частично погасить влияние структур РВ УКЩ на структуру магнитного поля Дон-

басса. Другие магнитные аномалии, расположенные южнее Персияновского разлома в центральной и восточной частях изучаемого района, могут быть связаны с очагами магматизма несветаевского комплекса. Однако территория их проявления скрыта под мощным чехлом мезозойско-кайнозойских отложений и недоступна для изучения.



Рис. 1. Локальные аномалии магнитного поля Восточного Донбасса и их номера: 1 – Шахтинская (43,5), 2 – Керчикская (33,2), 3 – Кондаковская (98,5), 4 – Южная (50,5), 5 – Приразломная (60,7), 6 – Юго-восточная (68,0), 7 – Правотузловская (57,3), 8 – Левотузловская (53,8). В скобках указаны максимальные значения интенсивности магнитного поля в центрах изометричных аномалий в н/Тл. Коричневым цветом показаны изолинии магнитного поля, интенсивность магнитного поля в н/Тл показана числами зеленого цвета /

Fig. 1. Local magnetic field anomalies of Eastern Donbass and their numbers: 1 – Shakhtinskaya (43.5), 2 – Kerchikskaya (33.2), 3 – Kondakovskaya (98.5), 4 – Yuzhnaya (50.5), 5 – Prirazlomnaya (60.7), 6 – Southeastern (68.0), 7 – Pravotuzlovskaya (57.3), 8 – Levotuzlovskaya (53.8). The maximum values of the magnetic field intensity in the centers of isometric anomalies in n/T are indicated in parentheses. The isolines of the magnetic field are shown in brown, the intensity of the magnetic field in n/T is shown by green numbers

Скопления штоков, даек и силлов магматических пород основного, среднего и умеренно-кислого состава, относящихся к несветаевскому комплексу располагаются в контурах изометричных аномалий магнитного поля.

Значительно реже в контурах этих аномалий отмечаются дайки миусско-керчикского комплекса. При этом, как правило, их распространение выходит за границы аномалий. Большинство же выявленных ареалов даек миусско-керчикского комплекса не обнаруживают связи с аномалиями магнитного поля.

Отчетливых гравитационных аномалий магматические тела как несветаевского, так и миусско-керчикского комплексов не образуют. Из этого следует, что сами тела не обладают плотностями, превышающими $2,7 \text{ г/см}^3$ (плотность пород герцинского этажа), а скорее всего, характеризуются средними плотностями несколько ниже этого значения, и, кроме того, непосредственно под ними не залегают более плотные массивы основного состава. Вместе с тем, они часто локализованы на участках пониженного остаточного гравитационного поля.

Некоторое количество даек и силлов магматических пород несветаевского комплекса пространственно приурочено к зоне Персияновского разлома и характеризуется близвертикальным залеганием, что еще раз подтверждает крутое положение самого разлома. Отдельная группа штоков, даек и силлов установлена в зоне предполагаемого секущего Кондаковского разлома, имеющего северо-восточное простирание. Однако, даже будучи пространственно приуроченными к зонам разломов предполагаемого северо-восточного простирания, сами дайки и силлы тем не менее характеризуются северо-западным простиранием, что говорит об общем северо-восточном направлении осей растягивающих напряжений в период внедрения магматических пород несветаевского комплекса и о сомнительности наличия поперечного Кондаковского разлома.

Таким образом, по отношению к изометричным аномалиям магнитного поля скопления интрузивных тел можно разделить на два типа. К первому типу нами отнесены скопления магматитов несветаевского комплекса, которые концентрируются в контурах интенсивных магнитных аномалий. Последние отражают глубинные аномалиеобразующие объекты. Исходя из опыта выделения Тырнаузской РМС на Северном Кавказе [Парада, 2022], такие объекты мы интерпретируем как центры (очаги) интрузивного магматизма, в данном случае несветаевского комплекса. Минимальная глубина от поверхности предполагаемых очагов определяется по геофизическим данным, в соответствии с которыми верхняя кромка аномалиеобразующих объектов располагается на глубинах не менее 5 км. Максимальная глубина определяется положением поверхности Кюри, ниже которой физические тела утрачивают магнитные свойства и, соответственно, не отображаются в магнитном поле. Глубину такой поверхности определяем, исходя из значения геотермического градиента, установленного для Восточного Донбасса 23°C и температуре точки Кюри для магнетита 580°C . В результате получаем положение поверхности Кюри 25 км.

Результаты расчета совпадают с полученными ранее данными [Гордиенко и др., 2015] о распределении температур в коре и верхних горизонтах мантии Донбасса вдоль профиля ГСЗ-ХІ (рис. 2).

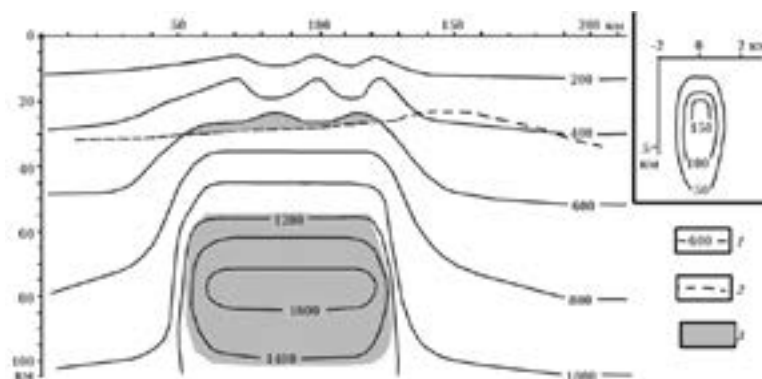


Рис. 2. Распределение температур в коре и верхних горизонтах мантии Донбасса вдоль профиля ГСЗ XI с юго-запада на северо-восток:

1 – изотермы, $^{\circ}\text{C}$, 2 – скоростная граница 6,8 км/с по данным с профилями ГСЗ-ХІ и D, 3 – зоны частичного плавления. На врезке – аномальные температуры, дополняющие модель, связанные с одним из вариантов конвекцией в проницаемой зоне Персияновского разлома /

Fig. 2. Temperature distribution in the crust and upper horizons of the Donbass mantle along the profile of GSZ XI from southwest to northeast:

1 – isotherms, $^{\circ}\text{C}$, 2 – speed limit of 6.8 km/s according to the data from the profiles GSZ-XI and D, 3 – zones of partial melting. The inset shows abnormal temperatures complementing the model associated with one of the variants of convection in the permeable zone of the Persianov fault

В соответствии с рисунком 2 глубина 25 км является верхней кромкой вторичного внутрикорового магматического очага, нижняя его граница располагается на глубинах 30–35 км.

Ареалы рассредоточенных даек миусско-керчикского комплекса не обнаруживают связи с аномалиями магнитного поля. Это значит, что по результатам магнитной съемки установить положение очагов магматизма миусско-керчикского комплекса не представляется возможным, что может быть связано с расположением центров лампрофирового магматизма ниже поверхности Кюри. Исходя из данного предположения и в соответствии с рис. 2 очаги лампрофировой магмы должны располагаться на глубине более 50 км в мантии, без образования промежуточных очагов в земной коре.

С обоими типами скоплений магматических пород пространственно связаны проявления рудных минерализаций гидротермального происхождения [Парада, 2014]. Следовательно, оба типа магматизма создают условия для формирования гидротермальных рудных минерализаций, то есть, представляют рудно-магматические системы (РМС).

В соответствии с установленными особенностями проявления интрузивного магматизма нами предлагается разделить выявленные рудно-магматические системы Восточного Донбасса на два типа (рис. 3): 1) РМС центрального типа, связанные с определенными по геофизическим данными центрами внутрикорового магматизма несветаевского комплекса; 2) РМС ареального типа, связанные с рассредоточенными скоплениями даек лампрофиров, не совпадающие с какими-либо аномалиями потенциальных полей, источники магмы которых располагаются ниже поверхности Кюри, скорее всего в мантии.

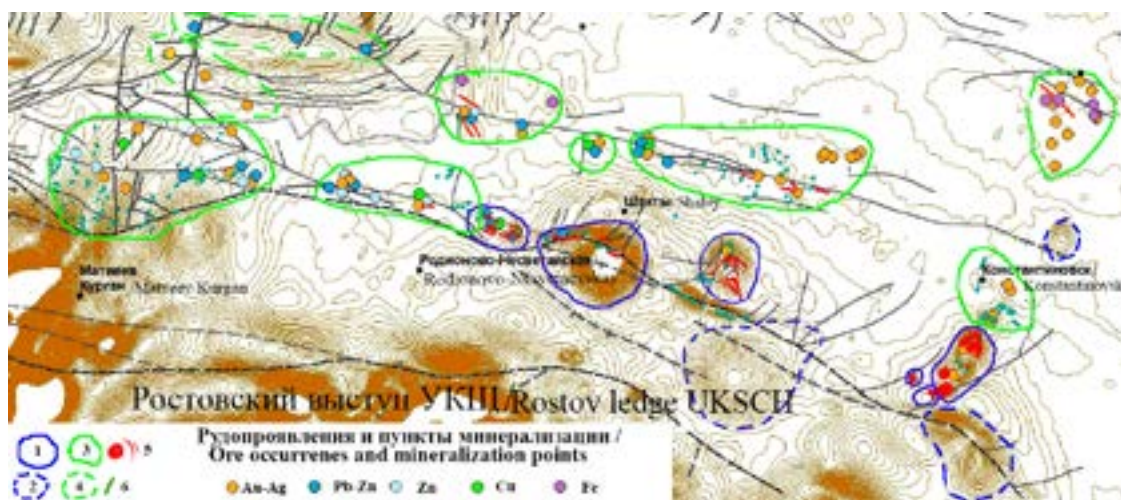


Рис. 3. Размещение рудно-магматических систем центрального (1, 2) и ареального (2, 3) типов относительно неоднородностей магнитного поля в Восточном Донбассе /

Fig. 3. Placement of ore-magmatic systems of central (1, 2) and areal (2, 3) types relative to magnetic field inhomogeneities in Eastern Donbass

Выводы

Впервые в Восточном Донбассе по геолого-геофизическим данным выделены рудно-магматические системы (РМС). Они подразделены на системы центрального и системы ареального типов. РМС центрального типа представлены скоплениями

малых интрузий несветаевского андезит-дацитового интрузивного комплекса, расположенными внутри изометричных высокоградиентных положительных аномалий магнитного поля. Такие аномалии обусловлены наличием центров внутрикорового магматизма основного состава, расположенных выше изотермы Кюри. РМС ареального типа представлены преимущественно дайками миусско-керчикского лампрофирового комплекса. Ареалы этих даек не находят отображения в магнитном поле, так как источники лампрофирового магматизма миусско-керчикского комплекса расположены ниже изотермы Кюри в мантии Земли.

Литература

1. Бутурлинов Н.В. Эволюция магматизма, минеральных ассоциаций и эндогенного рудообразования в Донецком бассейне. // Минералогия рудных месторождений Украины. – К.: Наукова думка, 1984. – С. 36–44.
2. Гордиенко В.В., Гордиенко И.В., Завгородняя О.В. Тепловое поле Донбасса. // Геофизический журнал. – 2015. – Т. 37. №6. – С. 3–23.
3. Гребенников А.В., Ханчук А.И. Геодинамика и магматизм трансформных окраин тихоокеанского типа: основные теоретические аспекты и дискриминантные диаграммы. // Тихоокеанская геология. – 2021. – Т. 40. №1. – С. 3–24. DOI: 10.30911/0207-4028-2021-40-1-3-24
4. Заалишвили В.Б., Чотчаев Х.О., Невский Л.Н., Ольховский Г.П., Тибилов С.М., Гогичев Р.Р. Оптимизация геофизических и геохимических критериев поисков месторождений известных рудных формаций горной части республики Северная Осетия-Алания. // Геология и геофизика Юга России. – 2015. – №3. – С. 28–62.
5. 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.
6. Керимов И.А. Моделирование гравитационного поля систем разломов и зон трещиноватости. // Геология и геофизика Юга России. – 2022. – Т. 12. №4. – С. 59–71. DOI: 10.46698/VNC.2022.44.93.005
7. Кузнецов М.В., Саватенков В.М., Шпакович Л.В., Ярмолюк В.В., Козловский А.М. Эволюция источников магматизма Восточно-Монгольской вулканической области: по данным геохимических и SR-ND-PB изотопных исследований. // Петрология. – 2022. – Т. 30. №5. – С. 457–479.
8. Лихачев В.А. Петрологические особенности магматических пород Восточного Донбасса в связи с вопросами его рудоносности. // В сб. «Геология и полезные ископаемые нижнего Дона». – 1983. – С. 13–17.
9. Лобковский Л.И., Рамазанов М.М., Котелкин В.Д. Развитие модели верхнемантийной конвекции, сопряженной с зоной субдукции, с приложениями к мел-кайнозойской геодинамике Центрально-Восточной Азии и Арктики. // Геодинамика и тектонофизика. – 2021. – Т. 12. №3. – С. 455–470. DOI: 10.5800/GT-2021-12-3-0533 EDN: ZLYENM
10. Невалённый Ю.В. Ресурсы металлических полезных ископаемых. // В кн.: Проблемы и перспективы комплексного освоения минеральных ресурсов Восточного Донбасса. – Ростов н/Д: ЮНЦ РАН, 2005. – С. 71–84.
11. Парада С.Г. Перспективные геолого-промышленные типы рудопроявлений золота в Ростовской области. // Вестник Южного научного центра РАН. – 2014. – Т. 10. №4. – С. 53–60.
12. Парада С.Г. Оценка потенциальной золотоносности Тырнаузского рудного узла на основе дистанционных геофизических данных (Северный Кавказ). // Геология и геофизика Юга России. – 2022. – Т. 12. №1. – С. 109–118. DOI: 10.46698/VNC.2022.39.85.008
13. Ханчук А.И., Иванов В.В. Мезо-кайнозойские геодинамические обстановки и зо-

лотое оруденение Дальнего Востока России. // Геология и геофизика. – 1999. – Т. 40. №11. – С. 1635–1645.

14. Ярмолюк В.В., Саватенков В.М., Козловский А.М., Ступак Ф.М., Кузнецов М.В., Шпакович Л.В. Условия формирования пород и источники магм позднекайнозойского Удонецкого вулканического плато. // Петрология. – 2023. – Т. 31. №1. – С. 3–28.

15. Eirish L.V. Factors determining origination of gold ore systems in the Russian Far East. // *Geology of Ore Deposits*. – 2009. – Vol. 51. No.3. – pp. 223-232. DOI: 10.1134/S1075701509030040

16. 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.

17. Saintot A., Stephenson R., Stovba S., Maistrenko Yu. Structures associated with inversion in the Donbass fold belt (Ukraine and Russia). // *Tectonophysics*. – 2003. – Vol. 373. – pp. 181-207.

18. Spichak V.V., Goidina A.G. A conceptual model of the copper-porphyry ore formation based on joint analysis of deep 3D geophysical models: Sorskoe complex (Russia) case study. // *Acta geophys.* – 2017. – No.7. – pp. 1133-1144. DOI: 10.1007/s11600-017-0100-2

19. Stupak F.M., Yarmolyuk V.V., Kudryashova E.A. Late Mesozoic volcanism in the Ust'-Kara basin (Eastern Transbaikalia) and its relationship with magmatism of the Great Xing'an and east Mongolian Volcanic Belts. // *Russian Geology and Geophysics*. – 2020. – Vol. 61. No.1. – pp. 14–25.

20. Zürcher L., Bookstrom A.A., Hammarstrom J.M., Mars J.C., Ludington S.D., Zientek M.L., Dunlap P., Wallis J.C. Tectono-magmatic evolution of porphyry belts in the Central Tethys region of Turkey, the Caucasus, Iran, Western Pakistan, and Southern Afghanistan. // *Ore Geology Reviews*. – 2019. – Vol. 111. – pp. 102849-102929. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2019.02.034

References

1. Buturlinov N.V. Evolution of magmatism, mineral associations and endogenous ore formation in the Donets Basin. Mineralogy of ore deposits of Ukraine. Kiev. Naukova Dumka, 1984. pp. 36–44. (In Russ.)

2. Gordienko V.V., Gordienko I.V., Zavgorodnyaya O.V. Thermal field of Donbass. *Geophysical journal*. 2015. Vol. 37. No. 6. pp. 3–23. (In Russ.)

3. Grebennikov A.V., Khanchuk A.I. Geodynamics and magmatism of Pacific-type transform margins: the main theoretical aspects and discriminant diagrams. *Pacific geology*. 2021. Vol. 40. No. 1. pp. 3–24. (In Russ.) DOI: 10.30911/0207-4028-2021-40-1-3-24.

4. Zaalishvili V.B., Chotchaev Kh.O., Nevsky L.N., Olkhovsky G.P., Tibilov S.M., Gogichev R.R. Optimization of geophysical and geochemical criteria of the deposits' search of known ore formations of the mountain part of the Republic of North Ossetia-Alania. *Geology and geophysics of the South of Russia*. 2015. No. 3. pp. 28–62. (In Russ.)

5. Zelenshchikov G.V., Kurbanov N.K., Kucherevsky P.G., Radaeva T.P. Prospects for the gold potential of the Pripyat-Dnieper-Donets aulacogen. *Ores and metals*. 2001. No. 2. pp. 26–35. (In Russ.)

6. Kerimov I.A. Modeling the gravitational field fault systems and fracture zones. *Geologiya I Geology and Geophysics of Russian South*. 2022. Vol. 12. No.4. pp. 59–71. (in Russ.) DOI: 10.46698/VNC.2022.44.93.005

7. Kuznetsov M.V., Savatzenkov V.M., Shpakovich L.V., Yarmolyuk V.V., Kozlovsky A.M. The magmatic sources evolution of eastern mongolia volcanic area: evidence from geochemical and SR-ND-PB isotope data. *Petrology*. 2022. Vol. 30. No. 5. pp. 457–479. (In Russ.)

8. Likhachev V.A. Petrological features of igneous rocks of the Eastern Donbass in connection with the issues of its ore content. In: *Proc. Geology and Mineral Resources of the Lower Don*. 1983. pp. 13–17. (In Russ.)

9. Lobkovsky L.I., Ramazanov M.M., Kotelkin V.D. Upper mantle convection related to sub-

duction zone and application of the model to investigate the Cretaceous–Cenozoic geodynamics of central East Asia and the Arctic. *Geodynamics and tectonophysics*. 2021. Vol. 12. No. 3. pp. 455–470. (In Russ.) DOI: 10.5800/GT-2021-12-3-0533.

10. Nevalenny Yu.V. Resources of metallic minerals. In: *Problems and prospects of the integrated development of the mineral resources of the Eastern Donbass*. Rostov-on-Don.SSC RAS, 2005. pp. 71–84. (In Russ.)

11. Parada S.G. Promising geological and industrial types of gold ore occurrences in the Rostov region. *Bulletin of the Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2014. Vol. 10. No. 4. pp. 53–60. (In Russ.)

12. Parada S.G. Assessment of the potential gold content of the Tyrnyauz ore node based on remote geophysical data (North Caucasus). *Geology and Geophysics of Russian South*. 2022. Vol. 12. No. 1. pp. 109–118. (in Russ.) DOI: 10.46698/VNC.2022.39.85.008.

13. Khanchuk A.I., Ivanov V.V. Meso-Cenozoic geodynamic settings and gold mineralization of Russian Far East. *Geology and geophysics*. 1999. Vol. 40. No. 11. pp. 1635–1645. (In Russ.)

14. Yarmolyuk V.V., Savatenkov V.M., Kozlovsky A.M., Stupak F.M., Kuznetsov M.V., Shpakovich L.V. Conditions of rock formation and magma sources of the late Cenozoic Udokan volcanic plateau. *Petrology*. 2023. Vol. 31. No. 1. pp. 3–28. (In Russ.)

15. Eirish L.V. Factors determining origination of gold ore systems in the Russian Far East. *Geology of Ore Deposits*. 2009. Vol. 51. No.3. pp. 223–232. DOI: 10.1134/S1075701509030040.

16. 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.

17. Saintot A., Stephenson R., Stovba S., Maistrenko Yu. Structures associated with inversion in the Donbass fold belt (Ukraine and Russia). *Tectonophysics*. 2003. Vol. 373. pp. 181–207.

18. Spichak V.V., Goidina A.G. A conceptual model of the copper-porphyry ore formation based on joint analysis of deep 3D geophysical models: Sorskoe complex (Russia) case study. *Acta geophys.* 2017. No.7. pp. 1133–1144. DOI: 10.1007/s11600-017-0100-2.

19. Stupak F.M., Yarmolyuk V.V., Kudryashova E.A. Late Mesozoic volcanism in the Ust'-Kara basin (Eastern Transbaikalia) and its relationship with magmatism of the Great Xing'an and east Mongolian Volcanic Belts. *Russian Geology and Geophysics*. 2020. Vol. 61. No. 1. pp. 14–25.

20. Zürcher L., Bookstrom A.A., Hammarstrom J.M., Mars J.C., Ludington S.D., Zientek M.L., Dunlap P., Wallis J.C. Tectono-magmatic evolution of porphyry belts in the Central Tethys region of Turkey, the Caucasus, Iran, Western Pakistan, and Southern Afghanistan. *Ore Geology Reviews*. 2019. Vol. 111. pp. 102849–102929. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2019.02.034