УДК 528.88:551.4
DOI: 10.46698/VNC.2026.27.61.001

Оригинальная статья

Морфометрический анализ Донецкого складчатого сооружения в связи с проблемой рудоносности

С.Г. Парада, И.В. Рыбин, И.В. Шевердяев

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

Статья поступила: 20.08.2026, доработана: 15.09.2026, принята к публикации: 17.09.2026

Резюме: Актуальность работы определяется важностью изучения взаимосвязи морфометрических особенностей рельефа Донецкого складчатого сооружения (ДСС) в связи с размещением месторождений и рудопроявлений золота и цветных металлов, что составит научно-методическую основу применения морфометрических методов исследования при прогнозировании и поисках слепых и погребённых рудных скоплений. **Цель исследования:** выявить морфометрические особенности рельефа ДСС в связи с особенностями геологического строения, неотектоники и пространственным размещением золотого и полиметаллического оруденения. **Методы исследования:** морфотектонический анализ на основе цифровых моделей рельефа (ЦМР) Shuttle Radar Topography Mission (SRTM3) с разрешением пикселя в 90 м, использование математических методов обработки с применением программного комплекса ArcGIS ArcMap 10.4 с установленной лицензией ArcInfo плавающей версии и вспомогательным модулем гидрологической направленности «ArcHydroTools». **Результаты исследования:** Осуществлён морфотектонический анализ цифровой модели рельефа дневной поверхности Донецкого складчатого сооружения. Построены карты изовершинных и изобазисных поверхностей на основе анализа долин 1-го, 2-го, 3-го, 4-го и 5-го порядков, а также карты глубины эрозионного расчленения (энергии) рельефа соответствующих пяти порядков. На картах энергии рельефа, отстроенных по долинам 1-го порядка с изолиниями отдельно через 10 м и отдельно через 25 м, впервые для Донбасса выделено относительно слабо выраженное, слегка вытянутое в западсеверо-западном направлении куполовидное неотектоническое поднятие. В его пределах выделены три расположенные концентрически геоморфологические зоны. Приуроченность всех известных в Донбассе проявлений интрузивного магматизма, месторождений и рудопроявлений цветных металлов и золота к выделенному поднятию позволяет предполагать, что выявленная глубинная неоднородность может представлять собой проекцию активизированного в неогене мантийного плюма, вызвавшего в мезозое появление обширной области проявления рудно-магматических систем в нижних горизонтах земной коры Донбасса. Вытянутость вдоль оси поднятия рудных районов и узлов может быть связана с условиями транспортировки и разгрузки рудоносных растворов по Персиановскому, Сулино-Константиновскому и другим глубинным разломам. Формирование неотектонического поднятия обеспечило в различных его геоморфологических зонах выведение на дневную поверхность разных уровней рудно-магматической колонны золото-полиметаллического оруденения: надрудного в краевой, рудного в промежуточной и подрудного в центральной.

Ключевые слова: гидрографическая сеть, Донбасс, изобазисная поверхность, изовершинная поверхность, морфометрический анализ, пространственный анализ, энергия рельефа.

Благодарности: *Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН, № гос. рег. 125011700412-6.*

Для цитирования: Парада С.Г., Рыбин И.В., Шевердяев И.В. Морфометрический анализ Донецкого складчатого сооружения в связи с проблемой рудоносности. *Геология и геофизика Юга России*. 2026. 16(3): 114–122. DOI: 10.46698/VNC.2026.27.61.001

DOI: 10.46698/VNC.2026.27.61.001

Original paper

Morphometric analysis of the Donetsk folded structure in connection with the ore-bearing potential

S.G. Parada, I.V. Rybin, I.V. Sheverdyaev

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

Received: 20.08.2026, revised: 15.09.2026, accepted: 17.09.2026

Abstract: The relevance of the work is determined by the importance of studying the relationship of morphometric features of the relief of the Donetsk folded structure (DFS) in connection with the placement of deposits and ore occurrences of gold and non-ferrous metals, which will form the scientific and methodological basis for the use of morphometric research methods in predicting and searching for blind and buried ore accumulations. **The aim** of the study: to identify the morphometric features of the DFS relief in connection with the features of the geological structure, neotectonics and spatial distribution of gold and polymetallic mineralization. **Methods:** morphotectonic analysis based on digital terrain models (DTM) Shuttle Radar Topography Mission (SRTM3) with a pixel resolution of 90 m, the use of mathematical processing methods using the ArcGIS ArcMap 10.4 software complex with an installed floating license for ArcInfo and an auxiliary hydrological module "ArcHydroTools". **Results.** Morphotectonic analysis of the digital model of the land surface of the Donetsk folded structure was carried out. Maps of summit surfaces and base-level surfaces were constructed based on the analysis of valleys of the 1st, 2nd, 3rd, 4th and 5th orders, as well as maps of the depth of erosion dissection (energy) of the relief of the corresponding five orders. On the relief energy maps, rebuilt along the 1st order valleys with isolines separately after 10 m and separately after 25 m, for the first time for Donbas, a relatively weakly expressed, slightly elongated to the west-north-west direction, dome-shaped neotectonic uplift was identified. Within its boundaries, three concentrically located geomorphological zones are distinguished. The coincidence of all the manifestations of intrusive magmatism, deposits and ore occurrences of non-ferrous metals and gold known in Donbas to the identified uplift suggests that the identified deep heterogeneity may be a projection of the mantle plume activated in the Neogene, which caused the appearance of a vast area of the manifestation of ore-magmatic systems in the lower horizons of the Earth's crust of Donbas in the Mesozoic. The elongation along the axis of the uplift of ore areas and nodes can be associated with the conditions for transporting and unloading ore-bearing solutions along the Persianovsky, Sulino-Konstantinovsky and other deep faults. The formation of a neotectonic uplift ensured in its various geomorphological zones the bringing to the daytime surface of different levels of the ore-magmatic column of gold-polymetallic mineralization: supra-ore in the marginal, ore in the intermediate and sub-ore in the central.

Keywords: hydrographic network, Donbas, base-level surface, summit surface, morphometric analysis, spatial analysis, energy of relief.

Acknowledgements: *The paper was prepared as part of the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences implementation state assignment, state registration No. 125011700412-6.*

For citation: Parada S.G., Rybin I.V., Sheverdyaev I.V. Morphometric analysis of the Donetsk folded structure in connection with the ore-bearing potential. *Geologiya I Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South*. (in Russ.). 2026. 16(3): 114–122. DOI: 10.46698/VNC.2026.27.61.001

Введение

Донецкое складчатое сооружение (ДСС) расположено в центральной части Днепрово-Донецкого авлакогена (рис. 1). ДСС в рельефе Днепрово-Донецкого авлакогена выделяется довольно отчётливо как его наиболее приподнятая часть. В геоморфологическом отношении ДСС представляет собой возвышенность, расчленённую водотоками разных порядков, известную под названием Донецкий кряж. В связи с этим возникает предположение о неотектоническом (конэрозионном по [Костенко, 1999]) поднятии, которое привело к формированию данной возвышенности.

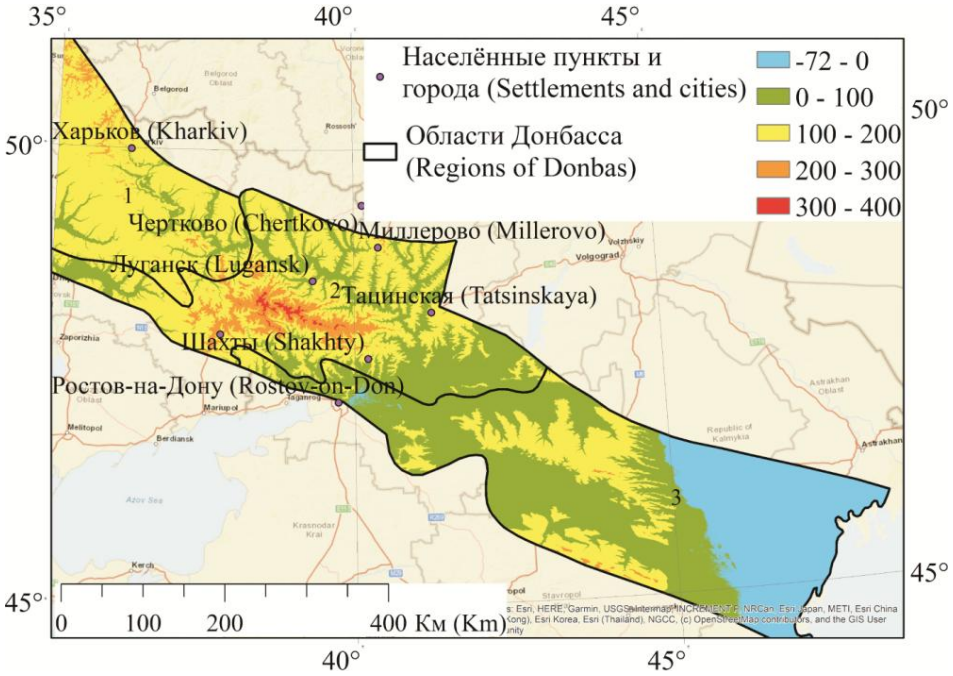

Рис. 1. Расположение ДСС в системе Днепрово-Донецкого авлакогена (высоты приведены в метрах). 1 – Днепрово-Донецкая впадина; 2 – ДСС (Донецкий угольный бассейн); 3 – Вал Карпинского /

Fig. 1. Location of the DFS in the Dnieper-Donetsk aulacogen system (heights are given in meters). 1 – Dnieper-Donetsk depression; 2 – DFS (Donetsk coal basin); 3 – Karpinsky shaft

В металлогеническом отношении ДСС представляет собой металлоносную провинцию с месторождениями и рудопроявлениями цветных металлов и золота. В наиболее приподнятой (западной) части Донецкого кряжа, именуемой отдельно Нагольным кряжем, известны месторождения ртути, свинца и цинка, серебра и золота. По современным оценкам [Дыщук, 2025], ресурсная база этой части ДСС (в пределах Луганской и Донецкой народных республик) может составить 108 т золота, 1244 т серебра и 550 тыс. т суммы свинца и цинка. В восточной части ДСС (в пределах Ростовской области) имеются пока лишь предварительно оценённые рудопроявляния цветных металлов и золота. По данным [Невалённый, Зеленщиков, 2005] ресурсы золота в этой части ДСС могут составить первые сотни тонн. При этом предварительно оценённые запасы благородного металла наиболее изученного Керчикского рудопроявления превышают 50 т, что соответствует крупному золоторудному месторождению.

Металлогенические особенности восточной и западной частей ДСС заметно отличаются, прежде всего, наличием или отсутствием интрузивного магматизма. Так, в восточной части ДСС все рудопроявления располагаются в пределах ареалов распространения юрских интрузивных пород [Парада, Гамбург, 2023; Парада, 2024], в то время как в западной его части проявления интрузивного магматизма не обнаружены.

В связи с изложенным возникает необходимость в определении степени влияния неотектонических движений на металлогенические особенности западной и восточной частей ДСС и принадлежности месторождений и рудопроявлений к единой или разным металлогеническим системам.

Использованные ранее геологические и геофизические методы не дали однозначного ответа на поставленный вопрос. В настоящей статье предпринята попытка использовать с указанной целью геоморфологические методы исследования.

Таким образом, актуальность работы определяется необходимостью разработки научно-методической основы применения геоморфологических методов при металлогенических исследованиях складчатых систем. Цель исследования: выявить морфометрические особенности рельефа ДСС в связи с геологическим строением, неотектоникой, магматизмом и пространственным размещением золотого и полиметаллического оруденения.

Материал и методы

Морфометрические характеристики ДСС получены с использованием цифровых моделей рельефа (ЦМР) *Shuttle Radar Topography Mission* (*SRTM*3), которые обладали особенностью глобального охвата, с разрешением пикселя в 90 м, что вполне позволяет идентифицировать необходимые крупные структуры [Философов, 1960; 1975]. Сегодня существует великое множество типов ЦМР, таких как *GTOPO*, *ASTER*, *Earth*2014, *GMTED*2010, *SRTM*3, *OEM*, *COP DEM* и многие другие. Цифровой формат исходных данных позволяет использовать математические методы для их обработки, а также применение современных геоинформационных технологий. Использованы также материалы по геологическому строению и золотоносности отдельных участков, содержащихся в производственных отчётах о поисковых работах на рудное золото и другие полезные ископаемые. Обработка информации осуществлялась с применением программного комплекса *ArcGIS*, включая *ArcMap* 10.4 с установленной лицензией *ArcInfo* плавающей версии и вспомогательным модулем гидрологической направленности «*ArcHydroTools*».

Неотектоническая природа Донецкого кряжа предполагает возможность применения геоморфологических методов исследования ДСС. Одним из таких методов является морфотектонический анализ [Философов, 1960; Корженевский, Философов, 1963; Симонов, 1972; Костенко, 1999], позволяющий выявлять связи между формами рельефа, неотектоническими и современными движениями. Данный метод показал свою эффективность при металлогенических исследованиях [Парада, 2008; Ермолаев, Семёнов, 2014; Рыбин и др., 2025].

Метод основан на построении изобазисных и изовершинных поверхностей с последующим построением карты величин эрозионного вреза (энергии) рельефа по [Панов, 1966; Философов, 1967]. При этом порядок гидрографической сети определялся по методу Хортона-Стралера [Horton, 1932; Strahler, 1958]. При создании изобазисной поверхности находились места пересекания линий тальвегов речных долин и изолиний абсолютных отметок рельефа в пределах одного конкретного порядка. При построении изовершинных поверхностей применялась идентичная методика. Отличие состояло в том, что определялись точки пересечения водораздельных линий хребтов с изолиниями рельефа. Проведённое исследование охватывало всю площадь ДСС, а также части примыкающих к нему с северо-запада Днепрово-Донецкой впадины и с юго-востока – Вала Карпинского, что в сумме составило более 10200 км^2.

Технологии построения растровых изображений изобазисных и изовершинных поверхностей разных порядков, а также построения карт энергии рельефа в среде программного комплекса *ArcGIS ArcMap* 10.4, подробно изложены в работе [Рыбин, Шевердяев, 2023].

Результаты и обсуждение

Всего отстроено пять комплектов карт по долинам 1-го, 2-го, 3-го, 4-го и 5-го порядков. На рисунке 2 приведены для примера три комплекта таких карт, отстроенных для исследованной площади по долинам 1-го, 3-го и 5-го порядков.

На картах глубины расчленения (энергии) рельефа, отстроенных по долинам 1-го порядка через 10 м и через 25 м, выделяется слабо выраженное относительно изометричное, слегка вытянутое в запад-северо-западном направлении куполовидное поднятие (рис. 3), представляющее неотектоническую структуру конэрозионного типа развития, согласно классификации [Костенко, 1999]. Протяжённость структуры не менее 190 км, ширина – не менее 96 км.

В пределах выявленного поднятия можно выделить три геоморфологические зоны, расположенные концентрически и отражающие изменения скорости неотектонического поднятия. Внутренняя зона протяжённостью 90 км и шириной 66 км с максимальными абсолютными отметками высот более 250 м. Она характеризуется относительно слабым вертикальным расчленением (энергией) рельефа (менее 25 м), что может свидетельствовать о её формировании в условиях морфологического зарождения свода при ещё относительно небольших превышениях скорости тектонического поднятия над скоростью денудации.

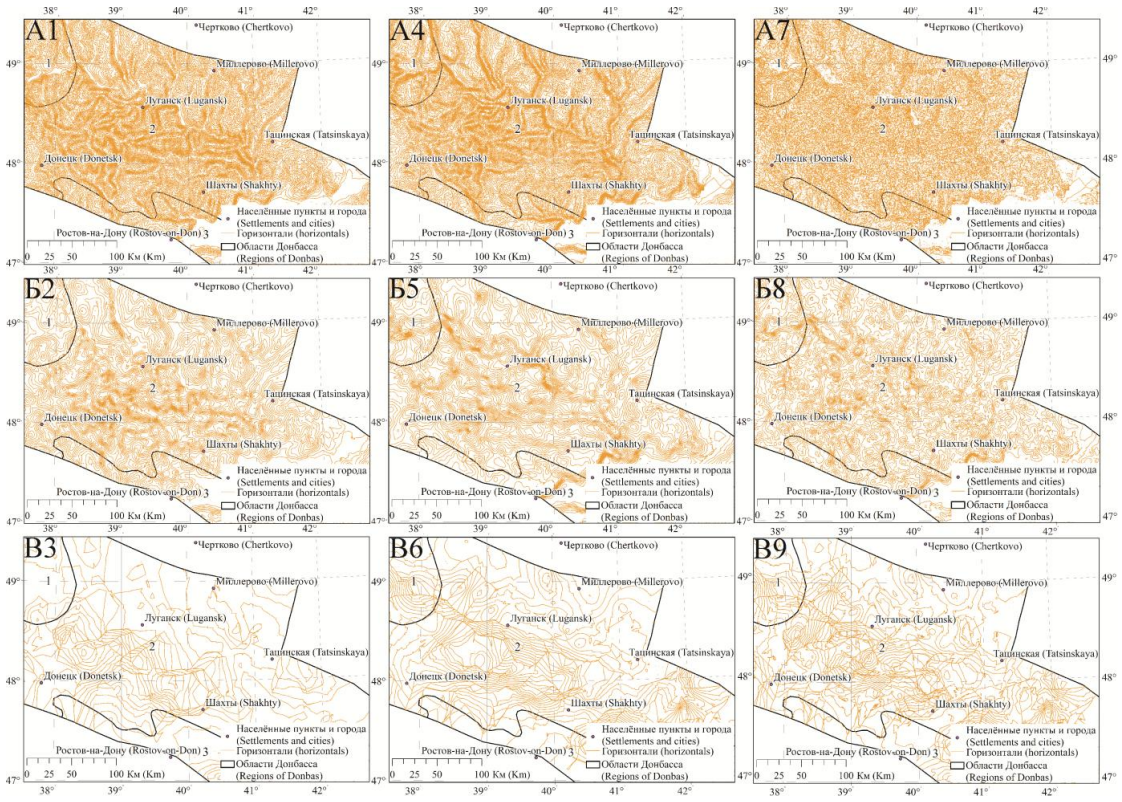

Рис. 2. Примеры карт отстроенных изобазисных (1–3), изовершинных (4–6) поверхностей и энергии рельефа (7–9) для долин 1-го (А), 3-го (Б) и 5-го (В) порядков в изолиниях через 10 метров. 1 – Днепрово-Донецкая впадина; 2 – Донецкое складчатое сооружение; 3 – Вал Карпинского /

Fig. 2. Examples of maps of rebuilt isobase (1–3), isoversical (4–6) surfaces and relief energy (7–9) for valleys of the 1st (А), 3rd (Б) and 5th (В) orders in isolines after 10 meters. 1 – Dnieper-Donetsk depression; 2 – Donetsk folded structure; 3 – Karpinsky shaft

Внутреннюю зону поднятия окружает промежуточная зона с максимальной шириной 23 км, и минимальной – 6 км. Она характеризуется относительно малой глубиной

расчленения рельефа (менее 15 м), что может быть связано с резким возрастанием скорости восходящих движений, что привело к значительному отставанию глубинной регрессивной эрозии на склонах быстро растущего поднятия и, как следствие, к изоляции реликтового рельефа в промежуточной зоне общего поднятия. Этот, по сути, реликтовый рельеф продолжает существовать в новых условиях, обусловленных изоляцией от своего регионального базиса денудации.

Внешняя зона поднятия шириной от 7 км (на востоке) до 40 км (на западе) характеризуется наибольшей глубиной эрозионного расчленения рельефа (более 45 м), что связано с возрастанием скорости неотектонического воздымания на завершающем этапе развития пликативной неотектонической структуры.

Следующая, внешняя (условно предгорная) зона соответствует склонам впадин. В этой зоне режим конэрозионного неотектонического воздымания сменяется режимом конаккумулятивного неотектонического погружения. Рельеф этой зоны выположенный. Здесь можно ожидать аккумулятивные образования, сформированные за счёт сносимых со склонов растущего поднятия продуктов денудации.

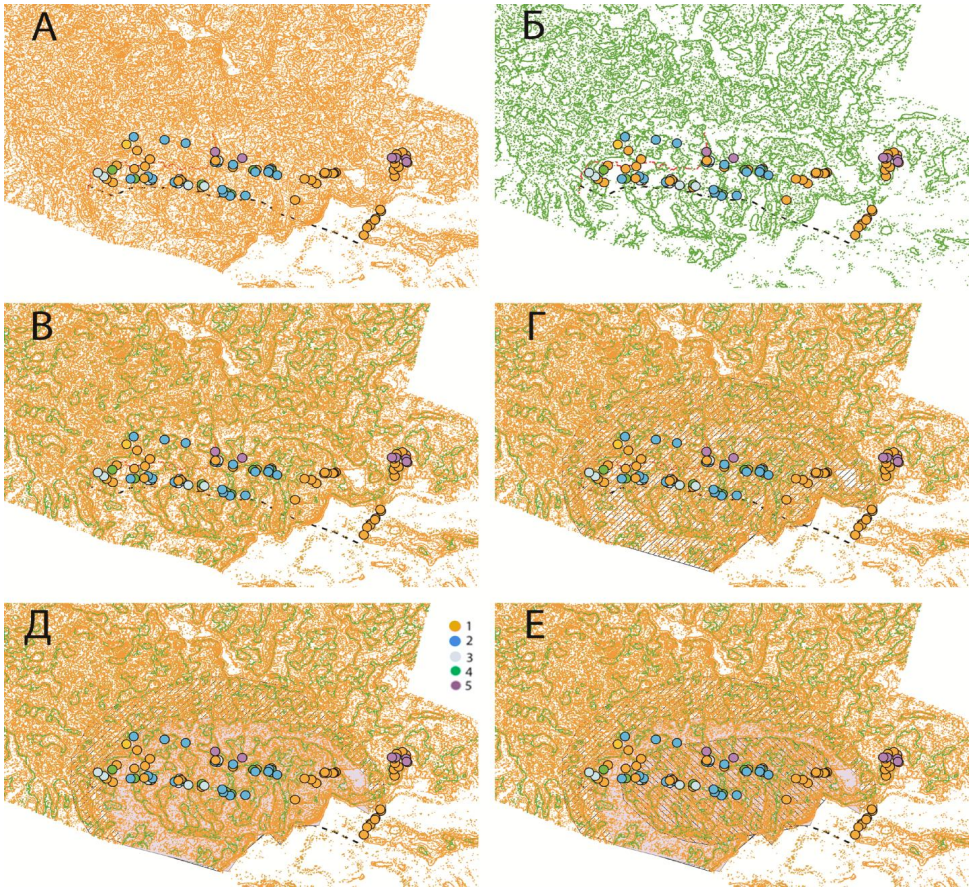

Рис. 3. Карты изолиний глубины расчленения (энергии) рельефа, отстроенные по долинам 1-го порядка отдельно через 10 м (А) и через 25 м (Б), с совмещением изолиний через 10 и 25 м (В), в том числе с отображением куполовидного неотектонического поднятия (Г) с выделенной отдельно периферической зоной (Д), с выделением дополнительно промежуточной и центральной (Е) зон. 1–5 – месторождения и рудопроявления золота и цветных металлов: 1 – золота; 2 – свинца и цинка; 3 – цинка; 4 – меди; 5 – железа /

Fig. 3. Maps of isolines of the depth of dissection (energy) of the relief, rebuilt along the 1st order valleys separately after 10 m (A) and after 25 m (Б), with the alignment of isolines after 10 and 25 m (B), including the display of a dome-shaped neotectonic uplift (Г) with a separate peripheral zone (Д), with the allocation of an additional intermediate and central (E) zones. 1–5 – deposits and ore occurrences of gold and non-ferrous metals: 1 – gold; 2 – lead and zinc; 3 – zinc; 4 – copper; 5 – iron

В геологическом отношении выделенная площадь представляет куполовидное поднятие, вытянутое в запад-северо-западном направлении с отношением длины к ширине менее 2. Направление вытянутости поднятия соответствует простиранию всего Днепрово-Донецкого авлакогена в целом и ДСС в частности. В геологическом строении ДСС на доступных для изучения глубинах конформной брахиантиклинали глубинной структуры не обнаружено. Из всех полученных трансформант потенциальных полей, выявленному по геоморфологическим признакам поднятию более всего соответствует фоновая компонента гравитационного поля [Давыденко, Парада, 2021]. В этом месте отрицательная в целом аномалия гравитационного поля образует положительную структуру в связи с уменьшением абсолютных значений по направлению к центру неотектонического поднятия. В западной части Донбасса, выявленная морфоструктура также находит отражение в аномальном поле, образующем положительную структуру регионального масштаба на фоне общего отрицательного гравитационного поля [Буланцен и др., 2019]. Обе охарактеризованные структуры гравитационного поля выявлены разными исследователями в разное время. Тем не менее, они хорошо сочленяются между собой. Результаты описанных сопоставлений указывают на возможное наличие глубинной структурно-вещественной неоднородности регионального масштаба, расположенной под выявленным нами неотектоническим куполовидным поднятием.

Приуроченность всех известных в Донбассе проявлений интрузивного магматизма, месторождений и рудопроявлений цветных металлов и золота к выделенному нами неотектоническому поднятию позволяет предположить, что выявленная глубинная неоднородность может быть связана с неоактивизацией долгоживущего мантийного плюма, вызвавшего в мезозое появление обширной области проявлений магматизма в нижних горизонтах земной коры Донбасса. Вытянутость вдоль оси поднятия рудных районов и узлов может быть связана с условиями транспортировки и разгрузки рудоносных растворов по долгоживущим глубинным Персиановскому, Сулино-Константиновскому и другим разломам.

Заключение

Исходя из существующих представлений о рудно-магматических системах [Prokofiev, Naumov, 2020; Goldfarb, Pitcairn, 2023], выявленная нами неотектоническая структура не может иметь генетического отношения к зарождению мезозойских рудно-магматических систем Донбасса. Однако формирование этой структуры обеспечивает выведение на дневную поверхность различных по продуктивности зон единой рудно-магматической колонны. Так, например, Бобриковское месторождение, располагаясь на западном склоне неотектонического поднятия в промежуточной геоморфологической зоне, представляет собой наиболее продуктивную надинтрузивную зону рудно-магматической системы. Именно поэтому там не выявлены проявления магматических пород. В то же время Керчикское рудопроявление, располагаясь в центральной части неотектонического поднятия в его центральной геоморфологической зоне с широким развитием магматических пород, представляет наиболее денудированную часть рудно-магматической колонны, характеризующуюся меньшей продуктивностью.

Выявленные закономерности могут составить научно-методическую основу разработки геоморфологических методов поиска и оценки эндогенного оруденения цветных металлов и золота.

Литература

1. Булацен В.Г., Халявина Л.Я., Борисюк Т.Е. Характеристики гравитационного поля прогнозных нефтегазоносных площадей ДДВ по данным спутниковой модели EGM08 и гравиметрических измерений начала XX века // Геофизический журнал. – 2019. – Т. 41. № 1. – С. 95–107. DOI: 10.24028/gzh.0203-3100.v41i1.2019.158866.

2. Давыденко Д.Б., Парада С.Г. Опыт разделения потенциальных полей Донбасса на фоновую, остаточную и локальную составляющие и некоторые результаты интерпретации // Геология и геофизика Юга России. – 2021. – Т. 11. № 1. – С. 22–37. DOI: 10.46698/VNC.2021.23.67.003.

3. Дыщук М.Ю. Геолого-промышленная характеристика золото-полиметаллического оруденения Нагольного рудного района // Труды РАНИМИ. – 2025. – № 5(43). – С. 142–154. DOI: 10.24412/2519-2418-2025-543-142-154.

4. Ермолаев О.П., Семёнов Ф.В. Использование цифровых моделей рельефа для морфометрического анализа тектонических структур и поиска россыпей аллювиального генезиса // География и природные ресурсы. – 2014. – № 1. – С. 142–147.

5. Корженевский А.А., Философов В.П. Морфометрический метод при геологических исследованиях // Материалы Первого межведомственного совещания по морфометрическому методу поисков тектонических структур. – Саратов: Изд-во Саратовского университета, 1963. – 263 с.

6. Костенко Н.П. Геоморфология: учебник для вузов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 1999. – 379 с.

7. Невалённый Ю.В., Зеленщиков Г.В. Ресурсы металлических полезных ископаемых // Проблемы и перспективы комплексного освоения минеральных ресурсов Восточного Донбасса. – Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2005. – С. 71–84.

8. Панов Д.Г. Общая геоморфология. – М.: Изд-во Высшая школа, 1966. – 427 с.

9. Парада С.Г. Влияние глубины расчленения рельефа на гранулометрический состав золота в россыпях // Геоморфология. – 2008. – № 4. – С. 48–54.

10. Парада С.Г., Гамбург К.Ю. Рудно-магматические системы Восточного Донбасса // Геология и геофизика Юга России. – 2023. – Т. 13. № 2. – С. 95–105. DOI: 10.46698/VNC.2023.84.41.008.

11. Парада С.Г. Чернореченское рудопроявление золота (Восточный Донбасс) // Геология и геофизика Юга России. – 2024. – Т. 14. № 3. – С. 112–124. DOI: 10.46698/k7180-2394-5711-d.

12. Рыбин И.В., Шевердяев И.В. Морфометрические исследования средствами пространственного анализа на примере Днепрово-Донецкого авлакогена. // Геодезия и картография. – 2023. – Т. 84. № 4. – С. 28–38. DOI: 10.22389/0016-7126-2023-994-4-28-38.

13. Рыбин И.В., Шевердяев И.В., Мисиров С.А. Морфометрический анализ как метод поиска минерального сырья на примере Днепрово-Донецкого авлакогена // Геодезия и картография. – 2025. – № 4. – С. 48–55. DOI: 10.22389/0016-7126-2025-1018-4-48-55.

14. Симонов Ю.Г. Региональный геоморфологический анализ. – М.: Изд-во Московского университета, 1972. – 255 с.

15. Философов В.П. Краткое руководство по морфометрическому методу поисков тектонических структур. – Саратов: Изд-во Саратовского университета, 1960. – 93 с.

16. Философов В.П. Значение карты потенциальной энергии рельефа для геоморфологических и неотектонических исследований // Методы геоморфологических исследований. – Новосибирск: Наука, 1967. – С. 193–198.

17. Философов В.П. Основы морфометрического метода поисков тектонических структур. – Саратов: Изд-во Саратовского университета, 1975. –232 с.

18. Goldfarb R.J., Pitcairn I. Orogenic gold: is a genetic association with magmatism realistic? // Mineralium Deposita. – 2023. – Vol. 58. – pp. 5–35. DOI: 10.1007/s00126-022-01146-8.

19. Horton R.E. Drainage basin characteristics // Transactions American Geophysical Union. – 1932. – Vol. 13. – pp. 350–361.

20. Prokofiev V.Yu., Naumov V.B. Physicochemical parameters and geochemical features of ore-forming fluids for orogenic gold deposits throughout geological time // Minerals. – 2020. – Vol. 10(1). Issue 50. – pp. 1–38. DOI: 10.3390/min10010050.

21. Strahler A.N. Dimensional analysis applied to fluvially eroded landforms // Geological Society of America Bulletin. – 1958. – Vol. 69. – pp. 279–300.

References

1. Bulatsen V.G., Khalyavina L.Ya., Borisyuk T.E. Characteristics of the gravity field of predictive oil-gas areas in the DDD region according to satellite model EGM08 and gravity measurements at the beginning of the XX century. Geophysical Journal. 2019. Vol. 41. No. 1. pp. 95–107. DOI: 10.24028/gzh.0203-3100.v41i1.2019.158866. (In Russ.)

2. Davydenko D. B., Parada S. G. Experience of Dividing Potential Fields of Donbass into Background, Residual and Local Components and some Results of Interpretation. Geology and Geophysics of Russian South. 2021. Vol. 11. No. 1. pp. 22 – 37. DOI: 10.46698/VNC. 2021.23.67.003. (In Russ.)

3. Dyshchuk M.Yu. Geological and industrial characteristics of gold-polymetallic mineralization of the Nagolny ore region. Transactions of RANIMI. 2025. No. 5(43). pp. 142–154. DOI: 10.24412/2519-2418-2025-543-142-154. (In Russ.)

4. Ermolaev O.P., Semenov F.V. Use of digital terrain models in morphometric analysis of tectonic structures and prospecting of placers of alluvial genesis. Geography and Natural Resources. 2014. No. 1. pp. 142–147. (In Russ.)

5. Korzhenevsky A.A., Filosofov V.P. Morphometric Method in Geological Research. In: Proceedings of the First Interdepartmental Conference on the Morphometric Method for Searching for Tectonic Structures. Saratov. Saratov University Press. 1963. 263 p. (In Russ.)

6. Kostenko N.P. Geomorphology: a textbook for universities. 2nd ed., revised and supplemented. Moscow. Moscow State University. 1999. 379 p. (In Russ.)

7. Nevalyon Y.V., Zelenshchikov G.V. Metal mineral resources. In: Problems and Prospects for the Integrated Development of Mineral Resources in the Eastern Donbass. Rostov-on-Don. Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2005. pp. 71–84. (In Russ.)

8. Panov D.G. General Geomorphology. Moscow. Vysshaya Shkola. 1966. 427 p. (In Russ.)

9. Parada S.G. The influence of the depth of relief dissection on the particle-size distribution of gold in placers. Geomorfology. 2008. No. 4. pp. 48–54. (In Russ.)

10. Parada S.G., Hamburg K.Yu. Ore-magmatic Systems of Eastern Donbass. Geology and Geophysics of Russian South. 2023. Vol. 13. No. 2. pp. 95–105. DOI: 10.46698/VNC.2023.84.41.008. (In Russ.)

11. Parada S.G. Chernorechensk gold ore deposit (Eastern Donbass). Geology and Geophysics of Russian South. 2024. Vol. 14. No. 3. pp. 112–124. DOI: 110.46698/k7180-2394-5711-d. (In Russ.)

12. Rybin I.V., Sheverdyaev I.V. Morphometric studies through spatial analysis using the example of the Dnieper-Donets Aulacogen. Geodesy and Cartography. 2023. Vol. 84. No. 4. pp. 28–38. DOI: 10.22389/0016-7126-2023-994-4-28-38. (In Russ.)

13. Rybin I.V., Sheverdyaev I.V., Misirov S.A. Morphometric analysis as a method of searching for mineral raw materials using the example of the Dnieper-Donetsk Aulacogen. Geodesy and Cartography. 2025. No. 4. pp. 48–55. DOI: 10.22389/0016-7126-2025-1018-4-48-55. (In Russ.)

14. Simonov Yu.G. Regional Geomorphological Analysis. Moscow. Publishing House of Moscow University. 1972. 255 p. (In Russ.)

15. Filosofov V.P. A Brief Guide to the Morphometric Method of Searching for Tectonic Structures. Saratov. Saratov University Press. 1960. 93 p. (In Russ.)

16. Filosofov V.P. The significance of the relief potential energy map for geomorphological and neotectonic studies. In: Methods of geomorphological research. Novosibirsk. Nauka. 1967. pp. 193–198. (In Russ.)

17. Filosofov V.P. Fundamentals of the morphometric method for searching for tectonic structures. Saratov. Saratov University Press. 1975. 232 p. (In Russ.)

18. Goldfarb R.J., Pitcairn I. Orogenic gold: is a genetic association with magmatism realistic? Mineralium Deposita. 2023. Vol. 58. pp. 5–35. DOI: 10.1007/s00126-022-01146-8.

19. Horton R.E. Drainage basin characteristics. Transactions American Geophysical Union. 1932. Vol. 13. pp. 350–361.

20. Prokofiev V.Yu., Naumov V.B. Physicochemical parameters and geochemical features of ore-forming fluids for orogenic gold deposits throughout geological time. Minerals. 2020. Vol. 10(1). Issue 50. pp. 1–38. DOI: 10.3390/min10010050.

21. Strahler A.N. Dimensional analysis applied to fluvially eroded landforms. Geological Society of America Bulletin. 1958. Vol. 69. pp. 279–300.