

УДК 551.24: 550.3

DOI: 10.46698/VNC.2024.24.93.004

Оригинальная статья

Глубинное строение зоны сочленения Донецкой складчатой системы и Воронежского кристаллического массива по геофизическим данным

Д.Б. Давыденко^{id}, К.Ю. Гамбург^{id}

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

Статья поступила: 24.09.2024, доработана: 04.11.2024, принята к публикации: 06.11.2024

Резюме: Актуальность работы. Выделение крупных тектонических элементов, подобных Южному склону Воронежской антеклизы (ЮСВА) и Донецкому складчатому сооружению (ДСС), обычно основывается на данных региональных сейсморазведочных работ в комплексе с грави- и магниторазведкой. Самым информативным являлся XIV профиль КМПВ-ГСЗ. Однако, трассирование выявленных на нем глубинных разломов по площади региона, в условиях отсутствия сети подобных профилей, является неоднозначным и привело к созданию целой серии вариантов (в значительной мере субъективных). Вместе с тем, выявление особенностей глубинного строения зоны сочленения крупных структурных элементов земной коры, в частности ДСС и ЮСВА, имеет важное значение для познания геологической истории и прогноза полезных ископаемых. **Цель.** Выделить однородные тектонические блоки и глубинные разломы в зоне сочленения ДСС и ЮСВА. **Методы.** Выделение и прослеживание глубинных разломов, и выявление тектонических блоков осуществлялось на основе оценки их геодинамической однородности. Для этого был осуществлен анализ современных данных высокоточной аэрогеофизической съемки масштаба 1:50 000 (аэромагнитометрия) и масштаба 1:100 000 (аэрогравиметрия), полученных ЗАО ГНПП «Аэрогеофизика» в 2008–2011 гг., результатов глубокого бурения и материалов профиля глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ). **Результаты.** В зоне сочленения южного склона Воронежского кристаллического массива и Донецкой складчатой системы выделены геодинамически однородные сегменты в пределах Курского и Калачско-Эртильского мегаблоков. Предложена новая концептуальная модель глубинного строения, в соответствии с которой эти сегменты располагаются вдоль Прадонецкого рифта и испытали существенную рифтогенную переработку в рифейское время. Прадонецкому рифту соответствует зона линейной складчатости Донбасса, а площадям южной части Курского мегаблока соответствует область мелкой складчатости каменноугольной толщи (складчато-надвиговый тип покровной складчатости). Прогнозируемые образования рифейского возраста могут быть отнесены к доплитному (переходному) комплексу.

Ключевые слова: тектонические мегаблоки, рифейские образования, глубинные разломы, потенциальные поля, Донбасс.

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

Для цитирования: Давыденко Д.Б., Гамбург К.Ю. Глубинное строение зоны сочленения Донецкой складчатой системы и Воронежского кристаллического массива по геофизическим данным. *Геология и геофизика Юга России*. 2024. 14(4): 28–38. DOI: 10.46698/VNC.2024.24.93.004

DOI: 10.46698/VNC.2024.24.93.004

Original paper

The deep structure of the junction zone of the Donetsk folded system and the Voronezh crystalline massif according to geophysical data

D.B. Davydenko , K.Y. Hamburg 

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

Received: 24.09.2024, revised: 04.11.2024, accepted: 06.11.2024

Abstract: Relevance. The identification of large tectonic elements, such as the Southern Slope of the Voronezh Anticline (SSVA) and the Donetsk Folded Structure (DFS), is usually based on data from regional seismic surveys in combination with gravity and magnetic exploration. The most informative was the XIV profile of the RCM-DSS. However, tracing the deep faults identified on it over the area of the region, in the absence of a network of such profiles, is ambiguous and has led to the creation of a whole series of options (largely subjective). At the same time, the identification of the features of the deep structure of the junction zone of large structural elements of the Earth's crust, in particular DFS and SSVA, is important for the knowledge of the geological history and mineral prospectivity prediction. **Aim.** To identify homogeneous tectonic blocks and deep faults in the junction zone of the DFS and the SSVA. **Methods.** The identification and tracing of deep faults and the identification of tectonic blocks were carried out on the basis of an assessment of their geodynamic homogeneity. For this purpose, the analysis of modern data of high-precision aerogeophysical survey of 1:50.000 scale (aeromagnetometry) and 1:100.000 scale (aerogravimetry) obtained by JSC GNPP Aerogeophysics in 2008–2011, the results of deep drilling and materials of the profile of deep seismic sounding ((DSS) was carried out. **Results.** Geodynamically homogeneous segments within the Kursk and Kalachsko-Ertlsky megablocks have been identified in the junction zone of the southern slope of the Voronezh crystalline massif and the Donetsk folded system. A new conceptual model of the deep structure is proposed, according to which these segments are located along the Great Donets Rift and experienced significant rifting during the Riphean period. The Pradonetsky rift corresponds to the zone of linear folding of Donbass, and the areas of the southern part of the Kursk megablock correspond to the area of shallow folding of the carboniferous strata (folded-thrust type of cover folding). The predicted formations of the Riphean age can be attributed to an additional (transitional) complex.

Keywords: tectonic megablocks, riphean formations, deep faults, potential fields, Donbass.

Acknowledgements: The work was carried out within the framework of the implementation of the state assignment of the Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, state registration No. 122020100345-8.

For citation: Davydenko D.B., Hamburg K.Y. The deep structure of the junction zone of the Donetsk folded system and the Voronezh crystalline massif according to geophysical data. *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South*. (in Russ.). 2024. 14(4): 28-38. DOI: 10.46698/VNC.2024.24.93.004

Введение

Большинство исследователей придерживается мнения о влиянии блоковой тектоники фундамента на процессы седиментогенеза осадочной толщи, формирование ее структуры, особенности проявления магматизма и, как следствие, на нефтегазонасность и рудоносность площадей [Аплонov, Лебедев, 2010; Матишов и др., 2011 и др.]. В то же время выявление и изучение как блокового строения, так и этих закономерностей является достаточно сложной проблемой. Практически, все предпринимаемые попытки изучения глубинного строения южного склона Воронежской антеклизы (ЮСВА) и ее сопряжения с Донецким складчатым сооружением (ДСС) сводились к прогнозированию по геофизическим данным крупных разломных зон (глубинных разломов) и выделению участков между разломами в качестве блоков кристаллического фундамента. Разумеется, глубинные разломы являются значимым элементом геологического строения региона и могут служить важным критерием для выявления зон нефтегазонакопления и оруденения [Davydenko, 2020; Парада, 2023 и др.].

Выделение крупных тектонических элементов, подобных ЮСВА и ДСС, основывается на данных региональных сейсморазведочных работ в комплексе с гравиметрической и магниторазведкой. Самым информативным до настоящего времени являлся XIV профиль КМПВ-ГСЗ (**корреляционный метод преломлённых волн – глубинное сейсмическое зондирование**) [Бородулин, 1973]. Однако, трассирование выявленных на нем глубинных разломов по площади региона, в условиях отсутствия сети подобных профилей, привело к созданию целой серии вариантов (в значительной мере субъективных). В настоящее время наиболее признанными и уверенно трассируемыми являются Глубокинский и Каменский надвиги. При этом предполагается, что на глубоких горизонтах углы наклона плоскостей их сместителей увеличиваются и переходят в крутопадающие зоны глубинных разломов.

Таким образом, выявление особенностей глубинного строения зон сочленения крупных структурных элементов земной коры, в частности ДСС и ЮСВА, имеет важное значение, как для познания геологической истории, так и для прогноза полезных ископаемых.

Материал и методы

Задача выделения и прослеживания глубинных разломов и выявление тектонических блоков осуществлялась, прежде всего, на основе оценки их геодинамической однородности в соответствующие временные периоды, а не просто как геологическое пространство между глубинными разломами. Так, в начале 2000-х годов появилась работа [Zaitsev et al., 2003], в которой для рассматриваемого региона была предпринята попытка выделения в кристаллическом фундаменте платформы мегаблоков, являющихся вещественно-структурными и геодинамически однородными мегаобразованиями. Авторы указанной работы опирались, в основном, на результаты исследований, выполненных в более северных районах [Chernyshov et al., 1997]. Так как севернее анализируемого региона были получены значительно большие объемы геологической информации о составе и структуре кристаллического фундамента (мощности осадочной толщи здесь значительно меньше, чем в анализируемом регионе), что обеспечивало большую надежность создаваемых там мо-

делей глубинного строения. При трассировании блоков фундамента, выделенных в более северных регионах, авторами работы [Zaitsev et al., 2003] привлекались к анализу данные о магнитном и гравитационном полях, а также результаты бурения скважин глубокого бурения и материалы профиля глубинного сейсмозондирования (ГСЗ). Для достижения поставленной нами цели использован аналогичный подход. При этом использованы материалы, полученные Закрытым акционерным обществом «Геофизическое научно-производственное предприятие «Аэрогеофизика»» (ЗАО «ГНПП «Аэрогеофизика»») в 2008–2011 гг. по объекту «Комплексные аэрогеофизические исследования (аэрогравиметрия, аэромагниторазведка) масштаба 1:50 000 – 1:100 000».

Результаты и обсуждение

Согласно существующим представлениям фундаментом для осадочной толщи в пределах Воронежской антеклизы являются докембрийские образования [Лёвин и др., 2011; Буш, 2014; Granovsky, 2018; Грановский, Грановская, 2019]. Породы докембрия в пределах анализируемого региона не обнажаются. Минимальные глубины его залегания установлены на севере, в пределах свода Воронежского кристаллического массива. Максимальные глубины кровли фундамента порядка 17 км предполагаются по данным геофизических исследований под Донецким складчатым сооружением (ДСС) [Saintot et al., 2003]. В соответствии с принятой в рассматриваемой работе схемой глубинного строения региона южный склон Воронежского кристаллического массива подразделяется на Курский, Калачско-Эртильский мегаблоки и разделяющую их Лосевскую шовную зону [Чернышов и др., 1996; Brunet et al., 1999]. Границы выделяемых структур ориентированы субмеридионально и под крутым углом пересекаются с ДСС. Согласно описываемой схеме предпринята попытка протрассировать выделяемые на севере мегаблоки через площади Сарматско-Суаркырской рифтовой системы [Антипов и др., 2010] в пределы Скифской плиты. Так ими предлагается рассматривать Приазовский мегаблок (его восточным сегментом является Ростовский выступ кристаллического фундамента (Структурно-формационная карта кристаллического основания юго-западной части Восточно-Европейской платформы (масштаб 1:1000000). Гл. ред. А.И. Зарицкий. Киев: Госкомгеология Украины, 1992) [Парада, 2019; Хераскова и др., 2023] как южное продолжение Курского мегаблока. К востоку от Приазовского мегаблока предлагается выделять Зерноградско-Мечётинскую шовную зону (аналог Лосевской шовной зоны), а в качестве аналога Калачско-Эртильского мегаблока – Сальско-Ремонтненский блок. Подобные предположения о возможности трассирования мегаблоков Воронежского кристаллического массива (ВКМ) в пределы Скифской плиты представляются, весьма дискуссионными. Конкретных сведений об особенностях физических полей, характеризующих тот или иной мегаблок авторами практически не приводится.

Магнитное поле анализируемого региона явно подразделяется на 3 площадных типа, различающиеся особенностями структуры поля. Первый из них занимает северную часть территории, характеризуется изрезанным знакопеременным полем, преобладанием линейно вытянутых аномалий, значительными горизонтальными градиентами в соответствии с рис. 1.

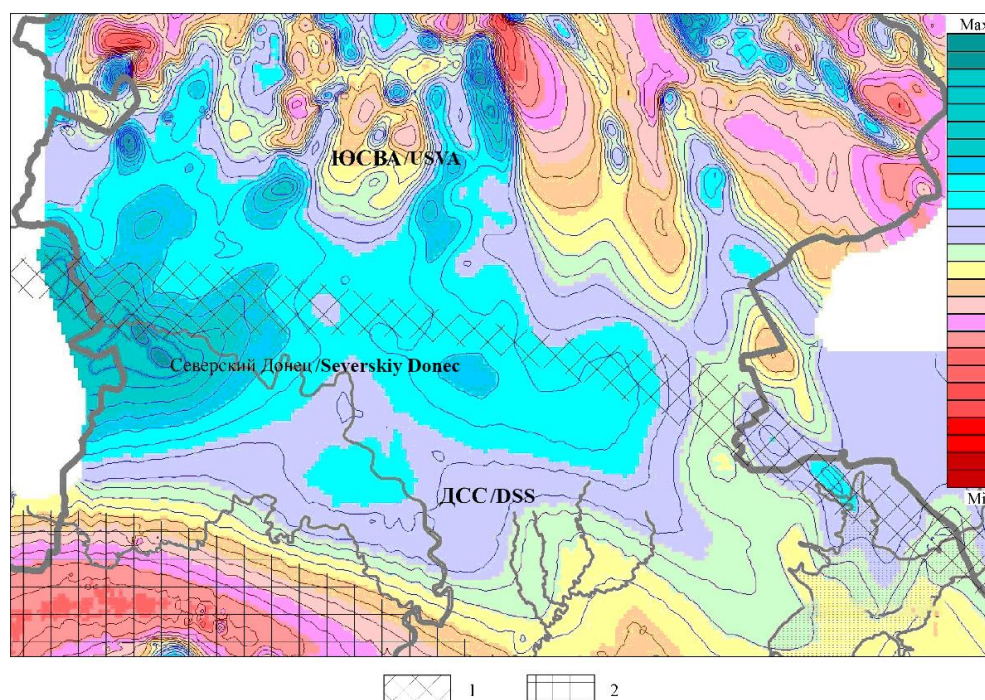


Рис. 1. Схематическая карта изолиний магнитного поля зоны сочленения южного склона Воронежской антеклизы (ЮСВА) и Донецкой складчатой системы (ДСС), а также прилегающих площадей: 1 – зона сочленения двух структур (ЮСВА и ДСС); 2 – площади Прадонецкого авлакогена рифейского возраста /

Fig. 1. Schematic map of the magnetic field isolines of the junction zone of the southern slope of the Voronezh antecline (SSVA) and the Donetsk folded system (DFS), as well as adjacent areas. 1 – the zone of articulation of two structures (SSVA and DFS); 2 – the areas of the Proto-Donets Avlakogen of the Riphean age

Второй тип приурочен к центральной части площади исследуемого региона. Это слабо дифференцированные аномалии положительного знака, постепенно затухающие с запада на восток, с небольшими горизонтальными градиентами. Третий тип выделяется в юго-западной части площади, характеризуется отрицательными значениями поля, наличием многочисленных мелких (и по площади, и по интенсивности) осложнений.

Поле силы тяжести, в соответствии с рис. 2, по своей структуре также подразделяется на три типа (однако они пространственно не совпадают с типами магнитного поля). На юге рассматриваемого региона и в северо-восточной его части выделяются площади с повышенными значениями поля силы тяжести. Разделены они зоной пониженных значений гравитационного поля. Положительные аномалии северо-восточной части площади малоамплитудны и слабоградиентны. В центральной зоне с пониженными значениями остаточных аномалий четко выделяются три изометричных по форме аномалии, наиболее интенсивной и градиентной из которых является средняя. От более южной зоны повышенного гравитационного поля центральная отделяется четкой полосой высоких значений горизонтального градиента.

Выделение двух мегаблоков (Курского и Калачско-Эртильского), а также разделяющего их Лосевского вулканотектонического пояса на площадях, прилегающих с

севера и северо-востока к анализируемому региону [Zaitsev et al., 2003], принимаем как достаточно обоснованное.

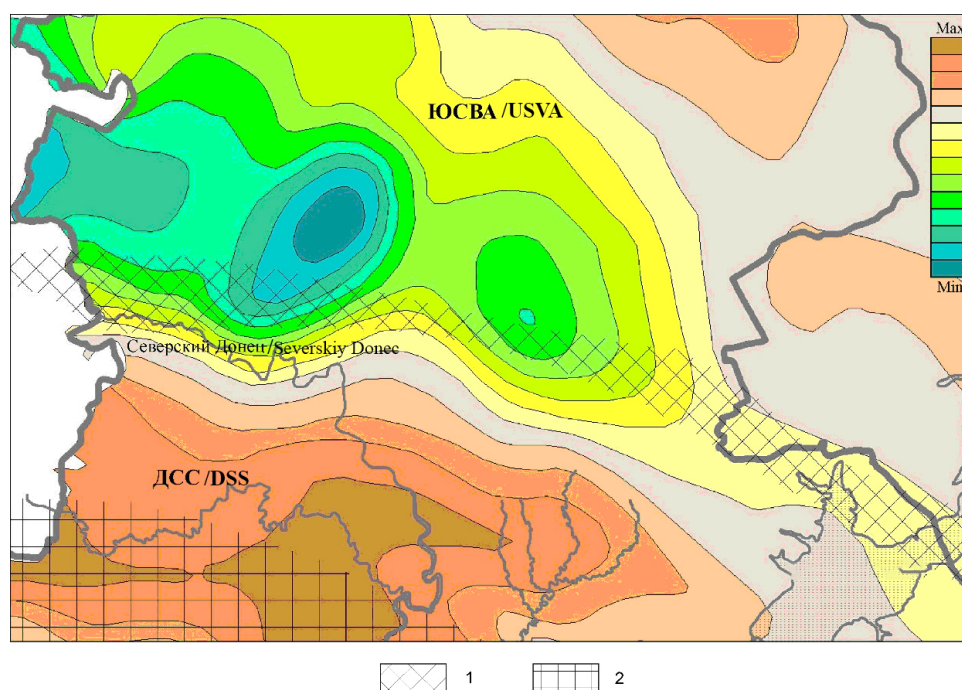


Рис. 2. Схематическая карта остаточных аномалий поля силы тяжести зоны сочленения южного склона Воронежской антеклизы (ЮСВА) и Донецкой складчатой системы (ДСС) с прилегающими землями: 1 – зона сочленения двух надпорядковых структур (ЮСВА и ДСС); 2 – площади Прадонецкого авлакогена рифейского возраста /

Fig. 2. Schematic map of residual anomalies of the gravity field of the zone of articulation of the southern slope of the Voronezh anticline (SSVA) and the Donetsk folded system (DFS) with adjacent lands: 1 – the zone of articulation of two superorder structures (SSVA and DFS); 2 – the area of the Pradonetsky avlakogen of the Riphean age

С целью прослеживания Курского мегаблока в пределах исследуемых площадей нами выполнен анализ структуры аномального магнитного поля вдоль этого вещественно-структурного образования, начиная от районов Курской магнитной аномалии (КМА), где он перекрыт небольшими мощностями рыхлых отложений. Следует отметить, что в строении Курского мегаблока существенную роль играют наложенные рифтогенные впадины, выполненные железисто-кремнисто-сланцевой и железисто-карбонатно-сланцевой формациями. Породы указанных формаций интенсивно намагничены [Крутиховская и др., 1964] и поэтому площадям неглубокого залегания кристаллических образований этого блока соответствуют высокоинтенсивные магнитные аномалии (области КМА). Последовательное погружение на юго-восток этих образований сопровождается сглаживанием аномального магнитного поля и превращением сближенных разрозненных аномалий в единую, уверенно прослеживаемую, площадную аномалию значительной протяженности. Дополнительное привлечение к анализу магнитного поля региональных сейсморазведочных профилей позволило связать поперечные понижения в пределах рассматриваемой положительной аномалии от глубинного объекта с па-

леорифтами (прогнозируется рифейский возраст этих структур), в пределах которых происходит погружение образований Курского блока на еще более значительные глубины. В целом рассматриваемая аномалия от глубинного положительно намагниченного объекта прослеживается на восток до площадей Прикаспийской впадины. Связывая эту аномалию с образованиями Курского мегаблока, приходим к выводу, что этот блок не рассекается Донецким рифтом, а прослеживается вдоль последнего на восток (возможно южный сегмент мегаблока частично отсечен рифтом).

В гравитационном поле отображение рассматриваемого мегаблока более сложное. Северной половине его (до междвиговой зоны) соответствует в целом пониженное поле силы тяжести, что связано с пониженными плотностями кремнисто-сланцевых образований в составе мегаблока. Наиболее яркая аномалия (средняя из трех изометричных) в значительной мере связана с агломератами Каменской астроблемы, характеристика которой приведена в работе [Мовшович, Милявский, 1975]. Природа поперечных повышений поля силы тяжести, осложняющих эту зону, видимо, обусловлена поперечными палеорифтами, в пределах которых образования Курского блока погружены на значительные глубины, а породы, слагающие рифтовые структуры, являются более плотными. Повышенные значения поля силы тяжести, увеличивающиеся при приближении к Прадонецкому рифту, соответствуют той части мегаблока, которая расположена южнее междвиговой зоны. Подобное увеличение поля силы тяжести связываем с тем обстоятельством, что породы каменноугольного возраста в пределах ДСС являются, хотя и слабо, но метаморфизованными и поэтому их плотность выше, чем у неметаморфизованных пород того же возраста в составе осадочного чехла склона Воронежской антеклизы. Увеличение мощности складчатого карбона в южном направлении, естественно сопровождается увеличением аномалий поля силы тяжести. В то же время, в магнитном поле смена платформенного карбона складчатым фактически не отразилась. Прослеживается лишь общее снижение интенсивности аномального поля в южном направлении в связи с погружением поверхности мегаблока.

Знакопеременное магнитное поле в северной части региона (первый тип) обусловлено породами Лосевского вулcano-плутонического пояса. Соответствующее этим площадям гравитационное поле слабоповышенное, малоамплитудное. Резкое понижение магнитного поля в юго-западной части анализируемого региона интерпретируется как результат погружения образований Курского мегаблока на большие глубины в пределах Прадонецкого рифта. Возможно аномалиеобразующие объекты, содержащие ферромагнетики, оказались в условиях температур, превышающих точку Кюри (в Донбассе по изотерме 580 °С [Гордиенко и др., 2015]).

Основываясь на изложенной выше схеме интерпретации гравитационного и магнитного полей, а также дополнительно привлекая к потенциальным полям имеющиеся сейсморазведочные профили, сформирована концептуальная модель глубинного строения анализируемого региона. В графическом виде она представлена на рис. 3, в текстовом варианте изложена в Заключение.

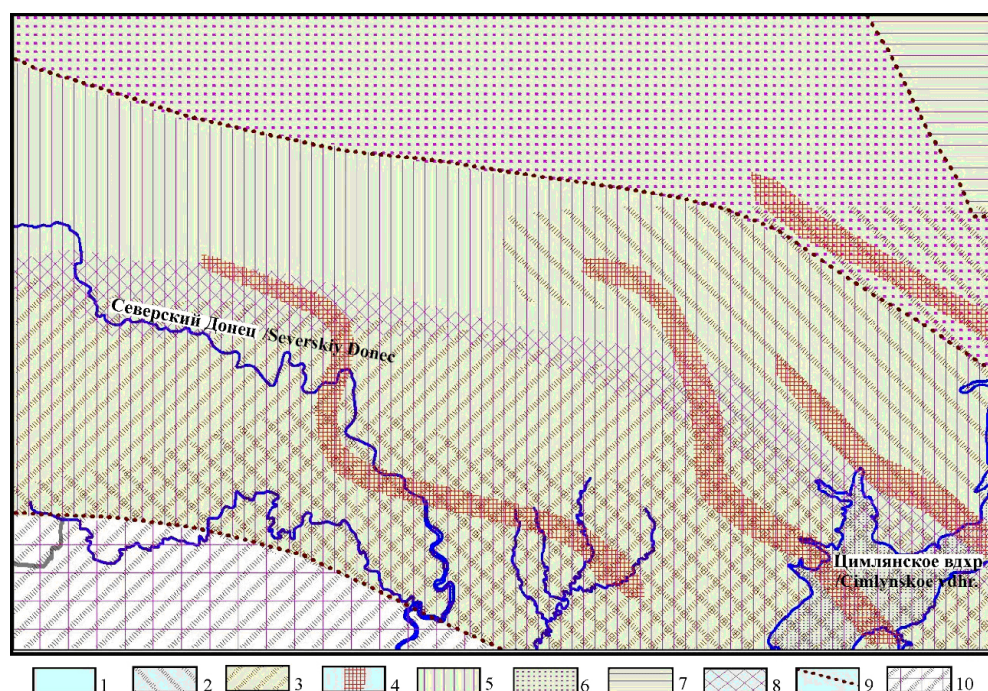


Рис. 3. Схема глубинного строения зоны сочленения южного склона Воронежского кристаллического массива и Донецкой складчатой системы (концептуальная модель):

- 1 – области с дорифейской консолидированной корой; 2 – то же с рифтогенной переработкой в рифее; 3 – то же с рифтогенной переработкой в позднем палеозое;
- 4 – прогнозируемые осевые зоны отдельных рифтов рифейского возраста;
- 5–7 надпорядковые элементы дорифейского фундамента: 5 – Курский мегаблок; 6 – Лосевская шовная зона; 7 – Калачско-Эртильский мегаблок; 8 – межнадвиговая зона в осадочном чехле (рассматривается как зона сочленения южного склона антеклизы и Донецкой складчатой системы); 9 – границы мегаблоков; 10 – область байкальской консолидации с переработкой в позднем палеозое /

Fig. 3. Diagram of the deep structure of the junction zone of the southern slope of the Voronezh crystalline massif and the Donetsk folded system (conceptual model):

- 1 – areas with pre-Riphean consolidated crust; 2 – the same with riftogenic processing in the Riphean; 3 – the same with riftogenic processing in the Late Paleozoic; 4 – predicted axial zones of individual rifts of Riphean age; 5-7 superorder elements of the pre-Riphean basement: 5 – Kursk megablock; 6 – Losev seam zone; 7 – Kalachsko-Ertisky megablock; 8 – the inter-thrust zone in the sedimentary cover (considered as the junction zone of the southern slope of the antecline and the Donetsk folded system); 9 – the boundaries of megablocks; 10 – the area of Baikal consolidation with processing in the Late Paleozoic /

Заключение

Основные положения концептуальной модели глубинного строения зоны сочленения Донецкой складчатой системы и Воронежского кристаллического массива, основанные на геофизических данных, сводятся к следующему.

В зоне сочленения Донецкой складчатой системы и Воронежского кристаллического массива по результатам интерпретации геофизических данных выделены геодинамически однородные сегменты в пределах Курского, Калачско-Эртильского мегаблоков. Сегмент Курского мегаблока в пределах южного склона Воронежского кристаллического массива прослеживается вдоль Прадонецкого рифта рифейского

возраста к площадям Прикаспийской впадины. Площади юго-восточной части этого сегмента Курского мегаблока, а также самой южной части Лосевской шовной зоны рассматриваются как претерпевшие существенную рифтогенную переработку в рифейское время (на рис. 3 показаны осевые зоны прогнозируемых рифтов). Западная и южная границы Калачско-Эртильского мегаблока, представленного в пределах рассматриваемого региона Воронцовской впадиной (выполнена флишоидной углеродисто-терригенно-сланцевой формацией), оконтуривают слабопониженное магнитное и гравитационное поле (прослеживается в основном уже за пределами рассматриваемых площадей). Лосевская шовная зона соответствует площади развития знакопеременного магнитного поля (первый тип) между Курским и Калачско-Эртильским мегаблоками. Прадонецкому рифту соответствует зона линейной складчатости Донецкого складчатого сооружения, а площадям южной части Курского мегаблока соответствует область мелкой складчатости каменноугольной толщи (складчато-надвиговый тип покровной складчатости). Прогнозируемые образования рифейского возраста могут быть отнесены к доплитному (переходному) комплексу.

Литература

1. Антипов М.П., Быкадоров В.А., Волож Ю.А., Леонов Ю.Г., Хераскова Т.Н. Консолидированная кора Каспийского региона. Опыт районирования. – Труды Геологического института. Вып. 593. М.: ГЕОС, 2010. – 64 с.
2. Аплонов С.В., Лебедев Б.А. Нафторудогенез: пространственные и временные соотношения гигантских месторождений. М.: Научный мир, 2010. – 224 с.
3. Бородулин Н.И. Геофизический сборник. Киев: Наукова Думка, 1973. Вып. 56. – С. 20–28.
4. Буш В.А. Глубинное строение фундамента Скифской плиты. // Геотектоника. – 2014. – № 6. – С. 39–54. DOI: 10.7868/S0016853X14060022.
5. Гордиенко В.В., Гордиенко И.В., Завгородняя О.В. Тепловое поле Донбасса. // Геофизический журнал. – 2015. – Т. 37. № 6. – С. 3–23. DOI: 10.24028/gzh.0203-3100.v37i6.2015.111169.
6. Грановский А.Г., Грановская Н.В. Тектоническое строение зоны сочленения Восточно-Европейской платформы и Скифской плиты (территория Ростовской области). // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2019. – № 1. – С. 16–23. DOI: 10.32454/0016-7762-2019-1-16-23.
7. Крутиховская З.А., Завойский В.Н., Подолянко С.М., Савенко Б.Я. Намагниченность пород железорудных формаций Большого Кривого Рога и КМА. Киев: Наукова Думка, 1964. – 179 с.
8. Лёвин Ф.Д., Буш В.А., Павлов С.А., Могилевский В.Е. Современная активность глубинных тектонических границ земной коры. // Разведка и охрана недр. – 2011. – № 7. – С. 60–64.
9. Матишов Г.Г., Парада С.Г., Давыденко Д.Б. Технологии прогнозирования залежей углеводородов и минеральных месторождений будущей России (на примере Южного региона). // Геология и геофизика Юга России. – 2011. – № 1. – С. 20–31.
10. Мовшович Е.В., Милявский А.Е. Проблемы происхождения северодонецкого «агломерата». // Геотектоника. – 1975. – № 2. – С. 114–124.
11. Парада С.Г. О литогенной природе золотоносной минерализации в докембрийских псефитах Ростовского выступа Украинского щита. // Руды и металлы. – 2019. – № 4. – С. 53–57. DOI: 10.24411/0869-5997-2019-10031.
12. Парада С.Г. Геодинамические обстановки формирования рудно-магматических систем Восточного Донбасса по петрохимическим данным. // Геология и геофизика Юга России. – 2023. – Т. 13. № 3. – С. 120–130. DOI: 10.46698/VNC.2023.87.15.009.

13. Хераскова Т.Н., Волож Ю.А., Антипов М.П., Быкадоров В.А., Пати́на И.С., Сапожников Р.Б. Строение зоны сочленения микроконтинентов сарматия, волгоуралия и фенно-скандия в составе фундамента Восточно-Европейской платформы. // Литосфера. – 2023. – Т. 23. № 3. – С. 309–324. DOI: 10.24930/1681-9004-2023-23-3-309-324.
14. Чернышов Н.М., Сиротин В.И., Ненахов В.М. Геодинамика и металлогения европейской части центральной России. // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 1996. – № 2. – С. 201–204.
15. Brunet M.-F., Volozh Y.A., Antipov M.P., Lobkovsky L.I. The geodynamic evolution of the Precaspian Basin (Kazakhstan) along a north-south section. // Tectonophysics. – 1999. – Vol. 313. No. 1-2. – pp. 85–106. DOI: 10.1016/S0040-1951(99)00191-2.
16. Chernyshov N.M., Nenakhov V.M., Lebedev I.P., Strik Yu.N. A model of geodynamic history of the Voronezh massif in the early Precambrian. // Geotectonics. – 1997. – Vol. 31. No. 3. – pp. 186–194.
17. Davydenko D.B. Activation of formation of hydrocarbon fluidizites under the conditions of shear geodynamic regime of the Caspian region (Russian–Kazakh sector, Russia). // Geotectonics. – 2020. – Vol. 54. No. 5. – pp. 665–678. DOI: 10.1134/S0016852120050039.
18. 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.
19. 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. DOI: 10.1016/S0040-1951(03)00290-7.
20. Zaitsev A.V., Zelenshchikov G.V., Granovskii A.G., Ryshkov M.M. Geology and geodynamics of precambrian structures at the junction of the Voronezh crystalline massif and Rostov tectonic inlier. // Doklady Earth Sciences. – 2003. – Vol. 392. No. 7. – pp. 925–927.

Reference

1. Antipov M.P., Bykadorov Y.A., Volozh Yu.A., Leonov Yu.G., Kheraskova T.N. Consolidate crust of Caspian Region. Experience of zoning. Proceedings of the Geological Institute. Issue 593. Moscow. GEOS. 2010. 64 p. (In Russ.)
2. Aplonov S.V., Lebedev B.A. Naphtha-oregenesis: spatial and temporal relations of giant deposits. Moscow. Nauchnyi Mir. 2010. 224 p. (In Russ.)
3. Borodulin N.I. Geophysical Collection. Kiev. Naukova Dumka. 1973. Issue 56. pp. 20–28. (In Russ.)
4. Bush V.A. Deep structure of the basement of the Scythian plate. Geotectonics. 2014. No. 6. pp. 39–54. DOI: 10.7868/S0016853X14060022. (In Russ.)
5. Gordienko V.V., Gordienko I.V., Zavgorodnyaya O.V. Thermal field of Donbass. Geophysical Journal. 2015. Vol. 37. No. 6. pp. 3–23. DOI: 10.24028/gzh.0203-3100.v37i6.2015.111169. (In Russ.)
6. Granovsky A.G., Granovskaya N.V. Tectonic structure of the junction zone of the East European platform and Scythian plate (territory of Rostov region). In: Proceedings of higher educational institutions. Geology and exploration. 2019. No. 1. pp. 16–23. DOI: 10.32454/0016-7762-2019-1-16-23. (In Russ.)
7. Krutikhovskaya Z.A., Zavoysky V.N., Podolyanko S.M., Savenko B.Ya. Magnetization of rocks of iron ore formations of Bolshoy Krivoy Rog and KMA. Kiev. Naukova Dumka. 1964. 179 p. (In Russ.)
8. Levin F.D., Bush V.A., Pavlov S.A., Mogilevskii V.E. Modern activity of deep tectonic boundaries of the Earth's crust. Exploration and protection of mineral resources. 2011. No. 7. pp. 60–64. (In Russ.) (In Russ.)
9. Matishov G.G., Parada S.G., Davydenko D.B. The technologies of forecasting carbohydrate fields and mineral deposits of the future Russia (on example of the Southern region). Geology and Geophysics of Russian South. 2011. No. 1. pp. 20–31. (In Russ.)

10. Movshovich E.V., Miliavsky A.E. Problems of the origin of the North Donetsk “agglomerate”. *Geotectonics*. 1975. No. 2. pp. 114–124. (In Russ.)
11. Parada S.G. Lithogenic nature of gold-bearing mineralization in Pre-cambrian psephites of the Rostov ledge, Ukrainian shield. *Ores and Metals*. 2019. No. 4. pp. 53–57. DOI: 10.24411/0869-5997-2019-10031. (In Russ.)
12. Parada S.G. Geodynamic conditions of formation of ore-magmatic systems of Eastern Donbass according to petrochemical data. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2023. Vol. 13. No. 3. pp. 122–132. DOI: 10.46698/VNC.2023.87.15.009. (In Russ.)
13. Kheraskova T.N., Volozh Yu.A., Antipov M.P., Bykadorov V.A., Patina I.S., Sapozhnikov R.B. Junction zone structure of the Sarmatia, Volgaurlia and Fennoscandia microcontinents as part of the East European Platform basement. *Lithosphere*. 2023. Vol. 23. No. 3. pp. 309–324. DOI: 10.24930/1681-9004-2023-23-3-309-324. (In Russ.)
14. Chernyshov N.M., Sirotin V.I., Nenakhov V.M. Geodynamics and metallogeny of the European part of central Russia. *Vestnik of Voronezh State University. Series: Geology*. 1996. No. 2. pp. 201–204. (In Russ.)
15. Brunet M.-F., Volozh Y.A., Antipov M.P., Lobkovsky L.I. The geodynamic evolution of the Precaspian Basin (Kazakhstan) along a north-south section. *Tectonophysics*. 1999. Vol. 313. No. 1-2. pp. 85–106. DOI: 10.1016/S0040-1951(99)00191-2.
16. Chernyshov N.M., Nenakhov V.M., Lebedev I.P., Strik Yu.N. A model of geodynamic history of the Voronezh massif in the early Precambrian. *Geotectonics*. 1997. Vol. 31. No. 3. pp. 186–194.
17. Davydenko D.B. Activation of formation of hydrocarbon fluidizites under the conditions of shear geodynamic regime of the Caspian region (Russian–Kazakh sector, Russia). *Geotectonics*. 2020. Vol. 54. No. 5. pp. 665–678. DOI: 10.1134/S0016852120050039.
18. 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.
19. 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. DOI: 10.1016/S0040-1951(03)00290-7.
20. Zaitsev A.V., Zelenshchikov G.V., Granovskii A.G., Ryshkov M.M. Geology and geodynamics of Precambrian structures at the junction of the Voronezh crystalline massif and Rostov tectonic inlier. *Doklady Earth Sciences*. 2003. Vol. 392. No. 7. pp. 925–927.