

ГЕОТЕКТОНИКА И ГЕОДИНАМИКА

УДК 551.243.6 (470.56)

[DOI: 10.46698/VNC.2023.95.17.002](https://doi.org/10.46698/VNC.2023.95.17.002)

Оригинальная статья

Изучение магнитных аномалий юго-восточной части Русской платформы и их связи с радиально-концентрическими структурами фундамента

Е.А. Данилова , Н.А. Белоглазова 

Институт геофизики им. Ю.П. Булашевца Уральского отделения РАН,
Россия, 620016, г. Екатеринбург, ул. Амундсена, 100,
e-mail: yevgeniya.antoninovna@bk.ru

Статья поступила: 05.04.2023, доработана: 15.05.2023, одобрена к публикации: 25.05.2023

Резюме: Актуальность работы. Многие магнитные аномалии юго-восточной части Русской платформы имеют дугообразное строение и совпадают с контурами перспективных в плане нефтегазоносности радиально-концентрических структур в фундаменте. Залежи нефти и газа в равной степени приурочены к магнитным экстремумам разных знаков. Конфигурация некоторых месторождений углеводородов повторяет форму аномалий магнитного поля. К максимальным значениям аномального магнитного поля приурочены центры Оренбургской и Средневожской радиально-концентрических структур. **Целью работы** являлось изучение природы магнитных аномалий юго-восточной части Русской платформы и их связи с радиально-концентрическими структурами. **Методы работы.** Проведен анализ геолого-геофизической информации юго-запада Оренбургской области, включающий данные сейсморазведки, гравиразведки, мониторинга современных геотектонических процессов, газогеохимических, дистанционных, геоморфологических исследований, результаты бурения скважин. Выполнены магнитометрические измерения в параметрической скважине, пробуренной на склоне магнитной аномалии в пределах Свердловской радиально-концентрической структуры, с помощью комплексного скважинного магнитометра-инклинометра МИ-3803М (Институт геофизики им. Ю.П. Булашевца УрО РАН, Россия). **Результаты работы.** Анализ геолого-геофизической информации и данных бурения в юго-западной части Оренбургской области показал, что магнитные аномалии связаны с глубинным строением фундамента. Совпадение неотектонических нарушений Оренбургской радиально-концентрической структуры и контуров магнитных аномалий указывает на их глубинное происхождение. Современные сейсмические события часто приурочены к зонам резкой смены значений магнитных аномалий. Магнитные аномалии не иллюстрируют строение поверхности фундамента, при этом на временных сейсмических разрезах высокоамплитудным глубинным разломам соответствует смена значений аномалий магнитного поля. Результаты бурения и магнитометрических исследований параметрической скважины, вскрывшей фундамент в Предуральском краевом прогибе на склоне локальной магнитной аномалии, показывают, что скважина находится в нефтегазоперспективной зоне глубинного разлома и, возможно, цветковой структуры. По результатам магнитометрических исследований ниже забоя скважины находится мощный магнитный объект, который вызывает повышение уровня вертикальной составляющей магнитного поля. Сделан вывод о том, что резкую смену значений магнитных аномалий и их конфигурацию можно отнести к новым критериям выявления залежей углеводородов. По карте магнитных аномалий выделена новая перспективная Самарская радиально-концентрическая структура, рекомендованная к дальнейшему изучению.

Ключевые слова: радиально-концентрическая структура, магнитные аномалии, геолого-геофизические исследования, магнитометрические исследования, глубинные разломы, цветковая структура, месторождения нефти и газа.

Благодарности: Исследования выполнены в рамках темы № 1021052504590-8-1.5.4 государственного задания ИГ УрО РАН.

Для цитирования: Данилова Е.А., Белоглазова Н.А. Изучение магнитных аномалий юго-восточной части Русской платформы и их связи с радиально-концентрическими структурами фундамента. *Геология и геофизика Юга России*. 2023. 13(2): 17-28. DOI: 10.46698/VNC.2023.95.17.002.

GEOTECTONICS AND GEODYNAMICS

[DOI: 10.46698/VNC.2023.95.17.002](https://doi.org/10.46698/VNC.2023.95.17.002)

Original paper

Study of magnetic anomalies of the southeastern part of the Russian Platform and their connection with the radial-concentric structures of the foundation

E.A. Danilova , N.A. Beloglazova 

Bulashevich Institute of Geophysics, the Ural Branch, Russian Academy of Sciences,
100 Amundsen Str., Yekaterinburg 620016, Russia Federation,
e-mail: yevgeniya.antoninovna@bk.ru

Received: 05.04.2023, revised: 15.05.2023, accepted: 25.05.2023

Abstract: Relevance. Many magnetic anomalies of the southeastern part of the Russian Platform have an arc-shaped structure and coincide with the contours of radially concentric structures in the foundation that are promising in terms of oil and gas potential. Oil and gas deposits are equally confined to magnetic extremes of different signs. The configuration of some hydrocarbon deposits repeats the shape of magnetic field anomalies. The maximum values of the anomalous magnetic field are associated with the centers of the Orenburg and Middle Volga radial-concentric structures. **The aim** of the work was to study the nature of magnetic anomalies in the southeastern part of the Russian Platform and their connection with radial-concentric structures. **Methods.** The analysis of geological and geophysical information of the south-west of the Orenburg region, including data from seismic exploration, gravity exploration, monitoring of modern geotectonic processes, gas-geochemical, remote, geomorphological studies, well drilling results, was carried out. Magnetometric measurements were performed in a parametric well drilled on the slope of a magnetic anomaly within the Sverdlovsk radial-concentric structure using a complex borehole magnetometer-inclinometer MI-3803M (Bulashevich Institute of Geophysics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia). **Results.** Analysis of geological and geophysical information and drilling data in the southwestern part of the Orenburg region showed that magnetic anomalies are associated with the deep structure of the foundation. The coincidence of neotectonic disturbances of the Orenburg radial-concentric structure and the contours of magnetic anomalies indicates their deep origin. Modern seismic events are often associated with zones of sharp change in the values of magnetic anomalies. Magnetic anomalies do not illustrate the structure of the foundation surface, while on temporary seismic sections, high-amplitude deep faults correspond to a change in the values of magnetic field anomalies. The results of drilling and magnetometric studies of a parametric well that uncovered the foundation in the Pre-Ural regional deflection on the slope of a local magnetic anomaly show that the well is located in the oil and gas prospective zone of a deep fault and, possibly, a flower structure. According to the results of magnetometric studies, a powerful magnetic object is located below the bottom of the well, which causes an increase in the level of the vertical component of the magnetic field. It is concluded that a sharp change in the values of magnetic anomalies and their configuration can be attributed to new criteria for identifying hydrocarbon deposits. According to the map of magnetic anomalies, a new promising Samara radial-concentric structure has been identified, recommended for further study.

Keywords: radial-concentric structure, magnetic anomalies, geological and geophysical studies, magnetometric studies, deep faults, flower structure, oil and gas deposits.

Acknowledgements: The research was carried out within the framework of topic No. 1021052504590-8-1.5.4 of the state assignment of the Bulashevich Institute of Geophysics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences.

For citation: Danilova E.A., Beloglazova N.A. Study of magnetic anomalies of the southeastern part of the Russian Platform and their connection with the radial-concentric structures of the foundation. *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South*. (in Russ.). 2023. 13(2): 17-28. DOI: 10.46698/VNC.2023.95.17.002.

Введение

В фундаменте юго-восточной части Русской платформы по сеймотектоническим и геоморфологическим данным [Данилова, 2022; Дружинин, 2021] было выделено восемь радиально-концентрических структур (РКС) (рис. 1).

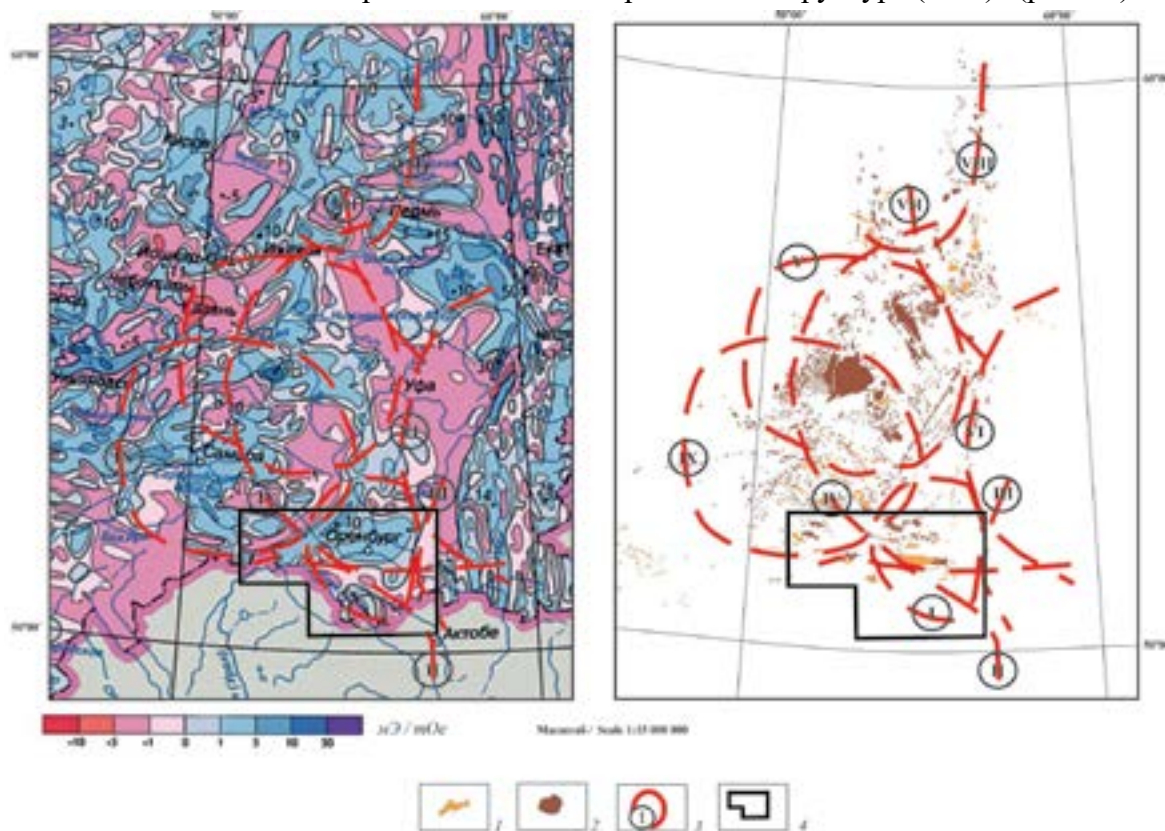


Рис. 1. Сопоставление карты локальных аномалий магнитного поля, контуров радиально-концентрических структур [Данилова, 2022] и месторождений углеводородов
1-2 – месторождения: 1 – газоконденсатные, 2 – нефтяные; 3 – радиально-концентрические структуры: I – Оренбургская, II – Прикаспийская, III – Предуральская, IV – Оренбургско-Ромашкинская, V – Средневожская, VI – Башкирская, VII – Свердловская, VIII – Пермская, IX – Самарская; 4 – площадь магнитометрической съемки на юго-западе Оренбургской области (рис. 2) /

Fig. 1. Comparison of the map of local magnetic field anomalies, contours of radial-concentric structures [Danilova, 2022] and hydrocarbon deposits
1-2 – deposits: 1 – gas condensate, 2 – oil; 3 – radial-concentric structures: I – Orenburg, II – Caspian, III – Pre-Ural, IV – Orenburg-Romashkin, V – Middle Volga, VI – Bashkir, VII – Sverdlovsk, VIII – Perm, IX – Samara; 4 – the area of magnetometric survey in the southwest of the Orenburg region (see Fig. 2)

Предположено, что они генетически связаны с современными геодинамическими процессами в земной коре. Структуры являются центрами аккумуляции угле-

водородов, внутри которых в осадочном чехле закономерно распределены залежи нефти и газа: вдоль радиальных и концентрических разломов, а также в зонах их пересечения [Данилова, 2022]. По этим зонам происходит миграция углеводородов [Mann et al., 2003; McKirdy, 2006; Naumann, Sakariassen, 2019; Saadallah, 2019; Трофимов, 2014; Филиппова и др., 2007; Чотчаев и др., 2021; Хулелидзе и др., 2016; Велиев 2021]. К образованию месторождений нефти и газа или перераспределению сформировавшихся залежей углеводородов в пределах РКС привели неотектонические сдвиговые деформации [Grillot, 1984; Hao et al., 2001].

Магнитное поле юго-запада Оренбуржья показывает неоднородности пород кристаллического фундамента (рис. 2) и говорит о его погружении в южном направлении. Глубинные разломы фундамента во многом повторяют простираение основных аномалий магнитного поля. Если рассматривать приуроченность залежей нефти и газа к локальным аномалиям, то можно заметить, что они в равной степени приурочены к магнитным экстремумам разных знаков. Конфигурация некоторых месторождений углеводородов повторяет форму аномалий магнитного поля.

В северо-западной части площади (рис. 2) выделяются ещё более интенсивные магнитные аномалии, имеющие отчётливое радиально-концентрическое строение, относящиеся к девятой концентрической структуре – Самарской РКС, расположенной севернее Оренбургской.

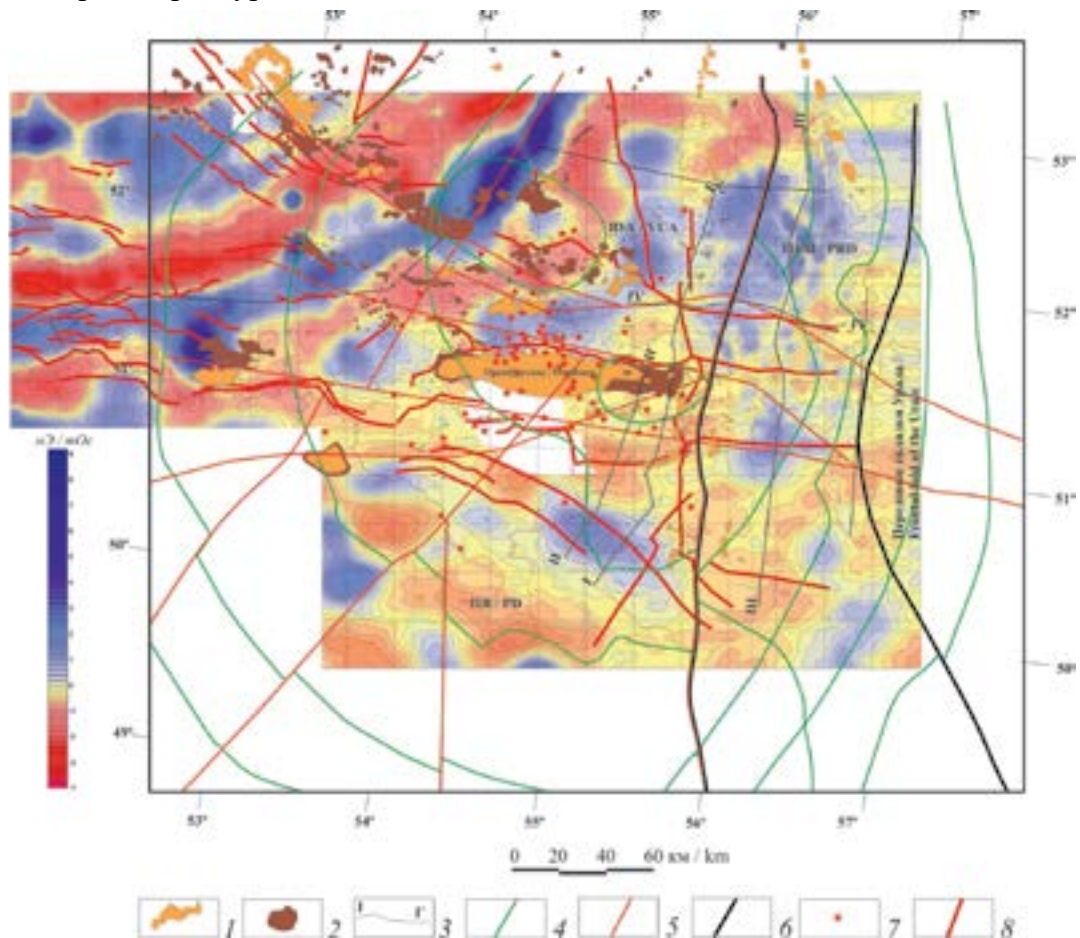


Рис. 2. Сопоставление карты локальных аномалий магнитного поля, контуров Оренбургской радиально-концентрической структуры, глубинных разломов фундамента и месторождений углеводородов, по [Данилова, 2023] с дополнениями

VUA – Волго-Уральская антеклиза, ПВ – Прикаспийская впадина, ПКП – Предуральский краевой прогиб. 1-2 – месторождения: 1 – газоконденсатные, 2 – нефтяные; 3 – профили: I-I' (Пятаева Л.А., Региональная с/п 5/2007-08), II-II' (Альберт А.К., с/п 25/1999-02), III-III' (Кондрашова Н.В., Региональная с/п 5/2006-07), IV-IV' (Кондрашова Н.В., Региональная с/п 5/2006-07); 4 – концентрические разломы Оренбургской радиально-концентрической структуры; 5 – главные радиальные разломы Оренбургской радиально-концентрической структуры, с которыми связаны сейсмические события и месторождения нефти и газа; 6 – границы Предуральского краевого прогиба; 7 – сейсмические события, по [Нестеренко и др., 2015]; 8 – глубинные разломы фундамента, по [Нестеренко и др., 2015] /

Fig. 1. Comparison of the map of local magnetic field anomalies, contours of the Orenburg radial-concentric structure, deep foundation faults and hydrocarbon deposits, according to [Danilova, 2023] with additions

VUA – Volga-Ural anteclise, PD -Peri-Caspian depression, PRD – Pre-Ural regional deflection. 1-2 – deposits: 1 – gas condensate, 2 – oil; 3 – profiles: I-I' (Pyataeva L.A., Regional s/p 5/2007-08), II-II' (Albert A.K., s/p 25/1999-02), III-III' (Kondrashova N.V., Regional s/p 5/2006-07), IV-IV' (Kondrashova N.V., Regional s/p 5/2006-07); 4 – concentric faults Orenburg radial-concentric structure; 5 – the main radial faults of the Orenburg radial-concentric structure, which are associated with seismic events and oil and gas fields; 6 – the boundaries of the Pre-Ural regional deflection; 7 – seismic events, according to [Nesterenko et al., 2015]; 8 – deep foundation faults, according to [Nesterenko et al., 2015]

По карте аномального магнитного поля масштаба 1:15 000 000 (рис. 1) можно заметить, что многие магнитные аномалии Русской платформы имеют дугообразное строение, при этом контуры некоторых РКС с ними совпадают. К максимальным значениям аномального магнитного поля приурочены центры Оренбургской и Средневожской РКС. Так, в середине Средневожской РКС фиксируется экстремальное положительное значение магнитного поля до 20 мЭ (рис. 2). В пределах этой же магнитной аномалии располагается крупное Ромашкинское нефтяное месторождение. В середине Оренбургской РКС, к которой приурочено уникальное Оренбургское нефтегазоконденсатное месторождение [Данилова, 2022] (рис. 1), фиксируется экстремальное значение магнитного поля до 6мЭ (рис. 2).

Методы исследований

Для изучения природы магнитных аномалий и их связи с РКС был проведен анализ геолого-геофизической информации юго-запада Оренбургской области, включающий данные сейсморазведки, гравиразведки, мониторинга современных геотектонических процессов, газогеохимических, дистанционных, геоморфологических исследований, результаты бурения скважин. А также выполнены магнитометрические измерения в параметрической скважине, пробуренной на склоне магнитной аномалии в пределах Свердловской РКС. Исследования проводились в интервале глубин 3030,7–5207,6 м открытого ствола. Для измерений использовался комплексный скважинный магнитометр-инклинометр МИ-3803М (Институт геофизики им. Ю.П. Булашевича УрО РАН, Россия), позволяющий проводить одновременные измерения магнитной восприимчивости (K), горизонтальной и вертикальной составляющих геомагнитного поля (Z , H), магнитного азимута (Az), зенитного (An) и апсидального (Anx) углов скважины [Астраханцев, Белоглазова, 2012].

Результаты работы и их обсуждение

Результаты анализа геолого-геофизической информации и данных бурения. Аномалии магнитного поля могут возникать вследствие разной намагниченности не только пород фундамента, но и терригенных образований осадочного чехла [Ло-

гачев, 1979]. При сопоставлении карт рельефа, геологии и магнитных аномалий южной части Оренбургской области прямой связи развития неоген-четвертичных отложений с аномалиями магнитного поля не обнаруживается. Изучение геологических данных по разрезам скважин, строительство которых приурочено к тем или иным магнитным аномалиям, также не показывает повышенной намагниченности терригенных отложений этого района, мощность которых меняется в широком диапазоне. Газогеохимические аномалии на карте магнитных аномалий не имеют существенных закономерностей размещения.

Широкое распространение в пределах юго-восточной части Русской платформы имеют соляные купола и гряды кунгурского возраста, которым соответствуют отрицательные значения силы тяжести. Неотектонические нарушения Оренбургской РКС, дешифрируемые по космическим снимкам, и глубинные разломы фундамента, ограничивают группы соляных структур со схожими элементами простираения и подчеркивают блоковое строение территории [Данилова, 2023]. В межкупольных областях и мульдах широко развиты мощные толщии терригенных отложений. Над куполами, которые зачастую прорывают надсолевые отложения и выходят на поверхность, они распространены значительно меньше. Если бы терригенные породы юго-запада Оренбургской области имели повышенную намагниченность, тогда бы наблюдалось совпадение гравитационных и магнитных аномалий, чего мы не наблюдаем.

Резкая смена значений магнитных аномалий может свидетельствовать о вертикальных смещениях тектонических блоков [Логачев, 1979]. В зонах нарушений происходит дробление пород, образование тектонических брекчий. Ферромагнитные минералы, входящие в состав пород фундамента, частично разрушаются или обретают хаотическую ориентировку.

Большая часть сейсмических событий, произошедших в 2009–2014 годах [Нестеренко и др., 2015] на юго-западе Оренбургской области, приурочена к зонам резкой смены значений аномалий магнитного поля (рис. 2). Отмечается сгруппированность новейших сейсмических событий и приуроченность их к зонам глубинных разломов [Нестеренко и др., 2015; Vuijze et al., 2017; Dost et al., 2020; Керимов, 2022].

Исследование глубинного строения Оренбургской РКС по сейсмическим данным показало, что она представляет собой крупную цветковую структуру, в строении которой участвуют разнонаправленные глубинные нарушения, падающие под углами 60–85° и ограничивающие в фундаменте зоны горстов или взбросов [Данилова, 2023]. Судя по разрезам временных сейсмических профилей, ее пересекающих (рис. 2), магнитные аномалии практически не иллюстрируют строение поверхности фундамента. В пределах максимальных аномалий магнитного поля могут наблюдаться как общее его опускание, так и поднятие. Но смена значений аномалий на разрезах зачастую фиксируется высокоамплитудными глубинными разломами.

Результаты магнитометрических исследований. Магнитометрические исследования были выполнены в параметрической скважине, пробуренной в Предуральском краевом прогибе в пределах Свердловской РКС, на склоне положительной магнитной аномалии. Глубина скважины – 5207 м. Породы рифей-вендского возраста вскрыты на отметке 4930 м. На глубине 5145–5170 м встречена слабомагнитная интрузивная порода зеленовато-серого цвета среднезернистая, состоящая из плагиоклаза, амфиболов и, возможно, тонко рассеянного магнетита. Выше по разрезу наблюдается чередование серых, темно-серых до черного песчаников, аргиллитов, алевролитов, известняков и мергелей с мелкими включениями и стяжениями пирита. Осадочный чехол представлен карбонатными и терригенными

породами среднего и верхнего девона, карбона и нижней перми, трещиноватыми, неравномерно битуминозными. Развита пиритизация, доломитизация. Распространены стиллолитовые швы.

Магнитометрические исследования проведены в интервале глубин 3030,7–5207,6 м. Практически весь измеренный интервал сложен породами турнейско-рифейского возраста, представленными переслаиванием мкарбонатов и терригенных пород, характеризующихся слабыми магнитными свойствами. Фоновые значения магнитной восприимчивости по всему измеренному интервалу находятся в пределах $100 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ, при этом наблюдаются локальные аномалии интенсивностью до $2000 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ, вызванные магнитной вкрапленностью или металлической стружкой, оставшейся после бурения скважины.

В интервале глубин 5150–5190 м наблюдается аномалия пересечения. По кривой Z в этом интервале наблюдается асимметричная аномалия интенсивностью до минус 2000 нТл. По кривой магнитной восприимчивости отмечаются две аномалии в интервалах глубин 5150–5167 и 5177–5190 м интенсивностью до 800 и $1600 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ, соответственно. Предварительный анализ кривых в этом интервале позволяет предположить, что аномалия вызвана боковым подсечением двух крыльев одного пласта, судя по геологическому описанию, состоящего из интрузивных пород (плагиоклаза и амфиболита) и рассеянного магнетита. Так как значения магнитной восприимчивости в промежутке между подсечениями близки к фоновым, а по кривой Z при этом не наблюдается переходов от отрицательных значений к положительным, которые должны быть при выходе из пласта (рис. 3), то можно предположить, что в интервале между подсечениями (5167–5177 м) аномалиеобразующий объект находится вблизи скважины.

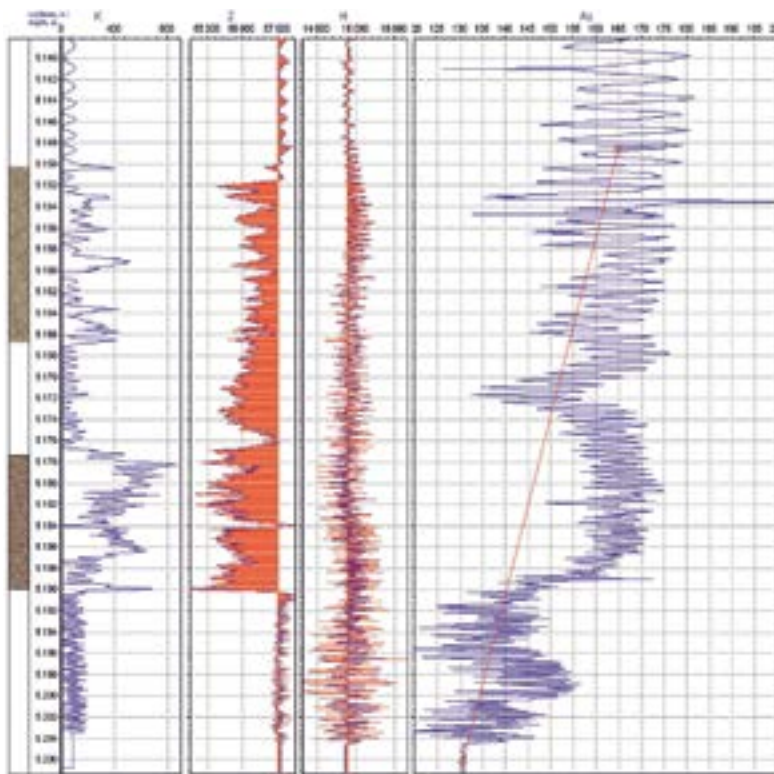


Рис. 3. Результаты расчленения амфиболитовой интрузии в параметрической скважине по результатам скважинной магнитометрии: K – магнитная восприимчивость (10^{-5} ед. СИ), Z – вертикальная составляющая геомагнитного поля (нТл), H – горизонтальная составляющая (нТл), Az – магнитный азимут скважины (угловые градусы) /

Fig. 3. Results of amphibolite intrusion dissection in a parametric well based on the results of borehole magnetometry. K – magnetic susceptibility (10^{-5} SI), Z – vertical component of the geomagnetic field (nT), H – horizontal geomagnetic field component (nT), Az – magnetic azimuth of the well (angular degrees)

Аномалия по кривой Z является асимметричной, в верхней части отсутствует положительная ветвь аномалии. Из этого следует, что тело наклонное и пересечено в нижней краевой части (рис. 4). По скачкам магнитного поля были рассчитаны элементы залегания пласта – угол и азимут падения. Средний азимут падения составляет $100\text{--}120^\circ$ на юго-восток, угол падения колеблется от 55 до 85° .

Следует отметить одну особенность поведения составляющих геомагнитного поля: абсолютные значения горизонтальной составляющей на всем измеренном интервале составляют $15400\text{--}15500$ нТл, что соответствует нормальным значениям H для этих широт, при этом абсолютные значения вертикальной составляющей постепенно увеличиваются с глубиной и на забое скважины превышают нормальные значения на 3400 нТл.

Из всего этого можно предположить, что ниже забоя скважины находится мощный магнитный объект, который вызывает повышение уровня вертикальной составляющей магнитного поля.

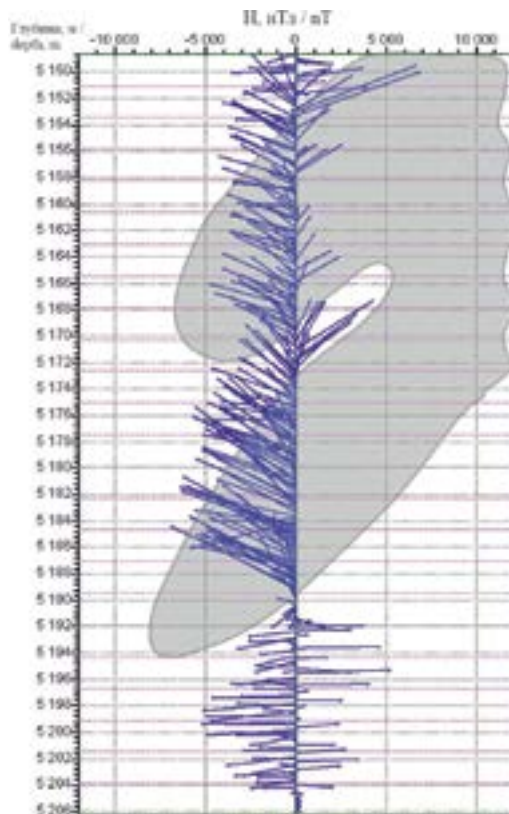


Рис. 4. Картина векторов и примерное положение магнитного пласта в околоскважинном пространстве в плоскости 120° /

Fig. 4. The picture of vectors and the approximate position of the magnetic layer in the near-well space in the plane 120°

Фундамент юго-восточной части Русской платформы имеет радиально-концентрическое строение. В некоторой степени это подтверждают карты магнитных аномалий. РКС представляют собой интерес с точки зрения поисков нефти и газа, так как могут являться центрами аккумуляции углеводородов. По картам магнитных аномалий можно выделять новые перспективные кольцевые структуры, а резкая смена значений магнитных аномалий и их конфигурация могут стать одними из критериев выявления новых залежей углеводородов.

В юго-западной части Русской платформы по карте магнитных аномалий выделяется новая перспективная Самарская РКС (рис. 1), фрагмент которой четко фиксируется в северо-западной части Оренбургской структуры (рис. 2). Рекомендуем ее к дальнейшему изучению.

Так как параметрическая скважина, в которой нами проводились магнитометрические исследования, находится в зоне смены значений аномалий магнитного поля, то можно предположить, что она пробурена в перспективной на обнаружение месторождения нефти и газа зоне глубинного разлома. С помощью методов сейс-

моакустической эмиссии и электромагнитного излучения на глубине 2225–2600 м обнаружены интервалы газовыделения из открытого ствола скважины. Примечательно, что аномалиеобразующий объект по магнитометрии, находящийся вблизи скважины в интервале 5167–5177 м имеет угол падения, сходный с углами падения разломов цветковых структур (60–85°).

Выводы

В результате проведенного исследования сделаны следующие выводы.

1. В центрах Оренбургской и Средневожской РКС встречены максимальные значения магнитных аномалий.
2. Месторождения нефти и газа в юго-западной части Оренбургской области часто приурочены к магнитным экстремумам. Конфигурация некоторых месторождений углеводородов повторяет форму магнитных аномалий.
3. Анализ геолого-геофизической информации юго-запада Оренбургской области показал, что магнитные аномалии связаны с глубинным строением фундамента. Совпадение неотектонических нарушений Оренбургской РКС и контуров магнитных аномалий указывает на их глубинное происхождение.
4. Современные сейсмические события часто приурочены к зонам резкой смены значений магнитных аномалий.
5. Магнитные аномалии не иллюстрируют строение поверхности фундамента, при этом на временных сейсмических разрезах высокоамплитудным глубинным разломам соответствует смена значений аномалий магнитного поля.
6. Результаты бурения и магнитометрических исследований параметрической скважины, вскрывшей фундамент в Предуральском краевом прогибе на склоне локальной магнитной аномалии, показывают, что скважина находится в нефтегазоперспективной зоне глубинного разлома и, возможно, цветковой структуры.
7. По результатам магнитометрических исследований ниже забоя скважины находится мощный магнитный объект, который вызывает повышение уровня вертикальной составляющей магнитного поля.
8. По карте магнитных аномалий выделена новая перспективная Самарская РКС, рекомендованная к дальнейшему изучению.
9. К новым критериям выявления залежей углеводородов можно отнести резкую смену значений магнитных аномалий и их конфигурацию.

Литература

1. Астраханцев Ю.Г., Белоглазова Н.А. Комплексная магнитометрическая аппаратура для исследований сверхглубоких и разведочных скважин. – Екатеринбург: УрО РАН, 2012. – 119 с.
2. Велиев Г.О. Роль геодинамического напряжения в формировании нефтегазовых структур в Каспийском море (на примере месторождений Шахдениз, Умид, Бабек, Булла-Дениз). // Геология и геофизика Юга России. – 2021. – Т. 11. №2. – С. 36–50. DOI: 10.46698/VNC.2021.68.77.003.
3. Данилова Е.А. Радиально-концентрические структуры в фундаменте древней платформы и условия возникновения очагов генерации углеводородов: реконструкция по сеймотектоническим данным. // Геотектоника. – 2022. – №3. – С. 36–49. DOI: 10.31857/S0016853X22030043.
4. Данилова Е.А. Глубинное строение Оренбургской радиально-концентрической структуры: экспериментальное моделирование при флюидодинамических нагрузках и

сравнительный анализ образцов песчаников из пород нефтяных месторождений Западной Сибири. // *Геотектоника*. – 2023. – №2. – С. 25–38.

5. Дружинин В.С., Начапкин Н.И., Осипов В.Ю. Строение и нефтегазоносность додевонского мегакомплекса юго-восточной окраины Восточно-Европейской платформы (Часть 2. Схема тектонического районирования фундамента консолидированной коры и нефтегазоносность). // *Уральский геофизический вестник*. – 2021. – №1(43). – С. 12–19.

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. Логачев А. А., Захаров В. П. Магниторазведка. 5-е изд., перераб. и доп. – Л.: Недра, 1979. – 351 с.

8. Нестеренко М.Ю., Нестеренко Ю.М., Соколов А.Г. Геодинамические процессы в разрабатываемых месторождениях углеводородов (на примере Южного Предуралья). / Под ред. П.В. Панкратьева – Екатеринбург: УрО РАН, 2015. – 186 с.

9. Трофимов В.А. Глубинные региональные сейсморазведочные исследования МОГТ нефтегазоносных территорий. – М.: ГЕОС, 2014. – 202 с.

10. Филиппова И.Б., Минц М.В., Бабаянц П.С., Блох Ю.И., Трусов А.А. Объемная модель глубинного строения и история формирования Волго-Уральского кратона: Свидетельства плюмовой природы уникального гранулитогнейсового комплекса. // *Общие и региональные проблемы тектоники и геодинамики: Материалы XLI Тектонического совещ. Т. 2*. – М.: 2007. – С. 379–383.

11. Хулелидзе К.К., Кондратьев Ю.И., Заалишвили В.Б., Бетров З.С. Оценка коренных и техногенных месторождений РСО-Алания как возможных объектов применения технологии подземного и кучного выщелачивания. // *Устойчивое развитие горных территорий*. – 2016. – Т. 8. №1. – С. 46–51. – DOI 10.21177/1998-4502-2016-8-1-46-51

12. Чотчаев Х.О., Бурдиева О.Г., Заалишвили В.Б. Зонирование высокогорных территорий по геоэкологическим нагрузкам, обусловленным геодинамическими и климатическими воздействиями. // *Геология и геофизика Юга России*. – 2021. – Т. 11. №1. 81–94. DOI: 10.46698/VNC.2021.15.66.007

13. Buijze L., Van den Bogert, P.A.J., Wassing B.B.T., Orlic B. & Ten Veen J.H. Fault reactivation mechanisms and dynamic rupture modelling of depletion-induced seismic events in Rotliegend gas reservoir. // *Netherlands J. Geosci.* – 2017. – Vol. 46. No.5. – pp. 131–148.

14. Grillot J.C. Tectonics of Late and Post-hercynian Ages in the Western of the Iberian Plate (Portugal). // *Comptesrendus de l'académie des sciences*. – 1984. – Vol. 299. – pp. 665-670.

15. Dost B., Van Stiphout, A., Kühn D., Kortekaas M., Ruigrok E., and Heimann S. Probabilistic moment tensor inversion for hydrocarbon-induced seismicity in the groningen gas field, the Netherlands. Part 2: Application. // *Seismol. Soc. Am. Bull.* – 2020. – Vol. 110. No.5. – pp. 2112–2123. DOI: 10.1785/0120200076.

16. Hao H.J., Lin H.M., and Yang M.X. The Mesozoic in Chaoshan depression: A new domain of petroleum exploration. // *China Offshore Oil and Gas*. – 2001. – Vol. 15. No.3. – pp. 157–163. (in Chinese with English abstr.).

17. Mann P., Gahagan L., and Gordon M.B. Tectonic setting the world's giant oil and gas fields, in M.T. Halbouty, ed., *Giant oil and gas fields of the Decade 1990-1999*. // *Memoirs of AAPG*. – 2003. – Vol. 78. – pp. 15-105.

18. McKirdy D.M. Hydrocarbon generation and migration. – In: *The Petroleum Geology of South Australia*. – Vol. 2: Eromanga Basin. / Ed.by T.B. Cotton, M.F. Scardigno, J.E. Hibbert. // *Dprtm. Primary Industr. Res.*, Adelaide, South Australia. – 2006. – 2nd edn. Vol. 2.Ch.10. – pp.2–9.

19. Naumann S., Sakariassen R. Diving deeper to reveal hydrocarbon potential in the Barents sea. // *GEOExPro*, june. – 2019. – pp. 20-24.

20. Saadallah A. A proposed new tectonic model for the Northern Algerian Alpine Region based on studies of the Internal Zone rejects the previous model and suggests ideas for new hydrocarbon traps and prospects. // *GEOExPro*, june. – 2019. – pp. 14–18.

References

1. Astrakhantsev Yu.G., Beloglazova N.A. Complex magnetometric equipment for studying superdeep and exploratory wells. Ekaterinburg, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2012. 119 p. (In Russ.)
2. Veliev G.O. The role of geodynamic stress in the formation of oil and gas structures in the Caspian Sea (on the example of the Shah Deniz, Umid, Babek, Bulla Deniz fields). *Geology and Geophysics of Russian South*. 2021. Vol. 11. No. 2. pp 36 – 50. (In Russ.). DOI: 10.46698/VNC.2021.68.77.003
3. Danilova E.A. Radial-concentric structures in the basement of an ancient platform and conditions for the occurrence of hydrocarbon generation centers: reconstruction from seismotectonic data. *Geotectonics*. 2022. No. 3. pp. 36–49. (In Russ.) DOI: 10.31857/S0016853X22030043.
4. Danilova E.A. Orenburg radial-concentric structure at great depth: experimental modeling under fluid dynamic loads and comparative analysis of sandstone samples from oil fields in Western Siberia. *Geotectonics*. 2023. No. 2. pp. 25–38. (In Russ.) DOI: 10.31857/S0016853X23020029
5. Druzhinin V.S., Nachapkin N.I., Osipov V.Yu. Structure and oil and gas potential of the pre-Devonian megakomplex south-eastern margin of the east European Platform (part 2. scheme of tectonic zoning of the consolidated crust foundation and oil and gas potential). *Ural Geophysical Bulletin*. 2021. No. 1. Issue 43. pp. 12–19. (In Russ.) DOI: 10.25698/UGV.2021.1.2.12
6. Kerimov I.A. Modeling the gravitational field fault systems and fracture zones. *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. Logachev A.A., Zakharov V.P. *Magnetic Exploration*. 5th ed., revised edition. Leningrad. Nedra, 1979. 351 p. (In Russ.)
8. Nesterenko M.Yu., Nesterenko Yu.M., Sokolov A.G. Geodynamic processes in developed hydrocarbon fields (on the example of the Southern Cis-Urals). Ekaterinburg, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. 2015. 186 p. (In Russ.)
9. Trofimov V.A. Deep regional seismic surveys of CDPM of oil and gas bearing territories. Moscow. GEOS, 2014. 202 p. (In Russ.)
10. Filippova I.B., Mints M.V., Babayants P.S., Blokh Yu.I., Trusov A.A. Volumetric model of the deep structure and the history of the formation of the Volga-Ural craton: Evidence of the plume nature of a unique granulite-gneiss complex. General and regional problems of tectonics and geodynamics. In: *Proceedings of the XLI Tectonic council*. Vol. 2. Moscow. 2007. pp. 379–383. (In Russ.)
11. Hulelidze K.K., Kondratyev Yu.I., Betrozov Z.S., Zaalishvili V.B. Evaluation of original and technogenic deposits of the republic of north Ossetia-Alania as possible objects of application of underground and heap leaching technology. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2016. Vol. 8(1). pp. 46–51. (In Russ.)
12. Chotchaev Kh.O., Burdzieva, O.G., Zaalishvili, V.B. Zoning of high mountainous areas by geoecological loads caused by geodynamic and climatic influences. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2021. Vol. 11. No.1. pp. 81–94. (In Russ.) DOI: 10.46698/VNC.2021.15.66.007
13. Buijze L., Van den Bogert, P.A.J., Wassing B.B.T., Orlic B. & Ten Veen J.H. Fault reactivation mechanisms and dynamic rupture modelling of depletion-induced seismic events in Rotliegend gas reservoir. *Netherlands J. Geosci.* 2017. Vol. 46. No.5. pp. 131–148.
14. Grillot J.C. Tectonics of Late and Post-hercynian Ages in the Western of the Iberian Plate (Portugal). *Comptesrendus de l'académie des sciences*. 1984. Vol. 299. pp. 665–670.
15. Dost B., Van Stiphout, A., Kühn D., Kortekaas M., Ruigrok E., Heimann S. Probabilistic moment tensor inversion for hydrocarbon-induced seismicity in the groningen gas field, the Netherlands. Part 2: Application. *Seismol. Soc. Am. Bull.* 2020. Vol. 110. No.5. pp. 2112–2123. DOI: 10.1785/0120200076.
16. Hao H.J., Lin H.M., and Yang M.X. The Mesozoic in Chaoshan depression: A new domain

of petroleum exploration. *China Offshore Oil and Gas*. 2001. Vol. 15. No.3. pp. 157–163. (in Chinese with English abstr.)

17. Mann P., Gahagan L., and Gordon M.B. Tectonic setting the world's giant oil and gas fields, in M.T. Halbouty, ed., *Giant oil and gas fields of the Decade 1990-1999*. *Memoirs of AAPG*. 2003. Vol. 78. pp. 15–105.

18. McKirdy D.M. Hydrocarbon generation and migration. In: *The Petroleum Geology of South Australia*. Vol. 2: Eromanga Basin. Ed.by T.B. Cotton, M.F. Scardigno, J.E. Hibburt. Dprtm. Primary Industr. Res., Adelaide, South Australia. 2006. 2nd edn. Vol. 2. Ch.10. pp.2–9.

19. Naumann S., Sakariassen R. Diving deeper to reveal hydrocarbon potential in the Barents sea. *GEOExPro*, June. 2019. pp. 20-24.

20. Saadallah A. A proposed new tectonic model for the Northen Algerian Alpine Region based on studies of the Internal Zone rejects the previous model and suggests ideas for new hydrocarbon traps and prospects. *GEOExPro*, June. 2019. pp. 14–18.