

## СТАТЬИ

УДК 552.513.4  
DOI

CC BY 4.0

**ЛИТОЛОГИЯ, СОСТАВ И ФОРМИРОВАНИЕ  
МАРКИРУЮЩЕГО ГОРИЗОНТА ГЛАУКОНИТОВЫХ  
ПЕСЧАНИКОВ В ПОЗДНЕМ АЛЬБЕ – РАННЕМ СЕНОМАНЕ  
(БАХЧИСАРАЙСКИЙ РАЙОН, РЕСПУБЛИКА КРЫМ)****Кривошеин Р. А. ORCID ID 0009-0005-3998-9498,****Щеколдин Р. А. ORCID ID 0000-0002-4883-6064**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», Санкт-Петербург, Российская Федерация, e-mail: krivoshein.roman.00@bk.ru*

Исследование литологического состава горизонта глауконитовых песчаников микроскопическим методом и палеогеографическая реконструкция в позднеальбское время в Бахчисарайском районе, Республика Крым, являются основой данной работы. Для достижения этого изучены петрографические шлифы, отобранные из наиболее представительного разреза в устье Сухого лога. Проведен количественный анализ соотношения компонентов породы, описана их морфология. На основе компонентного состава и структурных особенностей выполнена интерпретация условий осадконакопления. В составе пород установлены литокласты (обломки порфировых андезитов), кристаллокласты (зерна плагиоклаза), карбонатный матрикс, комплекс карбонатных зерен (фораминиферы, кальцисферы, криноидеи) и глауконит, частично замещающий полости фораминифер. На основании состава и структурных особенностей определено, что часть пород горизонта является туфоизвестняками, что подтверждается присутствием андезитовых обломков. С привлечением данных по смежным регионам реконструирована обстановка осадконакопления: удаленная зона морского шельфа, в которую происходил воздушный перенос пирокластического материала андезитового состава с его последующей аккумуляцией. Горизонт глауконитовых песчаников сложен не типичными песчаниками, а туфоизвестняками. Накопление осадков происходило в спокойной, удаленной шельфовой обстановке, куда вулканические обломки поступали по воздуху. Полученные результаты уточняют стратиграфию района и дают новое представление о палеогеографической эволюции Крыма в позднеальбе.

**Ключевые слова:** Крым, палеогеография, поздний альб, глауконитовый песчаник, пирокластический материал, литокласты, кристаллокласты, андезитовый вулканизм

**Благодарности:** Авторы выражают искреннюю признательность администрации Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II и непосредственно ректору, профессору В. С. Литвиненко, за отличные условия, позволившие провести полевые исследования и выполнить лабораторные анализы горных пород.

**LITHOLOGY, COMPOSITION, AND FORMATION  
OF A MARKER GLAUCONITIC SANDSTONE HORIZON  
(LATE ALBIAN – EARLY CENOMANIAN)  
IN THE BAKHCHYSARAI AREA, CRIMEA****Krivoshein R. A. ORCID ID 0009-0005-3998-9498,****Schekoldin R. A. ORCID ID 0000-0002-4883-6064**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
“Saint Petersburg Mining University of Empress Catherine II”,  
Saint Petersburg, Russian Federation, e-mail: krivoshein.roman.00@bk.ru*

The lithological composition of the Late Albian–Early Cenomanian glauconitic sandstone horizon in the Bakhchysarai District of the Republic of Crimea was investigated using microscopic methods, and a palaeogeographic reconstruction of the area for the Late Albian was performed. To achieve this, petrographic thin sections collected from the most representative section at the mouth of Sukhyi Log were examined. A quantitative analysis of component proportions was carried out, and the morphology of the components was described. Based on the component composition and structural features, the depositional environment was interpreted. The rocks contain lithoclasts (porphyritic andesite fragments), crystalloclasts (plagioclase grains), a carbonate matrix, an assemblage of carbonate grains (foraminifera, calcispheres, crinoids), and glauconite, which partly infills foraminiferal test cavities. Based on the composition and structural features, at least some of the rocks forming the glauconitic sandstone horizon are identified as tuffaceous limestones, as confirmed by the presence of andesitic fragments. Using data from adjacent regions, the depositional environment is reconstructed as a distal open-marine shelf setting, where andesitic pyroclastic material was transported through the air and subsequently accumulated. The glauconitic sandstone horizon is composed not of typical sandstones but of tuffaceous limestones. Sedimentation took place in a quiet, distal shelf environment, with volcanic fragments supplied by airfall. These findings refine the local stratigraphy and provide new insights into the palaeogeographic evolution of Crimea during the Late Albian.

**Keywords:** Crimea, paleogeography, Late Albian, glauconite sandstone, pyroclastic material, lithoclasts, crystalloclasts, andesite volcanism

**Acknowledgements:** The authors wish to extend their sincere appreciation to the administration of Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, and directly to its Rector, Professor V. S. Litvinenko, for providing outstanding facilities and support, which made it possible to carry out field campaigns and laboratory studies of the rock material.

### Введение

Территория исследований в Бахчисарайском районе Республики Крым почти наполовину сложена меловыми, в основном карбонатными, породами. В их разрезе в качестве маркирующего горизонта выделяется слой глауконитовых песчаников (в пределах Крымского учебного полигона Горного университета (Санкт-Петербург)) (рис. 1). Ранее исследования касались преимущественно его биостратиграфии: найденные ископаемые остатки подтвердили позднеальбский – раннесеноманский возраст вмещающих отложений [2; 3]. Систематических литологических работ до сих пор не проводилось. По имеющимся кратким описаниям, горизонт представлен мелко- и среднезернистыми известковистыми глауконитовыми песчаниками, содержащими зерна магнетита. В основании отмечается кварцевая галька, а местами встречаются линзы известняков. Цемент породы – известковый [2].

Горизонт глауконитовых песчаников представляет собой довольно сложный для изучения объект, поскольку обнажен плохо по сравнению с ниже- и вышележащими толщами. В большинстве обнажений представлена неполная его мощность. Глауконитовые песчаники трансгрессивно залегают на разных подстилающих отложениях, в некоторых местах с отчетливым

эрозионным контактом, заполняя промоины и карманы. Мощность горизонта переменная, от нескольких дециметров до 10 м. Наиболее представительным разрезом является искусственное обнажение – выемка под строительство трансформаторной будки в устье Сухого лога. Для дополнительного изучения литологических особенностей пород здесь была выполнена расчистка и отобрана серия образцов с нескольких уровней.

Горизонт глауконитовых песчаников представляет особенно интересный объект для изучения литологических особенностей и последующих палеогеографических реконструкций, так как глауконит характеризуется строго детерминированным генезисом [2–4].

Микроскопическое исследование петрографических шлифов позволило выявить значительную долю пирокластических частиц в составе изучаемых пород. Данный факт послужил основанием для пересмотра представлений об условиях осадконакопления в пределах распространения рассматриваемого маркирующего горизонта. Было определено, что по крайней мере некоторые разности глауконитового «песчаника» являются туффитами или туфоизвестняками, пирокластический материал в которых представлен кристаллокластами плагиоклаза и литокластами микрוליтовой основной массы эффузивов, рассеянными в известковом матриксе.



Рис. 1. Расположение района исследования (черный прямоугольник)  
Примечание: составлен авторами на основе источника [1]

**Цель исследования** – изучение литологического состава горизонта глауконитовых песчаников микроскопическим методом и палеогеографическая реконструкция в позднеальбское время в Бахчисарайском районе (Республика Крым).

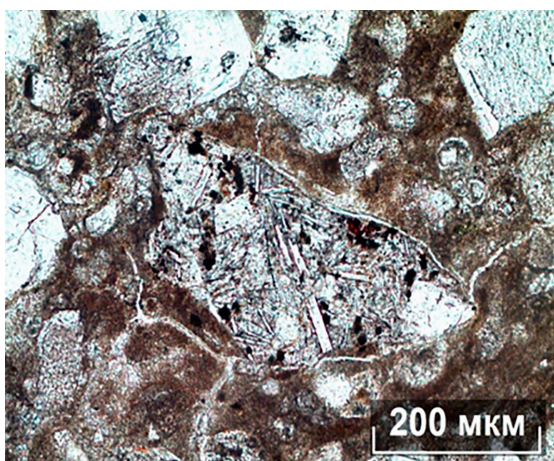
**Материалы и методы исследования**

Материал для изготовления шлифов и последующего детального изучения их микроскопическими методами был отобран с нескольких уровней из разреза в устье лога Сухого. Из отобранных образцов в шлифовальной мастерской Горного университета были изготовлены петрографические шлифы. Микроскопические исследования выполнены в литологической лаборатории кафедры исторической и динамической геологии Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II. Описание и фотографирование шлифов производилось с помощью микроскопа Axio Imager A2m и программного комплекса Tixomet Pro.

**Результаты исследования и их обсуждение**

Породы сложены следующими компонентами: литокластами (10–12 %), кристаллокластами (20–40 %), карбонатными зернами (40–50 %), зернами глауконита (5–10 %) и карбонатным микритом коричневого цвета (15–20 %).

Литокластическая часть представлена обломками порфировых андезитов (10–12 %) неправильной, угловатой, реже округлой, удлиненной формы (рис. 2).

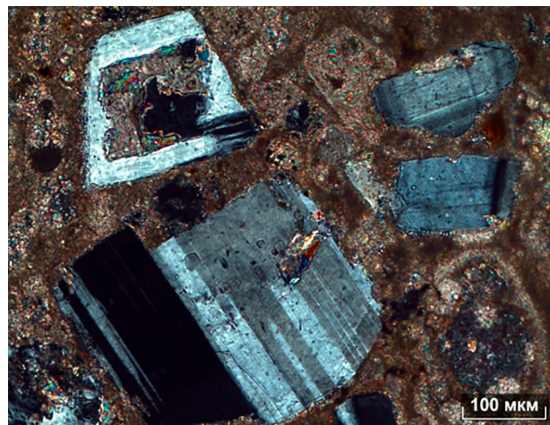


*Рис. 2. Литокласт андезитового порфирита с гялопилитовой структурой основной массы (шл. 18–26, с анализатором)*

*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

Минимальные размеры – менее 0,2 мм (около 10 % от всего количества литокластов). Преобладающий размер обломков составляет 0,5–0,7 мм (более 50 % от всего количества литокластов). Максимальные размеры – около 1 мм (не более 5 % от всего количества литокластов). Порфировые вкрапленники в литокластах представлены плагиоклазом. Основная масса имеет гялопилитовую структуру. Она сложена микролитами плагиоклаза и измененным вулканическим стеклом. Часть литокластов замещена кальцитом или глауконитом.

Кристаллокласты представлены зернами плагиоклаза (20–40 %), которые имеют прямоугольные, также шестиугольные и реже неправильные, удлиненные формы с полисинтетическими двойниками и характерной зональной микроструктурой. Минимальные размеры – 0,1–0,15 мм (около 30 % от всего количества зерен плагиоклазов). Преобладающий размер кристаллокластов плагиоклаза составляет 0,5–0,6 мм (более 50 % от всего количества зерен плагиоклазов). Максимальные размеры – около 1 мм, (не более 20 % от всего количества зерен плагиоклазов). Многие (55–60 %) кристаллокласты корродированы и замещены кальцитом (рис. 3).



*Рис. 3. Замещение кристаллокластов плагиоклаза кальцитом (шл. 18–24, с анализатором)*

*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

Карбонатная составляющая породы представлена преимущественно остатками раковин фораминифер (рис. 4), размеры которых колеблются в диапазоне 0,05–0,1 мм, остатками криноидей, размеры которых составляют около 0,1 мм, и кальцисферами (рис. 5), размеры которых не превышают

0,05–0,07 мм [5; 6]. Фораминиферы представлены в основном планктонными формами с тонкостенными (около 1 мкм) раковинами, внутренняя часть которых обычно заполнена кристаллическим кальцитом. В ряде случаев можно наблюдать замещение полостей камер фораминифер глауконитом и кальцитом (рис. 4). Встречены также остатки бентосных фораминифер (рис. 5).

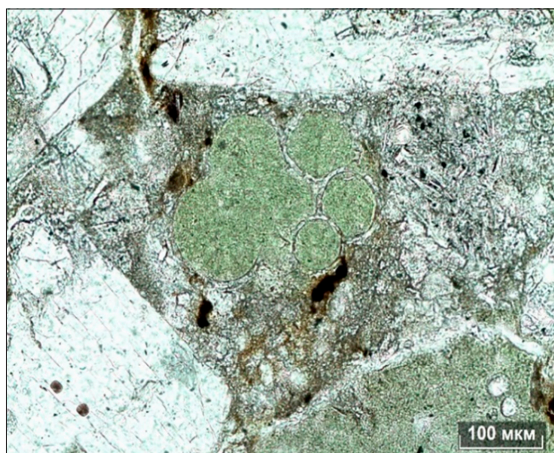


Рис. 4. Раковина фораминиферы, заполненная глауконитом (шл. 18–17, без анализатора)

Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

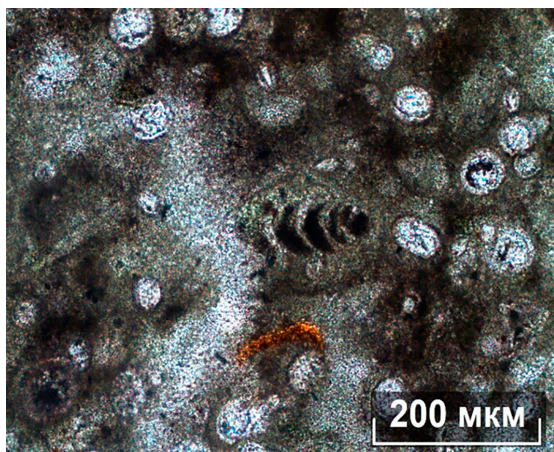


Рис. 5. Многочисленные кальциферы и остаток бентосной фораминиферы (в центре) (шл. 18–25, без анализатора)

Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Глауконит присутствует в виде довольно крупных зерен изометричной, неправильной, а иногда и округлой формы. В зернах (микроконкрециях) глауконита также присутствуют остатки фораминифер и радиолярий (?), замещенные глауконитом.

Таким образом, проведенные исследования позволяют заключить, что литологические различия в пределах глауконитового песчаного горизонта на территории Крымского учебного полигона (Санкт-Петербургский горный университет) представлены туффитами и туфоизвестняками [4].

Обстановка осадконакопления горизонта глауконитовых песчаников, несомненно, морская, очевидно, неглубокая, на что указывает комплекс фораминифер, криноидей и кальцифер [5; 7; 8]. Преобладание среди остатков фораминифер планктонных форм говорит о достаточно большой глубине. На это же указывает массивная текстура пород без признаков активной гидродинамики.

Обилие глауконита также указывает на морские условия [7–9]. При изучении шлифов были выявлены остатки фораминифер, полости раковин которых замещены глауконитом (рис. 4), что указывает на определенный механизм глауконитизации – синтез из иловых растворов  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$  и др. [2; 5; 7].

Для решения вопроса об источнике пирокластического материала андезитового состава необходимо провести региональный обзор.

Крупный меловой вулканический пояс, проходящий южнее Черного моря, состоит как минимум из трех частей – Транскавказского вулканического пояса (Аджаро-Триалетская зона, Дзирульский массив, Сомхетско-Карабахская зона), зоны Восточная Средна-Гора в Болгарии и Понтид на севере Турции [10–12].

С апта до турона вулканизм имел распространение в Транскавказском вулканическом поясе, в основном в Аджаро-Триалетской зоне [10–12].

Согласно [10; 13; 14], «...вулканический пояс апта–альба (или альба) проходил от Транскавказского пояса (от Аджаро-Триалетской зоны) через валы Шатского и Андрусова и уходил в район Балаклавы».

В Черном море на Одесском шельфе также установлен меловой вулканизм, связанный с раскрытием раннемелового Каркинитского грабена [10; 15]. Формирование последнего пришлось на поздний баррем–альб, но на альбское время приходится главная фаза рифтинга, который сопровождался формированием многочисленных вулканов в основном в позднем альбе [10; 12; 16].

Таким образом, вулканическая деятельность в альбском веке, вероятно, происходила в Транскавказском поясе, в районе Балаклавы и в районе Каркинитского грабена (рис. 6) [2; 10; 14].

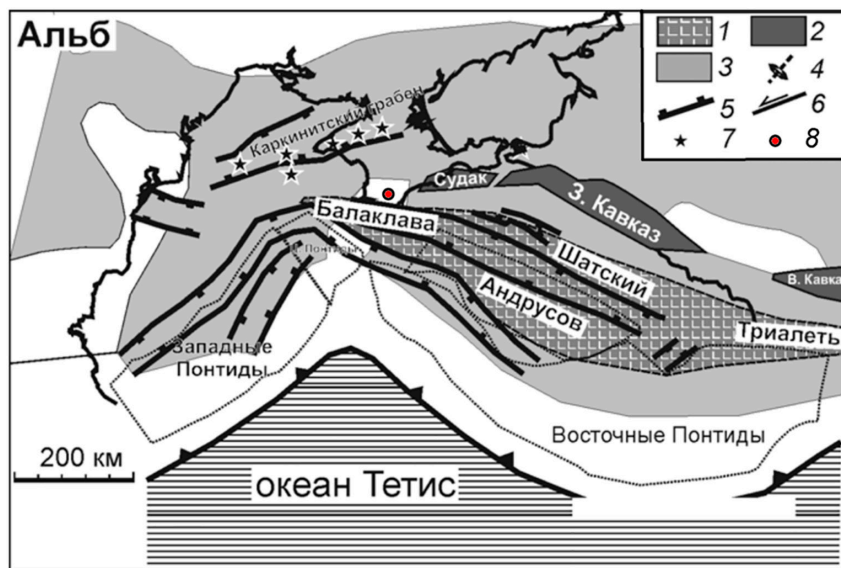


Рис. 6. Палеотектоническая реконструкция для альба: 1 – вулканические пояса; 2 – глубоководные бассейны с океанической или континентальной корой, сильно утоненной рифтингом; 3 – осадочные бассейны; 4 – оси рифтинга или спрединга океанической коры; 5 – сбросы; 6 – сдвиги; 7 – отдельные вулканы; 8 – район проведенного исследования  
Примечание: составлен авторами на основе источника [10]

Из этого можно предположить, что транспорт пирокластического материала андезитового состава в бассейн седиментации осуществлялся по воздуху из района Каркинитского грабена либо из района Балаклавы Транскавказского пояса [10].

При микроскопическом исследовании пород было установлено, что пирокластические компоненты пород преимущественно имеют угловатые очертания и полностью отсутствуют признаки их окатывания. Данная особенность указывает на отложение их в водных условиях со спокойными гидродинамическими условиями [17, с. 52].

Верхнеальбский пирокластический материал андезитового состава транспортировался в осадочный бассейн воздушным путем либо из вулканической области Каркинитского грабена, либо из района Балаклавской вулканической дуги [2; 10; 13]. Вулканические обломки осаждались и накапливались на дне глубоководного шельфа со спокойным гидродинамическим режимом, на что указывают изученный в шлифах комплекс микрофоссилий, морфологические особенности литокластов и кристаллокластов, а также высокое содержание глауконита.

### Заключение

Проведенное изучение состава и геологической обстановки формирования глауконитовых песчаников, которые вскры-

ваются в пределах Крымского учебного полигона Горного университета, позволяет утверждать: подавляющая часть слагающих горизонт пород содержит заметное количество пирокластики. Это дает основание относить их не к песчаникам, а к туффидам или туфоизвестнякам.

В составе пород были выделены литокластические компоненты (10–12 %), представленные порфирами андезитами, основная масса которых обнаруживает гиалопилитовую структуру; кристаллокластические компоненты (20–40 %), представленные зернами плагиоклаза с зональной микроструктурой; карбонатный матрикс (15–20 %) и карбонатные зерна (40–50 %), которые включают остатки фораминифер, криноидей и кальцисферы; глауконит (5 %) встречается как в виде отдельных зерен, так и в виде заполнения полостей раковин фораминифер или метасоматически замещает литокласты.

Присутствие пирокластического материала андезитового состава, по-видимому, объясняется тем, что в альбское время происходила вулканическая деятельность с преобладанием наземных, преимущественно эксплозивных извержений в области Каркинитского грабена или Балаклавской части Транскавказского вулканического пояса. Пирокластический материал переносился по воздуху и осаждался в том числе

на современной территории Бахчисарайско-го района Республики Крым.

Вулканические обломки андезитового состава осаждались на дне шельфового бассейна с глубинами ниже уровня волновой активности (50–200 м), на что указывает наличие в породе минерала-индикатора обстановок осадконакопления – глауконита, а также характерная для этой биономической зоны совокупность фораминифер.

#### Список литературы

1. Карта-схема Республики Крым и города федерального значения Севастополь с важнейшими городами. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sharada.ru/pdf-maps/maps/rossija-i-regiony/respublika-krum-i-sevastopol> (дата обращения: 14.03.2026).
2. Копаяевич Л. Ф., Хотылев А. О. Стратиграфическое положение меловых вулканитов в Крыму и на Северном Кавказе // Вестник Московского университета. Серия 4. Геология. 2014. № 6. С. 59–69. EDN: TGZQYJ.
3. Павлидис С. Б., Комаров В. Н. О новых находках верхнеальбских аммонитов в Юго-Западном Крыму // Инновации. Наука. Образование. 2020. № 17. С. 455–469. EDN: IYVBAS.
4. Седаева М. К., Майорова Т. П., Светов С. А., Баранов Д. А. Литогеохимическая характеристика известняков субплатформенного комплекса Горного Крыма // От анализа вещества – к бассейновому анализу: материалы 13 Уральского литологического совещания (Екатеринбург, 19–23 октября 2020 г.). Екатеринбург: Институт геологии и геохимии им. академика А. Н. Заварицкого, 2020. С. 247–250. EDN: WUXWDA.
5. Mülâyim O., Yılmaz İ. Ö., Ferré B. Pythonellid calcitarch record in the middle? Cenomanian Dardere-A Member, SE Turkey: palaeoenvironmental changes and stratigraphic significance // Turkish Journal of Earth Sciences. 2023. Т. 32. № 1. С. 63–74.
6. Vishnevskaya V. S., Kopaevich L. F. Microfossil assemblages as key to reconstruct sea-level fluctuations, cooling episodes and palaeogeography: The albian to maastrichtian of boreal and peri-tethyan Russia // Geological Society Special Publication. 2020. Vol. 498. Is. 1. P. 165–187. DOI: 10.1144/SP498-2018-138. EDN: CMWWFY.
7. Рудмин М. А. Глауконит: обзор условий формирования, палеогеографическое значение и перспективные области использования // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXVII Международного молодежного научного симпозиума имени академика М. А. Усова, посвященного 160-летию со дня рождения академика В. А. Обручева и 140-летию академика М. А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы (г. Томск, 3–7 апреля 2023 г.). Т. 1. Томск, 2023. С. 73–75. EDN: JUUZPN.
8. Loucks R. G., Reed R. M. Alteration of Volcanic Grains to Glauconite in the Upper Cretaceous Austin Chalk Formation in the Balcones Igneous Province, South and Central Texas: Implications for Depositional History. 2023. DOI: 10.62371/IWU2066.
9. Georgievskiy A. F., Bugina V. M. Glauconite from Deposits of Different Age in Mountain Crimea // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vladivostok, 06–09 октября 2020 г.). Vladivostok, 2021. P. 032044. DOI: 10.1088/1755-1315/666/3/032044. EDN: NIYWH.
10. Никишин А. М., Хотылев А. О., Бычков А. Ю., Копаяевич Л. Ф., Петров Е. И., Япаскурт В. О. Меловые вулканические пояса и история формирования Черноморского бассейна // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. 2013. № 3. С. 6–18. EDN: RCAVBX.
11. Карелина Е. В., Мотузов И. С., Марков В. Е., Панащенко Ю. Н., Жорж Н. В., Носаева О. В. Изучение вулканогенно-осадочных пород дзыхринской толщи в пределах абхазской зоны Гагрско-Джавского поднятия Северо-Западного Кавказа // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2022. Т. 23. № 4. С. 343–354. DOI: 10.22363/2312-8143-2022-23-4-343-354.
12. Cengiz M. Palaeomagnetic evidence of the deformation of the Pontides during the closure of the Intra-Pontide Ocean in the early Cretaceous // Geophysical Journal International. 2023. Т. 234. № 3. С. 1835–1854. DOI: 10.1093/gji/ggad167.
13. Rolland Y., Sosson M., Adamia Sh., Sadradze N. Prolonged variscan to Alpine history of an active Eurasian margin (Georgia, Armenia) revealed by <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar dating // Gondwana Research. 2011. Vol. 20. Is. 4. P. 798–815. DOI: 10.1016/j.gr.2011.05.007.
14. Stephenson R., Stovba S. Review of the main Black Sea rifting phase in the Cretaceous and implications for the evolution of the Black Sea lithosphere // Journal of Geodynamics. 2022. Т. 149. С. 101891. DOI: 10.1016/j.jog.2021.101891.
15. Trifonov V. G., Sokolov S. Y., Sokolov S. A., Hessami K. Mesozoic–Cenozoic structure of the Black Sea – Caucasus – Caspian region and its relationships with the upper mantle structure // Geotectonics. 2020. Т. 54. С. 331–355. DOI: 10.1134/S0016852120030103.
16. Bilim F., Aydemir A., Ateş A., Dolmaz M. N., Koşaroglu S., Erbek E. Crustal thickness in the Black Sea and surrounding region, estimated from the gravity data // Marine and Petroleum Geology. 2021. Vol. 123. P. 104735. DOI: 10.1016/j.marpetgeo.2020.104735. EDN: FSADFI.
17. Япаскурт О. В. Литология. М.: ИНФРА-М. 2016. 359 с. EDN: UNZQJV.

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

**Financing:** The research was performed without external funding.