

МОДЕЛЬ ОТКОЛА АРЛИС СПУРА ОТ ХРЕБТА ЛОМОНОСОВА В СЕВЕРНОМ ЛЕДОВИТОМ ОКЕАНЕ

Ал. А. Шрейдер

ООО «Научно-исследовательский институт экономики и организации управления в газовой промышленности» (Москва, Российская Федерация)

А. А. Шрейдер, А. Л. Бреховских, А. Э. Сажнева, М. С. Клюев, И. Я. Ракитин,
Е. И. Евсенко, О. В. Гринберг

ФГБУН Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН (Москва, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 5 июля 2018 г.

Проведено восстановление осей зон откола континентальных фрагментов (Арлис спура и локального блока периферии хребта Менделеева) от хребта Ломоносова. Определены Эйлеровы конечные полюса вращения и углы поворота, описывающие откол. Выявлена разность глубин стыкуемых изобат в сотни метров. Это обстоятельство скорее всего отражает разномасштабное оползание по разломам указанных континентальных фрагментов. Основным результатом настоящей работы являются получение независимого подтверждения связи Арлис спура и фрагмента периферии хребта Менделеева с хребтом Ломоносова и вывод об их континентальной природе. Результаты работы важны в свете обсуждения вопросов обоснования положения внешней границы континентального шельфа России в Арктике.

Ключевые слова: котловина Макарова, хребет Ломоносова, Арлис спур (отрог), Эйлеровы полюса, реконструкция палеобатиметрии.

Введение

Котловина Макарова вытянута вдоль амеразийского подножья хребта Ломоносова, являющегося отторженцем Баренцево-Карской палеоокраины континента. В сторону сибирского шельфа происходит сужение котловины (рис. 1). При этом от смежной котловины Подводников она отделяется невысоким, глубиной до 2,5 км, порогом Арлис [1]. В этой области на картографических материалах многих статей выделяется безымянный отрог (спур), который примыкает к отрогу Геофизиков или, возможно, даже является его частью, как это указывается в отечественной заявке в ООН по разграничению шельфа, или Оден спура [2; 3]. В этой связи для удобства изложения материала в настоящей работе данный отрог хребта Ломоносова будем называть Арлис спуром. Вопросы происхождения центрально-арктических структур играют ключевую роль в проблеме

выяснения природы приполюсного района Северного Ледовитого океана в целом. В этой связи представляется важной реконструкция особенностей Баренцево-Карской палеоокраины континента, к числу фрагментов которой относятся Арлис спур и смежные участки дна. Непосредственно в пределах территории, обозначенной на рис. 1, пока не проводились глубоководное бурение и специальные геофизические работы (сейсмические, аэромагнитные и др.), направленные на восстановление геохронологии и геодинамики дна в области указанных объектов. Вместе с тем имеющиеся сведения о рельефе дна международной базы данных IBCAO¹ могут быть использованы для детального восстановления связи Арлис спура и фрагмента периферии хребта Менделеева с хребтом Ломоносова, что и является задачей настоящего исследования.

© Шрейдер Ал. А., Шрейдер А. А., Бреховских А. Л., Сажнева А. Э.,
Клюев М. С., Ракитин И. Я., Евсенко Е. И., Гринберг О. В., 2018

¹ https://topex.ucsd.edu/WWW_html/mar_topo.html (IBCAO) 2018.

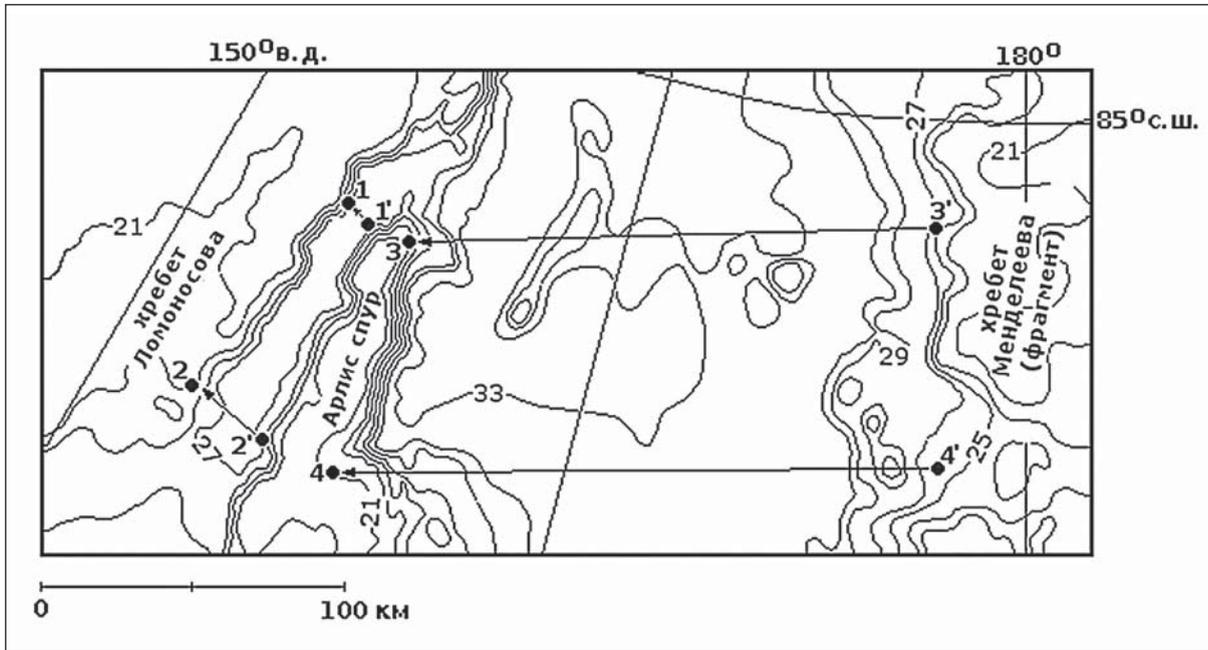


Рис. 1. Общие черты батиметрии дна восточной части котловины Макарова по данным IBCAO [6, с. 2]. Показано положение концевых точек конъюгетных изобат: 1–2 на северном склоне хребта Ломоносова (2,5 км), 1¹–2¹ на северном склоне Арлис спура (2,7 км), 3–4 на южном склоне Арлис спура (2,1 км), 3¹–4¹ на периферии хребта Менделеева (2,6 км). Стрелки соединяют концы конъюгетных изобат и показывают направление их смыкания

Fig. 1. The general features of the Makarov Basin eastern part bottom bathymetry from the IBCAO data [6, p. 2]. The position of the conjugate isobaths end points is shown: 1–2 on the Lomonosov Ridge northern slope (2,5 km), 1¹–2¹ on the Arlis Spur northern slope (2,7 km), 3–4 on the Arlis Spur southern slope (2,1 km), 3¹–4¹ on the Mendeleev Ridge periphery (2,6 km). The arrows connect the ends of the conjugate isobaths and show their convergence direction

Особенности методики исследований

В [4] была предложена компьютерная методика для наилучшего совмещения любых контуров на примере изобат. Совмещение осуществлялось способом проб и ошибок, путем минимизации углового несогласия, измеряемого вдоль Эйлеровых широт. Методика иллюстрировала принцип, согласно которому наилучшее совмещение может производиться для любых контуров, которые, как установлено или как предполагается, некогда составляли единый контур. Реализуя принцип наилучшего совмещения, удастся добиваться воссоединения и восстановления первичной непрерывности любых контуров, включая изохроны, изобаты, изогипсы и др.

В настоящей работе указанная методика впервые применяется для случая совмещения изобат на востоке котловины Макарова Северного Ледовитого океана. Многочисленные опробования стыкуемости различных участков разных и одноименных изобат показали, что наиболее подходящими для целей палеогеодинамического анализа оказались участки изобаты в интервале 2,1–2,9 км, которые соответствуют наиболее крутому участку склона и, по сведениям о характере осадочной толщи [5–7; 2; 8–10], обладают малой мощностью осадков.

Отметим, что расчеты Эйлеровых полюсов и углов поворота делались по оригинальным программам Лаборатории геофизики и тектоники

дна Мирового океана Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН, принципы расчетов по которым изложены в [3; 4].

Результаты исследований

При положении Эйлера полюса конечного вращения в точке с координатами 84,51° с. ш., 156,59° з. д. удастся на протяжении более 50 км (участок 1–2 на рис. 1, рис. 2а) получить совмещение изобаты 2,5 км в нижней части склона хребта Ломоносова и изобаты 2,7 км Арлис спура на восточной периферии котловины Макарова. Угол поворота составил $24,15^\circ \pm 3,2^\circ$. Погрешность совмещения точек составляет $7,9 \pm 3$ км (9 значений).

При положении Эйлера полюса конечного вращения в точке с координатами 87,50° с. ш., 146,12° з. д. удастся севернее 84° на протяжении более 70 км (участок 3–4 на рис. 1 и на рис. 2б) получить весьма хорошее совмещение изобаты 2,1 км в нижней части склона Арлис спура и изобаты 2,6 км безымянного отрога хребта Менделеева. Угол поворота составил $30,7^\circ \pm 1,9^\circ$. Погрешность совмещения точек составляет $7,5 \pm 4$ км (9 значений).

Результатом проведенной реконструкции является восстановление осей зон отторжения периферийных районов хребтов Ломоносова и Менделеева (коричневые линии на рис. 3) в области Арлис спура. Поскольку кора хребта Ломоносова континен-

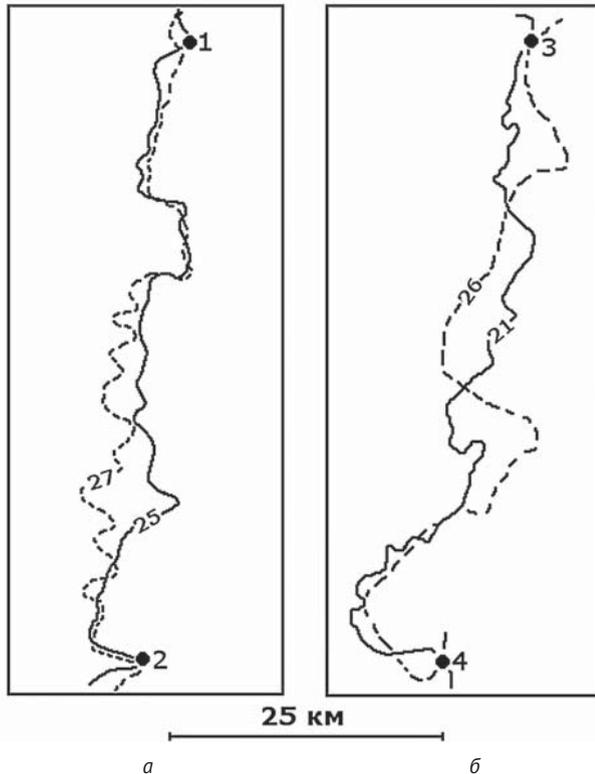


Рис. 2. Стыковка встречных склонов: а – хребта Ломоносова (изобата 2,5 км – сплошная линия) и Арлис спура (изобата 2,7 км – пунктир), б – Арлис спура (изобата 2,1 км – сплошная линия) и периферийного участка отрога хребта Менделеева (изобата 2,6 км – пунктир). Положение точек 1–4 показано на рис. 1

Fig. 2. The oncoming slopes coupling of: a – the Lomonosov Ridge (isobath 2,5 km – a continuous line) and the Arlis Spur (isobath 2,7 km – dotted line); b – Arlis Spur (isobath 2,1 km – a continuous line) and the Mendeleev Ridge peripheral section (isobath 2,6 km is a dotted line). The position of points 1–4 is shown in Fig. 1

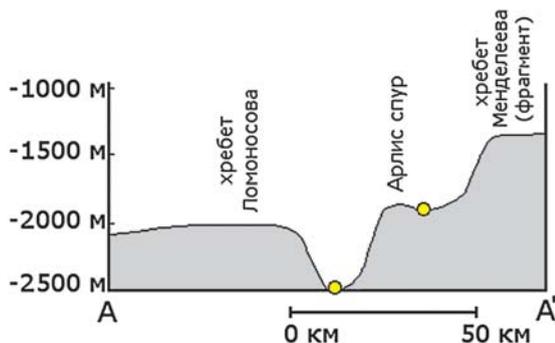


Рис. 4. Профиль по линии А–А¹ (см. рис. 3) первичного рельефа дна перед отколом Арлис спура и фрагмента хребта Менделеева от хребта Ломоносова. Показаны точки стыковки изобат. Глубины по профилю для Арлис спура и для фрагмента хребта Менделеева приведены к значениям современных глубин хребта Ломоносова

Fig. 4. The profile along the line A–A¹ (see Fig. 3) of the primary bottom relief before the Arlis Spur and the Mendeleev Ridge fragment spall from the Lomonosov Ridge. The coupling points of the isobaths are shown. The depths along the profile for the Arlis Spur and for the Mendeleev Ridge fragment are tightened to the present depths values of the Lomonosov Ridge

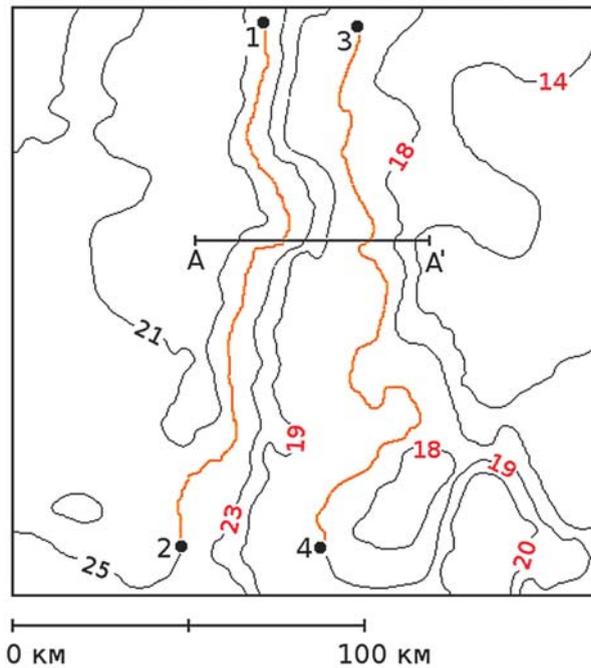


Рис. 3. Реконструкция смыкания встречных склонов хребта Ломоносова, Арлис спура и периферийных районов хребта Менделеева. Точки 1–4 те же, что и на рис. 1. Палеоизобаты (отметки красного цвета) Арлис спура и фрагмента хребта Менделеева приведены к современной батиметрии хребта Ломоносова. Коричневым цветом показаны реконструированные оси откола этих фрагментов. Отрезок А–А¹ – положение профиля палеорельефа дна (рис. 4)

Fig. 3. Reconstruction of the closing of oncoming slopes of the Lomonosov Ridge, Arlis Spur and peripheral regions of the Mendeleev Ridge. 1–4 are the same as in Fig. 1. The paleoisobaths (red marks) of the Arlis Spur and the Mendeleev Ridge fragment are tightened to the Lomonosov Ridge current bathymetry. The brown color shows the reconstructed spall axes of these fragments. Line segment A–A¹ is the position of the paleo-bottom profile (Fig. 4)

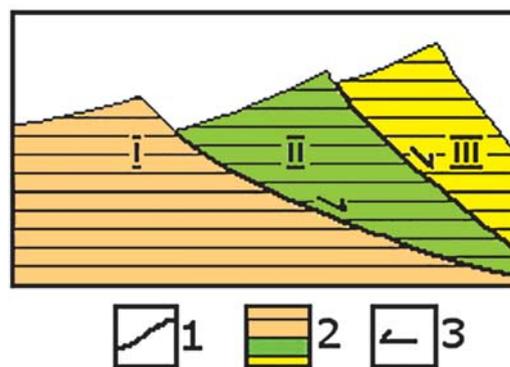


Рис. 5. Модель сползания по разломам Арлис спура (II) и фрагмента хребта Менделеева (III) относительно хребта Ломоносова (I) в соответствии с модификацией [11] схемы Б. Вернике [12]. 1 – разломы, 2 – породы оползающих блоков континентальной коры, 3 – направление их смещений

Fig. 5. The model of the Arlis Spur (II) and Mendeleev Ridge fragment (III) sliding along the faults surface relative to the Lomonosov Ridge (I) in accordance with the modification [11] of B. Wernicke [12] scheme. 1 – faults, 2 – formation of the continental crust sliding blocks, 3 – direction of their displacements

тальная, отторгнутые периферийные участки также должны иметь континентальную кору.

Приведенные расчеты позволяют также восстановить особенности первичного рельефа дна, существовавшего перед отколом периферийных фрагментов от хребта Ломоносова. Данные палеобатиметрических профилей свидетельствуют о превышении на 0,4—0,6 км этих периферийных фрагментов над основным телом хребта.

Важным обстоятельством реконструкции является различие между стыкуемыми изобатами по глубине до 0,6 км. Последнее обстоятельство скорее всего отражает факт разномасштабного сползания по плоскости разлома и тем самым разномасштабного заглупления в процессе откола периферийных районов континентальной коры от основного тела хребта Ломоносова (рис. 5) в соответствии с модификацией [11] схемы Б. Вернике [12].

Заключение

Таким образом, компьютерная методика для наилучшего совмещения изобат [4 и др.] впервые применена для случая совмещения изобат в восточной области котловины Макарова Северного Ледовитого океана.

Многочисленные опробования стыкуемости различных участков разных и одноименных изобат показали, что наиболее подходящими для целей палеогеодинамического анализа оказались участки изобат в интервале 2,1—2,9 км, которые соответствуют наиболее крутому участку склона, обладающему наименьшей мощностью осадков. В этой связи выявлены участки изобат на встречных склонах структур дна в котловине Макарова, которые хорошо стыкуются между собой. Для этих участков рассчитаны конечные Эйлеровы полюса и составлена палеорекострукция рельефа дна.

В результате реконструкции удается провести восстановление осей зон отторжения периферийных районов хребта Ломоносова. Поскольку кора хребта Ломоносова континентальная, то и отторгнутые периферийные участки должны иметь континентальную кору. Проведенные реконструкции позволили восстановить фрагменты областей распространения континентальной коры в приполюсном районе, а также палеобатиметрию в их пределах. Данный вывод согласуется с результатами работ [13—15].

Важнейшим результатом настоящей работы является получение независимого подтверждения связи Арлис спура и фрагмента периферии хребта Менделеева с хребтом Ломоносова и вывод об их континентальной природе. Результаты работы важны в свете обсуждения вопросов обоснования положения внешней границы континентального шельфа России в Северном Ледовитом океане.

Авторы выражают благодарность члену-корреспонденту РАН Л. И. Лобковскому (Институт океано-

логии им. П. П. Ширшова РАН) за поддержку настоящей статьи.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания на 2018 г. № 0149-2018-0015 «Тектоника деформируемых литосферных плит и геодинамическая эволюция океанской литосферы: геодинамическая эволюция Арктики и зоны перехода от Тихого океана к Евразии; развитие катастрофических и потенциально опасных процессов в зонах субдукции, окраинных, внутренних морях и береговой зоне, анализ их геоэкологических последствий; оценка и генезис полезных ископаемых континентальных окраин и внутриокеанических областей, окраинных и внутренних морей».

Литература

- Хаин В. Е. Тектоника континентов и океанов. — М.: Науч. мир, 2001. — 606 с.
- Evangelatos J., Mosher D. Seismic stratigraphy, structure and morphology of Makarov Basin and surrounding regions: tectonic implications // *Mar. Geol.* — 2016. — Vol. 374. — P. 1—13.
- Ле Пишон Л., Францито Ж., Бонин Ж. Тектоника плит. — М.: Мир, 1997. — 288 с.
- Bullard E., Everett J., Smith A. The fit of continents around Atlantic / Symposium on continental drift // *Philosophical Transactions of the Royal Society of London.* — Series A, Mathematical and Physical Sciences. — London, 1965. — Vol. 258 A. — P. 41—51.
- Cochran J., Edwards M., Coakley B. Morphology and structure of the Lomonosov Ridge, Arctic Ocean // *Geochem. Geophys. Geosyst.* — 2006. — Vol. 7. — Q05019.
- Langinen A., Lebedeva-Ivanova N., Gee D., Zamansky Y. Correlations between the Lomonosov Ridge, Marvin Spur and adjacent basins of the Arctic Ocean based on seismic data // *Tectonophysics.* — 2009. — Vol. 472. — P. 309—322.
- Bruvoll V., Kristoffersen Y., Coakley B. et al. The nature of the acoustic basement on Mendeleev and northwestern Alpha ridges, Arctic Ocean // *Tectonophysics.* — 2012. — Vol. 514—517. — P. 123—145.
- Поселов В. А., Буценко В. В., Каминский В. Д., Сакулина Т. С. Поднятие Менделеева (Северный Ледовитый океан) как геологическое продолжение континентальной окраины Восточной Сибири // *Докл. Акад. наук.* — 2012. — Т. 443, № 2. — С. 232—235.
- Поселов В. А., Аветисов Г. П., Буценко В. В. и др. Хребет Ломоносова как естественное продолжение материковой окраины Евразии в Арктический бассейн // *Геология и геофизика.* — 2012. — Т. 53, № 12. — С. 1662—1680.
- Богоявленский И. В., Борукаев Г. Ч., Сидоренко С. А., Полякова И. Д. Центральнo-арктическая область Северного Ледовитого океана: сейсмостратиграфия и предпосылки нефтегазоносности // *Арктика: экология и экономика.* — 2017. — № 4 (28). — С. 98—107. — DOI: 10.25283/2223-4594-2017-4-98-107.

11. Шрейдер Ал. А. Формирование глубоководной котловины Черного моря. — М.: Науч. мир, 2011. — 216 с.
12. Wernike B. Uniform sense normal simple shear of the continental lithosphere // Can. J. Earth Sci. — 1985. — Vol. 22. — P. 108—125.
13. Lebedeva-Ivanova N., Zamansky Yu., Langinen A., Sorokin Y. Seismic profiling across the Mendeleev Ridge at 82° N: evidence of continental crust // Geophys. J. Intern. — 2006. — Vol. 165. — P. 527—544.
14. Артюшков Е. В., Поселов В. А. Континентальная кора в глубоководных впадинах на северо-востоке Российского сектора Арктики // Геология полярных областей Земли: Материалы XLII тектонического совещания. — Т. 1. — [S. I.], 2009. — С. 24—27.
15. Казьмин Ю. Б., Лобковский Л. И., Кононов М. В. Геодинамическая модель развития Амеразийского бассейна Арктики (к обоснованию принадлежности хребта Ломоносова, поднятия Менделеева и котловины Подводников к Российской материковой окраине) // Арктика: экология и экономика. — 2014. — № 4 (16). — С. 14—27.

Информация об авторах

Шрейдер Александр Анатольевич, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий специалист, ООО «Научно-исследовательский институт экономики и организации управления в газовой промышленности» (105066, Россия, Москва, Старая Басманная ул., д. 20), e-mail: aschr@ocean.ru.

Шрейдер Анатолий Александрович, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН (117997, Россия, Москва, Нахимовский просп., д. 36), e-mail: aschr@ocean.ru.

Бреховских Андрей Леонидович, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник, Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН (117997, Россия, Москва, Нахимовский просп., д. 36), e-mail: abrek@mail.ru.

Сажнева Александра Эдуардовна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН (117997, Россия, Москва, Нахимовский просп., д. 36), e-mail: alexe@ocean.ru.

Клюев Михаил Сергеевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН (117997, Россия, Москва, Нахимовский просп., д. 36), e-mail: mklyuev@mail.ru.

Ракитин Игорь Яковлевич, кандидат технических наук, ведущий инженер, Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН (117997, Россия, Москва, Нахимовский просп., д. 36), e-mail: irakitin@mail.ru.

Евсенко Елена Ивановна, старший инженер, Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН (117997, Россия, Москва, Нахимовский просп., д. 36).

Гринберг Олег Владимирович, ведущий инженер, Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН (117997, Россия, Москва, Нахимовский просп., д. 36).

Библиографическое описание данной статьи

Шрейдер Ал. А., Шрейдер А. А., Бреховских А. Л. и др. Модель откола Арлис спура от хребта Ломоносова в Северном Ледовитом океане // Арктика экология и экономика. — 2018. — № 4 (32). — С. 104—110. — DOI: 10.25283/2223-4594-2018-4-104-110.

MODEL OF THE ARLIS SPUR SPALL FROM THE LOMONOSOV RIDGE IN THE ARCTIC OCEAN

Schrader Al. A.

Scientific-research Institute of Economics and Management in Gas Industry (Moscow, Russian Federation)

Schrader A. A., Brekhovskikh A. L., Sazhneva A. E., Klyuev M. S., Rakitin I. Y., Evsenko E. I., Greenberg O. V.
Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences (Russian Federation)

The article was received on July 5, 2018

Acknowledgements

The authors are grateful to the RAS Corresponding Member L. I. Lobkovsky (Shirshov Institute of Oceanology, RAS) for supporting this article.

The work was carried out as part of the state assignment for 2018 No. 0149-2018-0015 “Tectonics of deformable lithospheric plates and the geodynamic evolution of the oceanic lithosphere: the geodynamic evolution of the Arctic and the transition zone from the Pacific to Eurasia; development of catastrophic and potentially haz-

ardous processes in subduction zones, marginal, inland seas and the coastal zone, analysis of their geocological consequences; assessment and genesis of the minerals of the continental margins and oceanic regions, marginal and inland seas”.

Abstract

The work presents a reconstruction of the bottom paleo-relief in the Arctic polar region, from the Lomonosov Ridge to the Mendeleev Ridge. The Makarov Basin is between these ridges. At that, it is separated from the adjacent Podvodnikov Basin by a low, up to 2.5 km deep, threshold, which is called the Arlis Spur. The spur adjoins, or perhaps even forms a part of the Geophysicists Spur, as indicated in the national UN application for the delimitation of the shelf, or the Oden Spur. The origin of the central arctic structures of the bottom topography is of a key role in the problem of elucidating the nature of the Arctic Ocean polar region as a whole. In this regard, it is important to reconstruct the features of the Barents-Kara paleo-periphery of the continent, the fragments of which include the Arlis Spur and adjacent bottom areas. Deep-water drilling and specific geophysical work (seismic, aeromagnetic, etc.) aimed at restoring geochronology and geodynamics of the seabed in the objects' area has not yet been carried out in the region.

Restoration of the bottom paleo-relief was carried out using a computer technique for the best alignment of isolines, in particular isobaths, which, as established or is supposed to, once formed a single contour. In the course of work, the isobath sections in the range of 2.1–2.9 km, which correspond to the steepest part of the slope and, according to the nature of the sedimentary layer, having low thickness of sediments, turned to be the most suitable for paleogeodynamic analysis. The result of the reconstruction is the restoration of the axes of the abruption zones of the peripheral regions of the Lomonosov and Mendeleev Ridges in the Arlis Spur area. An important circumstance of the reconstruction is the difference between joined isobaths in depth up to 0.6 km. The latter circumstance most likely reflects the fact of multi-scale slipping along the fault plane and, thus, different-scale burial in the process of splitting off the peripheral regions of the continental crust from the main body of the Lomonosov Ridge.

The main result of this work is to obtain an independent confirmation of the connection between the Arlis Spur and the periphery fragment of the Mendeleev Ridge with the Lomonosov Ridge and a conclusion about their continental nature. The work results are important for justifying the location of the outer boundary of the Russian continental shelf.

Keywords: *the Makarov Basin, the Lomonosov Ridge, the Arlis Spur, Euler Poles, reconstruction of paleobathymetry.*

References

1. *Khain V. E.* Tektonika kontinentov i okeanov. Moscow, Nauch. mir, 2001, 606 p. (In Russian).
2. *Evangelatos J., Mosher D.* Seismic stratigraphy, structure and morphology of Makarov Basin and surrounding regions: tectonic implications. *Mar. Geol.* 2016, vol. 374, pp. 1–13.
3. *Le Pishon L., Franshto Zh., Bonin Zh.* Tektonika plit. [Tectonics of plates]. Moscow, Mir, 1997, 288 p. (In Russian).
4. *Bullard E., Everett J., Smith A.* The fit of continents around Atlantic. Symposium on continental drift. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences. London, 1965, vol. 258 A, pp. 41–51.
5. *Cochran J., Edwards M., Coakley B.* Morphology and structure of the Lomonosov Ridge, Arctic Ocean. *Geochem. Geophys. Geosyst.* 2006. vol. 7, Q05019.
6. *Langinen A., Lebedeva-Ivanova N., Gee D., Zamansky Y.* Correlations between the Lomonosov Ridge, Marvin Spur and adjacent basins of the Arctic Ocean based on seismic data. *Tectonophysics*, 2009, vol. 472, pp. 309–322.
7. *Bruvoll V., Kristoffersen Y., Coakley B. et al.* The nature of the acoustic basement on Mendeleev and north-western Alpha ridges, Arctic Ocean. *Tectonophysics*, 2012, vol. 514–517, pp. 123–145.
8. *Poselov V. A., Butsenko V. V., Kaminskii V. D., Sakulina T. S.* Podnyatie Mendeleeva (Severnyi Ledovityi okean) kak geologicheskoe prodolzhenie kontinental'noi okrainy Vostochnoi Sibiri. [Mendeleev uplift (Arctic ocean) as a geological extension of the continental margin of Eastern Siberia]. *Dokl. Akad. nauk*, 2012, vol. 443, no. 2, pp. 232–235. (In Russian).
9. *Poselov V. A., Avetisov G. P., Butsenko V. V., Zholondz S. M., Kaminsky V. D., Pavlov S. P.* The Lomonosov Ridge as a natural extension of the Eurastan continental margin into the Arctic basin. *Russian Geology and Geophysics*, 2012, vol. 53, no. 12, pp. 1276–1290. DOI: 10.1016/j.rgg.2012.10.002.
10. *Bogoyavlenskii I. V., Borukaev G. Ch., Sidorenko S. A., Polyakova I. D.* Tsentral'no-arkticheskaya oblast' Severnogo Ledovitogo okeana: seismostratigrafiya i predposylki neftegazonosnosti. [The Central area of the Arctic Ocean: seismostratigraphy and background of oil and gas]. *Arktika: ekologiya i ekonomika*, 2017, no. 4 (28), pp. 98–107. DOI: 10.25283/2223-4594-2017-4-98-107. (In Russian).
11. *Shreider Al. A.* Formirovanie glubokovodnoi kotloviny Chernogo morya. [Formation of the deep-sea basin of the Black sea]. Moscow, Nauch. mir, 2011, 216 p. (In Russian).

12. Wernike B. Uniform sense normal simple shear of the continental lithosphere. *Can. J. Earth Sci.*, 1985, vol. 22, pp. 108—125.

13. Lebedeva-Ivanova N., Zamansky Yu., Langinen A., Sorokin Y. Seismic profiling across the Mendeleev Ridge at 82° N: evidence of continental crust. *Geophys. J. Intern.*, 2006, vol. 165, pp. 527—544.

14. Artyushkov E. V., Poselov V. A. Kontinental'naya kora v glubokovodnykh vpadinakh na severo-vostoke Rossiiskogo sektora Arktiki. [Continental crust the deep basins in the North-East of the Russian sector of the Arctic. *Geology of the polar regions of the Earth*]. *Geologiya polyarnykh oblastei Zemli: Materialy XLII tek-*

tonicheskogo soveshchaniya. Vol. 1. [S. I.], 2009, pp. 24—27. (In Russian).

15. Kaz'min Yu. B., Lobkovskii L. I., Kononov M. V. Geodinamicheskaya model' razvitiya Ameraziiskogo basseina Arktiki (k obosnovaniyu prinadlezhnosti khrebta Lomonosova, podnyatiya Mendeleeva i kotloviny Podvodnikov k Rossiiskoi materikovoï okraïne). [Geodynamic Model of the Amerasian Basin of the Arctic (to the justification of belonging of the Lomonosov Ridge, the Mendeleev Elevation and Podvodnikov Trench to the Russian continental margin)]. *Arktika: ekologiya i ekonomika*, 2014, no. 4 (16), pp. 14—27. (In Russian).

Information about authors

Schrader Alexander Anatolyevich, Ph. D. (Geology and Mineralogy), Leading Specialist, Scientific-research Institute of Economics and management in gas industry (20, Old Basmannaya St., Moscow, Russia, 105066), e-mail: aschr@ocean.ru.

Schrader Anatoly Aleksandrovich, Doctor of Sciences (Geology and Mineralogy), Chief Researcher, Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences (36, Nahimovskiy prosp., Moscow, Russia, 117997), e-mail: aschr@ocean.ru.

Brekhovskikh Andrey Leonidovich, Ph. D. (Physics and Mathematics), Researcher, Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences (36, Nahimovskiy prosp., Moscow, Russia, 117997), e-mail: abrekh@mail.ru.

Sazhneva Alexandra Eduardovna, Ph. D. (Technics), Senior Researcher, Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences (36, Nahimovskiy prosp., Moscow, Russia, 117997), e-mail: alexe@ocean.ru.

Klyuev Mikhail Sergeevich, Ph. D. (Physics and Mathematics), Senior Researcher, Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences (36, Nahimovskiy prosp., Moscow, Russia, 117997), e-mail: mklyuev@mail.ru.

Rakitin Igor Yakovlevich, Ph. D. (Technics), Principal Engineer, Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences (36, Nahimovskiy prosp., Moscow, Russia, 117997), e-mail: irakitin@mail.ru.

Evsenko Elena Ivanovna, Senior Engineer, Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences (36, Nahimovskiy prosp., Moscow, Russia, 117997).

Greenberg Oleg Vladimirovich, Principal Engineer, Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences (36, Nahimovskiy prosp., Moscow, Russia, 117997).

Bibliographic description

Schrader Al. A., Schrader A. A., Brekhovskikh A. L., Sazhneva A. E., Klyuev M. S., Rakitin I. Ya., Evsenko E. I., Greenberg O. V. Model of the Arlis Spur spall from the Lomonosov Ridge in the Arctic Ocean. *Arctic ecology and economics*, 2018, no. 4 (32), pp. 104—110. DOI: 10.25283/2223-4594-2018-4-104-110. (In Russian).

© Schrader Al. A., Schrader A. A., Brekhovskikh A. L., Sazhneva A. E., Klyuev M. S., Rakitin I. Ya., Evsenko E. I., Greenberg O. V., 2018