

# КИНЕМАТИКА ОКЕАНИЧЕСКОЙ КОРЫ КОТЛОВИНЫ АМУНДСЕНА (ЕВРАЗИЙСКИЙ БАССЕЙН) В КАЙНОЗОЕ

Шрейдер А. А., Бреховских А. Л., Сажнева А.Э., Ключев М.С.

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 117997, Москва, Нахимовский пр-т, 36,  
[aschr@ocean.ru](mailto:aschr@ocean.ru), [alexe@ocean.ru](mailto:alexe@ocean.ru)*

**Аннотация.** Рассмотрены особенности строения рельефа дна, параметров седиментации и поверхности акустического фундамента в котловине Амундсена. Их комплексная геолого-геофизическая характеристика позволяет количественно оценить параметры кинематики развития котловины в кайнозое.

**Ключевые слова:** Арктика, котловина Амундсена, кинематика и эволюция литосферы

## KINEMATICS OF THE OCEANIC CRUST OF THE AMUNDSEN BASIN (EURASIAN BASIN) IN THE CENOZOIC

A. A. Schreider, A. L. Brehovskih, A.E. Sazhneva, M.S. Klyuev

*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences  
[aschr@ocean.ru](mailto:aschr@ocean.ru), [alexe@ocean.ru](mailto:alexe@ocean.ru)*

**Abstract.** The features of the structure of the bottom topography, sedimentation parameters and the surface of the acoustic basement in the Amundsen Basin are considered. Their complex geological and geophysical characteristics make it possible to quantify the parameters of the kinematics of the development of the basin in the Cenozoic.

**Keywords:** Arctic, Amundsen Basin, kinematics and evolution of the lithosphere

### Введение.

Геолого-геофизические исследования дна Евразийского Арктического бассейна проводится мировым научным сообществом уже многие годы в контексте восстановления эволюции Северного ледовитого океана как части мировой хозяйственной системы нашей планеты. Накопленный объем батиметрических материалов свидетельствует о том, что рельеф дна Евразийского бассейна, разделенного срединно-арктическим хребтом Гаккеля на две вытянутые глубоководные котловины, обладает значительным разнообразием [1, 3, 4, 7, 10, 12, 13, 15, 16, 17, 20, 21 и др.]. Для морфоструктур котловины Амундсена (рис. 1), расположенной между хребтом Гаккеля с океанической корой и континентальным хребтом Ломоносова характерен большой размах глубин рельефа дна от сотен до тысяч метров.

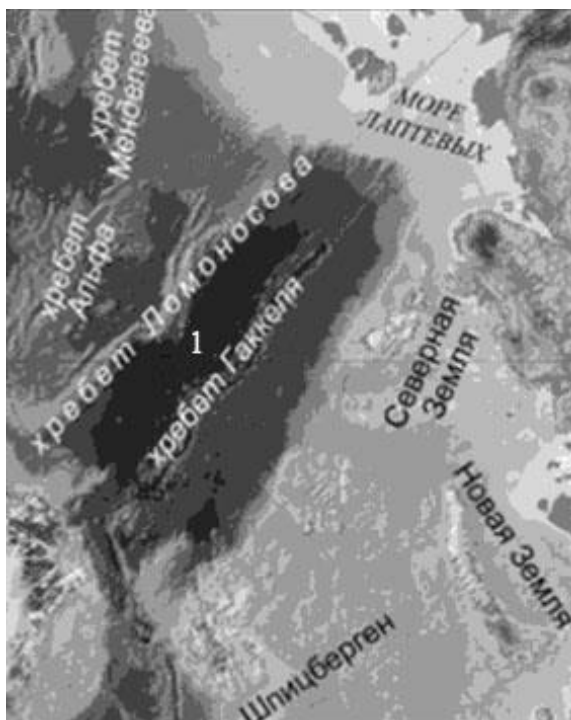


Рисунок. 1. Положение котловины Амундсена (1) в Евразийском бассейне Северного Ледовитого океана (по [9], модифицировано).

Значительные усилия прилагаются мировым научным сообществом для систематических аэромагнитных исследований линейных магнитных аномалий котловины Амундсена. Наиболее современная версия их распределения представлена на рис.2 [10]. Вместе с этим интенсивные, прежде всего судовые,

геолого-геофизические исследования позволили получить важные сведения не только о рельефе и геохронологии дна, но также о параметрах седиментации и акустического фундамента, поверхность которого отождествляется с верхней границей океанической литосферы, подстилающей осадочный слой. Сбор таких данных осуществляется, главным образом, трудоемкими и дорогими в проведении сейсмическими методами [2, 5, 9, 19, 24, 26, 31 и др.]. Географическое положение наиболее надежных, полученных с применением современных систем навигации, данных приведено на рисунке 2, который представляет собою по существу результат одной из первых попыток систематизации материалов исследований модификациями метода многоканального сейсмического профилирования в котловине Амундсена.

### Результаты исследований.

Сравнение наблюдаемых и теоретических магнитных аномалий в модели разрастания океанического дна позволило с использованием наиболее современной версии геохронологической шкалы из работы [22] идентифицировать в Евразийском бассейне хроны C1-C26n [7, 10 и др.]. В котловине Амундсена (рис.2) хроны соответствуют положению концов древнейших блоков положительной полярности в модели инверсионного магнитоактивного слоя в соответствии с общепринятым принципом выделения [8 и др.]. Согласно шкале линейных магнитных аномалий [22] возраст таких концов древнейших блоков составляет для палеоаномалии C2An.3n - 3.596 млн. лет, C5n.2n - 11.056 млн. лет, C6n - 19.722 млн. лет, C13n - 33.705 млн. лет, C18n.2n - 40.145 млн. лет, C20n - 43.432 млн. лет, C24n.3n - 53.983 млн. лет, C25n - 57.656 млн. лет, C26n - 59.237 млн. лет. На рис. 2 настоящей работы в целях упрощения обозначений вышеуказанные концы хронов были обозначены, соответственно, как 2a, 5, 6, 13, 18, 20, 24, 25, 26. Точками на карте показано местоположение мест сейсмических исследований, в которых определялись одновременно глубина дна, мощности осадков и глубина сейсмического фундамента по материалам работ, ссылки на которые указаны в тексте к рис. 2. На этом же рисунке современная ось спрединга срединно-Арктического хребта представлена пунктиром в соответствии с [9, 10].

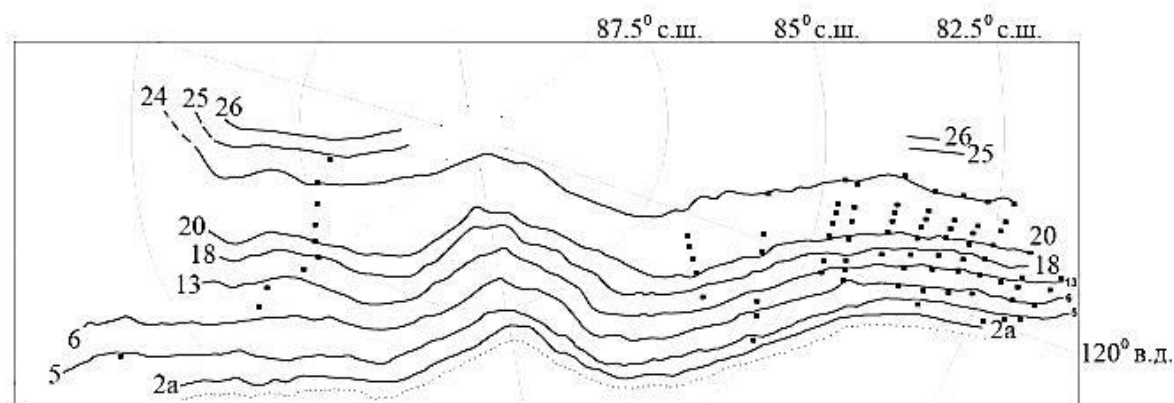


Рисунок 2. Хронология дна в котловине Амундсена по данным [10] и положение пунктов сейсмозондирования, в которых получены данные о глубине дна, мощности осадков и глубине акустического фундамента. (по данным работ [2, 5, 9, 14, 16, 18, 19, 24, 25, 26, 28, 29, 31]). Цифрами 2a, 5, 6, 13, 18, 20, 24, 25, 26 обозначены концы хронов палеомагнитных аномалий C2An.3n, C5n.2n, C6n, C13n, C18n.2n, C20n, C24n.3n, C25n, C26n соответственно.

Более 70% анализируемых в настоящей работе точек расположены на удалении свыше 200 км от современной оси спрединга в пределах океанической коры с глубиной дна свыше 3 километров (рис.3) и возрастом более 30 млн. лет (рис.4)

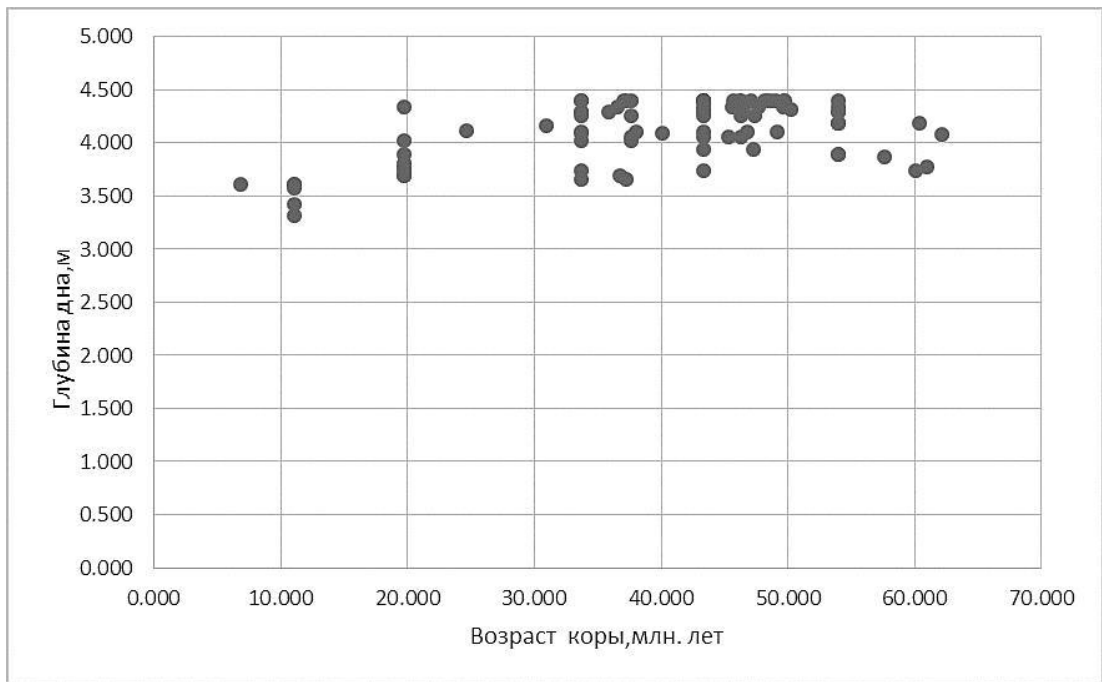


Рисунок 3. Глубина дна как функция возраста коры в котловине Амундсена по данным работ, ссылки на которые приведены на рис.2.

Рис. 3 и 4 свидетельствуют, что режим спрединга постепенно менялся в интервале 20- 30 млн лет назад. Такая ситуация может быть связана с перестройкой его режима, имевшего своим следствием резкую смену направления разрастания дна во взаимосвязи с изменением в характере заглужения поверхности консолидированного фундамента. Эти сведения несут независимую информацию об особенностях эволюции развития литосферы Евразийского бассейна и изменения в объемах поступающего материала новой океанической коры на осях спрединга, подкрепляя выводы работы [11]

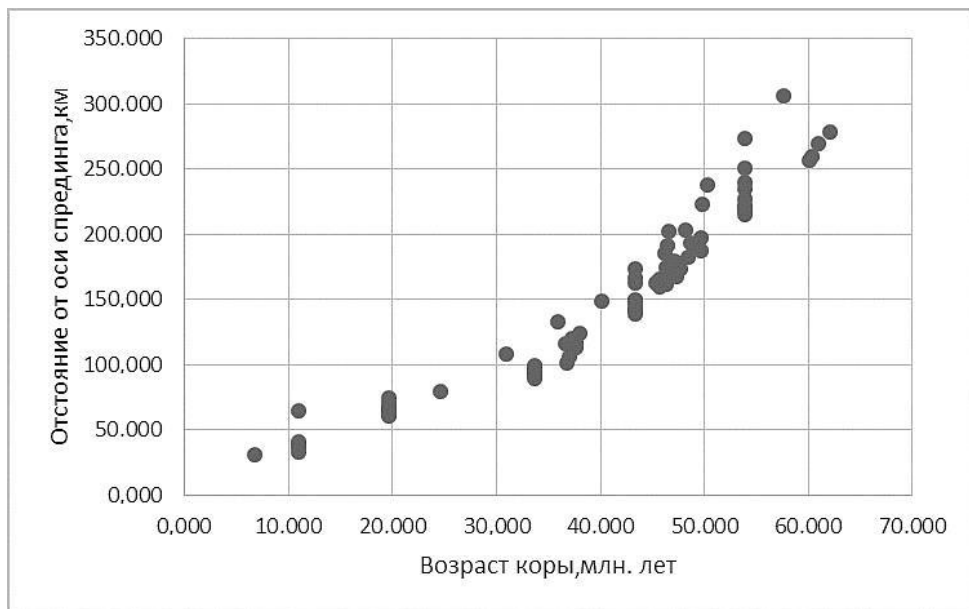


Рисунок 4. Отстояние пунктов сейсмических зондирований от современной оси спрединга как функция возраста коры в котловине Амундсена по сейсмическим результатам исследований, ссылки на которые приведены на рис.2.

Практика анализа результатов измерений свидетельствует, что к хорошим результатам можно отнести нахождение аппроксимирующей функции с коэффициентом достоверности  $R^2 > 0.7$  (например, [9 и др.]). Среднеквадратическое отклонение значений точек от кривого графика аппроксимирующей функции с увеличением степени аппроксимирующего полинома в наибольшей степени меняется при переходе от линейной аппроксимации к квадратичной. Переход к аппроксимирующим полиномам более высоких степеней лишь усложняет форму кривой, хотя не меняет характер распределения анализируемых точек в зависимости от возраста литосферы. В этой связи для демонстрации генерального поведения изменений мощности

осадочных пород и глубины поверхности акустического фундамента во времени в настоящей работе было отдано предпочтение графикам полиномов второй степени.

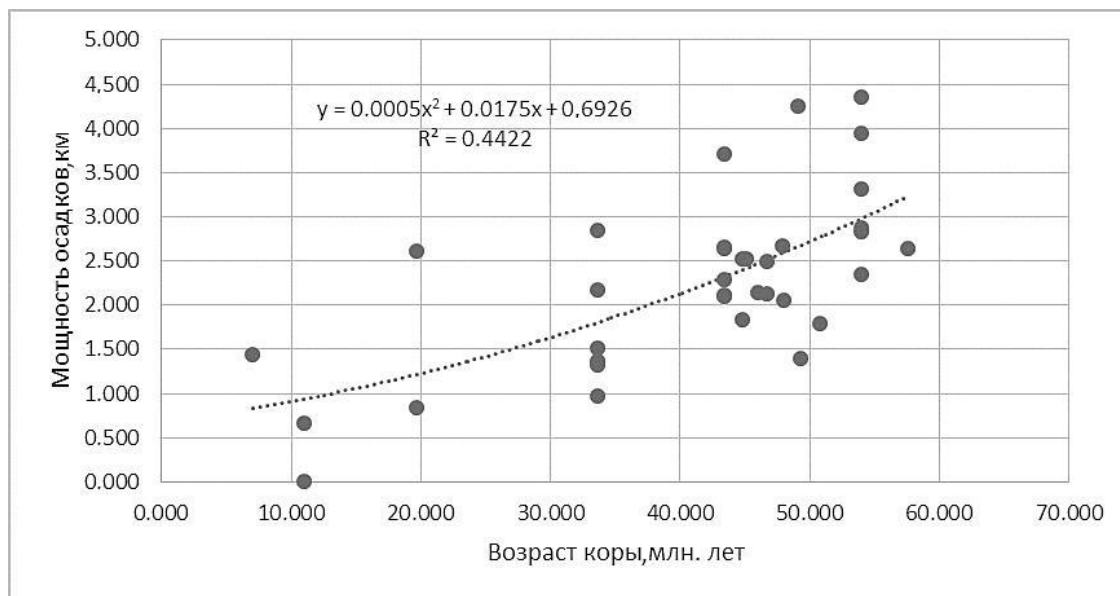
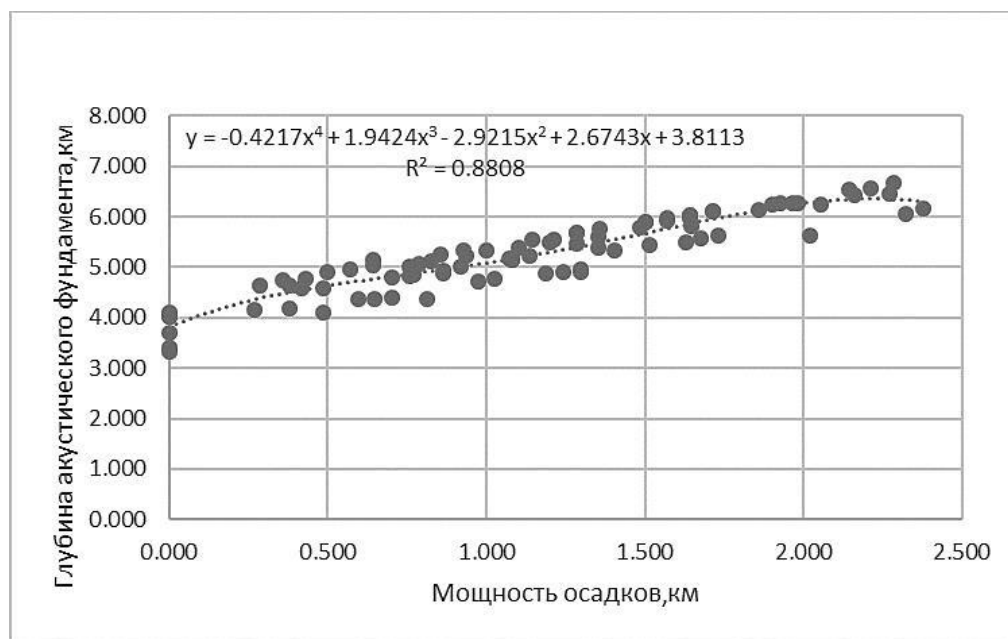


Рисунок 5. Вариации мощности осадков в точках сейсмических исследований в котловине Амундсена по данным работ, ссылки на которые приведены на рис.2.

В тоже время существенных вариаций в мощностях накапливающихся осадков в зависимости от возраста (рис.5) не отмечается, что, видимо, связано с определенным однообразием питающих провинций во взаимосвязи со скоростями поступления осадочного материала вдоль континентальной окраины Сибири и хребта Ломоносова.

Такие вариации несомненно связаны с неоднородностью распределения питающих провинций и скоростями поступления осадочного материала в них вдоль континентальной окраины Сибири. На это же указывает весьма низкий коэффициент достоверности  $R^2 = 0.44$  (рис.5).

На графиках распределения мощностей осадочных пород (рис.5) и глубины поверхности акустического фундамента океанической коры (рис.6) представлены полиномиальные аппроксимации с уравнениями и величинами достоверности аппроксимации  $R^2$ . Чем ближе значение  $R^2$  к 1, тем более точно выбранная функция аппроксимирует используемые данные измерений.



Рисунки 6. Глубина поверхности акустического фундамента в котловине Амундсена в точках сейсмических исследований, ссылки на которые приведены на рис.2.

Это обстоятельство подчеркивается степенью тесноты связи синхронности пригибания поверхности акустического фундамента и накапливающихся мощностей осадков.

При этом поверхность акустического фундамента (рис.6) в целом загибается от величин примерно 4 км при возрасте литосферы около 8 млн. лет до значений примерно 7 километров при возрасте более 50 млн. лет. Данный результат подтверждает общепланетарную закономерность загибания поверхности дна и океанической коры во времени [6, 30 и др.] и впервые конкретизирует их поведение для случая котловины Амундсена. Полученные результаты расчетов основываются на совместном изучении геохронологии дна, основанной на палеомагнитных аномалиях и комплексного геолого-геофизического изучения результатов сейсмических исследований. Они дополняют сведения о кинематике дна Евразийского бассейна, полученные в работе [10].

## Заключение

Проведено первое систематическое изучение опубликованных сейсмических данных, несущих в пункте сейсмического зондирования сведения одновременно о рельефе дна, мощности осадков и поверхности акустического фундамента в совокупности с современными сведениями о возрасте океанической коры в котловине Амундсена. Комплексная геолого-геофизическая характеристика позволяет уточнить, известные в литературе параметры кинематики развития котловины в кайнозое. Расчеты показывают, что мощности осадочных пород в пределах коры с возрастом более 35 млн. лет испытывают значительные вариации в пределах от значений в сотни метров до 3-5 километров. Это, несомненно, связано с неоднородностью распределения питающих провинций и скоростями поступления осадочного материала вдоль континентальной окраины Сибири. При этом поверхность акустического фундамента в целом загибается от величин примерно 4 км при возрасте литосферы около 8 млн. лет до значений примерно 7 километров при возрасте более 50 млн. лет. Данный результат подтверждает общую закономерность загибания поверхности дна и океанической коры во времени, известную в литературе и конкретизирует их для случая котловины Амундсена.

*Настоящая работа выполнена в рамках Государственного задания № FMWE-2021-0004.*

## Литература

1. Иванов В. А., Показеев К. В., Шрейдер А. А. Основы океанологии. СПб.: Лань, 2022, 576с.
2. Рекант П. В., Петров О. В., Кашубин С. Н и др. История формирования осадочного чехла глубоководной части арктического бассейна по данным сейсмических исследований МОВ-ОГТ // *Рег. Геол. и Металл.* 2015. № 64. С. 11-30.
3. Трухин В.И., Показеев К.В., Куницын В.Е., Шрейдер А.А. Основы экологической геофизики СПб.: Лань, 2004, 384с.
4. Хаин В.Е. Тектоника континентов и океанов. М.: Научный Мир. 2001, 606 с.
5. Черных А. А., Крылов А.А. История седиментогенеза в котловине Амундсена в свете геофизических данных и материалов бурения ACEX (IODP-302) // ВНИИОкеангеология. 2010. Т. 210. С. 56-66.
6. Шрейдер А.А. Геомагнитные исследования Индийского океана. М: Наука. 2001. 319с.
7. Шрейдер А.А. Линейные магнитные аномалии Северного Ледовитого океана // *Океанология.* 2004. Т.44. №5. С. 768 – 777.
8. Шрейдер А.А. О принципах проведения осей линейных палеомагнитных аномалий океана. Тезисы докладов У111 Всесоюзной школы морской геологии, т.2, М. Из-во ИОАН, 1988, с. 109.
9. Шрейдер А.А. Эволюция параметров океанической коры котловины Нансена евразийского бассейна в кайнозое // *Проц. Геос.* 2023. Т. 31. № 1. С.1297 - 1305
10. Шрейдер А. А., Бреховских А.Л., Сажнева А.Э., Клюев М.С., Галиндо-Зальдивар Х., Ракитин И.Я. Геохронология дна евразийского бассейна // *Проц. Геос.* 2021. Т. 29. № 3. С.1297 – 1305.
11. Шрейдер А. А., Бреховских А.Л., Сажнева А.Э., Клюев М.С., Галиндо-Зальдивар Х., Ракитин И.Я. Кинематика дна евразийского бассейна // *Проц. Геос.* 2022. Т. 30. № 1. С.1504 - 1511
12. Шрейдер Ал. А., Шрейдер А.А., Сажнева А.Э., Клюев М.С., Бреховских А.Л., Ракитин И.Я., Зувев О.А. Кинематика дна пригренландской области евразийского бассейна // *Океанология.* 2019 а. Т. 59. № 2. С. 282-291.
13. Шрейдер Ал. А., Шрейдер А.А., Сажнева А.Э., Клюев М.С., Бреховских А.Л. Кинематическая модель развития районов востока срединно-океанического хребта Гаккеля в евразийском бассейне Северного Ледовитого океана // *Океанология.* 2019 б. Т. 59. № 1. С. 143-152.
14. Berglar K., Franke D., Lutz R. et al. Initial opening of the Eurasian Basin, Arctic ocean // *Front. Earth Sci.* 2016. V. 4. A. 91, 14p.
15. Brozena J., Childers V., Lawver L. et al. New aerogeophysical study of the Eurasian Basin and Lomonosov Ridge implications for basin development // *Geology.* 2003. V. 31. P. 825 – 828.
16. Dossing A., Hansena T., Olesen A. Gravity inversion predicts the nature of the Amundsen basin and its continental borderlands near Greenland // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2014. V.408. P. 132 – 145.
17. Dossing A., Hopper J., Olesen A. New aero-gravity results from the Arctic: Linking the latest Cretaceous-early Cenozoic plate kinematics of the North Atlantic and Arctic Ocean // *Geochem. Geophys. Geosyst.* 2013. V. 14, 22p.

18. *Ehlers B., Jokat W.* Subsidence and crustal roughness of ultra-slow spreading ridges in the northern North Atlantic and the Arctic Ocean // *Geophys. J. Int.* 2009. V. 177. P. 451–462.
19. *Engen O., Gjengedal L., Faleide J. et al.* Seismic stratigraphy and sediment thickness of the Nansen Basin, Arctic Ocean // *Geoph. J. Int.* 2009 V. 176. P. 805–821.
20. *Gaina C., Medvedev S., Torsvik T. et al.* 4D Arctic: a glimpse into the structure and evolution of the Arctic in the light of new geophysical maps, plate tectonics and tomographic models // Oslo surv. geoph. open access. 2014. V.35. P. 1095–1122.
21. *Gaina C., Nikishin F., Petrov E.* Ultraslow spreading, ridge relocation and compressional events in the East Arctic region: A link to the Eureka orogeny? // *Arktos* 2015. A. 16, 11p.
22. *Gradstein F., Ogg J., Schmitz M., Ogg G.* The Geologic Timescale 2012 // Elsevier. 2012. 1139 p.
23. *Jakobsson M., Mayer L., Coakley B., et al.* The International Bathymetric Chart of the Arctic ocean (IBCAO) ver. 3.0 // *Geoph. Res. Lett.* 2012. V. 39. 6p
24. *Jokat W., Lehmann P., Damaske D., Nelson J.* Magnetic signature of North-East Greenland, the Morris Jesup Rise, the Yermak Plateau, the central Fram Strait: Constraints for the rift/drift history between Greenland and Svalbard since the Eocene // *Tectonophysics*. 2016. V. 691. P. 98–109.
25. *Langinen A., Lebedeva-Ivanova N., Gee D., Zamansky Yu.* Correlations between the Lomonosov Ridge, Marvin Spur and adjacent basins of the Arctic Ocean based on seismic data // *Tectonophysics*. 2009. V. 472. P. 309–322
26. *Lutz R., Franke D., Berglar K. et al.* Evidence for mantle exhumation since the early evolution of the slow spreading Gakkel Ridge, Arctic Ocean // *J. Geodyn.* 2018. V. 118. P. 154–165
27. *Nikishin A., Gaina C., Petrov E. et al.* Eurasia Basin and Gakkel Ridge, Arctic Ocean: Crustal asymmetry, ultraslow spreading and continental rifting revealed by new seismic data // *Tectonophysics*. 2018 V. 746. P. 64–82.
28. *Nikishin A., Petrov E., Malyshev N., Ershova V.* Rift systems of the Russian eastern Arctic shelf and Arctic deep water basins: link between geological history and geodynamics // *Geodyn. and Tecton.* 2017. V. 8. P. 11–43.
29. *Pease V., Drachev S., Stephenson R., Zhang X.* Arctic lithosphere — A review // *Tectonophysics* 2014. V. 628. P. 1–25.
30. *Sclater J., Abbot D., Thiede J.* Paleobathymetry and sediments of the Indian ocean. In: *Indian ocean geology and biostratigraphy.* // A.G.U. Meeting, 1977, p. 25-59.
31. *Weigelt E., Jokat W.* Peculiarities of roughness and thickness of oceanic crust in the Eurasian basin, Arctic ocean // *Geophys. Journ. Int.* 2001. V.145. P. 505-516.