

УДК 551.465

## СТРОЕНИЕ ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ ОСАДКОВ ВО ВПАДИНЕ СКАН (МОРЕ СКОТИЯ)

© 2018 г. Ал. А. Шрейдер<sup>1</sup>, А. А. Шрейдер<sup>2</sup>, А. Э. Сажнева<sup>2</sup>, Х. Галиндо-Зальдивар<sup>3</sup>,  
П. Руано<sup>3</sup>, А. Мальдонадо<sup>4</sup>, Я. Мартос-Мартин<sup>4</sup>, Ф. Лобо<sup>4</sup>

<sup>1</sup> *Общество с ограниченной ответственностью “Научно-исследовательский институт экономики и организации управления в газовой промышленности”, Москва, Россия*

<sup>2</sup> *Институт океанологии им. П. П. Шириова РАН, Москва, Россия*

<sup>3</sup> *Гранадский университет, Гранада, Испания*

<sup>4</sup> *Андалузский Институт наук о Земле, Гранада, Испания*

*e-mail: alexe@ocean.ru*

*e-mail: aschr@ocean.ru*

Поступила в редакцию 17.08. 2015 г., после доработки 11.02.2016 г.

Структура осадков моря Скотия является основой для восстановления геологической истории развития его дна в позднечетвертичное время. Одним из важнейших элементов дна юга моря Скотия является впадина Скан. Формирование впадины Скан играло существенную роль в фрагментировании континентального массива, объединявшего банки Брюса и Дискавери. К настоящему времени удалось восстановить основные параметры осадочной толщи впадины Скан, но самая верхняя часть разреза не изучена. Первому представлению таких данных, полученных НИС “Гесперида” в 2012 г. с помощью высокоразрешающего сейсмопрофилографа TOPAS PS18/40, посвящена настоящая работа. На основе их анализа во впадине Скан впервые выделено три слоя приповерхностных осадков. Сделана оценка среднего времени отложения слоев позднечетвертичного возраста: для первого от поверхности дна – 115 тыс. лет, второго – 76 тыс. лет, третьего – 59 тыс. лет. При этом общее время накопления осадочного материала всех трех слоев составляет 250 тыс. лет.

DOI: 10.7868/S0030157418010136

### ВВЕДЕНИЕ

В последние годы значительное внимание уделяется изучению структуры осадков моря Скотия, которая является весьма важной для восстановления геологической истории формирования его дна в контексте разрушения американо-антарктического континентального моста. Одним из важных геоморфологических элементов юга моря Скотия является впадина Скан, различного рода геологическим особенностям которой на равне со смежными акваториями посвящен ряд работ последнего десятилетия [1, 3, 9–12, 14–18 и др.].

Формирование впадины Скан играло главную роль в фрагментировании континентального массива, объединявшего банки Брюса и Дискавери [12]. Развитие ее дна изучается, главным образом, геофизическими методами, среди которых ведущее место принадлежит акустическим методам исследования [12, 14, 15]. С их помощью удалось восстановить основные параметры осадочной толщи, включая морфологию акустического фундамента. Вместе с тем, самая верхняя часть осадочного разреза, связанная с новейшим этапом развития дна котловины Скан в позднечетвертичное время, не

изучена. Первому представлению таких данных в северной части впадины Скан посвящена настоящая работа.

### АППАРАТУРА ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучение приповерхностных осадков осадочных бассейнов важно для восстановления новейшего этапа их геологической истории. Ряд методических вопросов такого исследования был изложен в работах [4, 5]. Исследование структуры осадков во впадине Скан на испанском исследовательском судне “Гесперида” проводится, главным образом, с помощью сейсмических методов исследования, инкорпорированных в стандартную инфраструктуру, используемую на судне для геофизических наблюдений. В последние годы значительное внимание стало уделяться высокоразрешающим акустическим системам. Среди аппаратуры данного класса к числу наиболее современных образцов относится система TOPAS PS18/40, разработанная фирмой Kongsberg (Норвегия). Ее применение позволило изучить строение приповерхностных осадков в северной части впадины Скан и впервые по исследуемому профилю (рис. 1) выявить их тонкую структуру (рис. 2). В качестве важного дополнительного

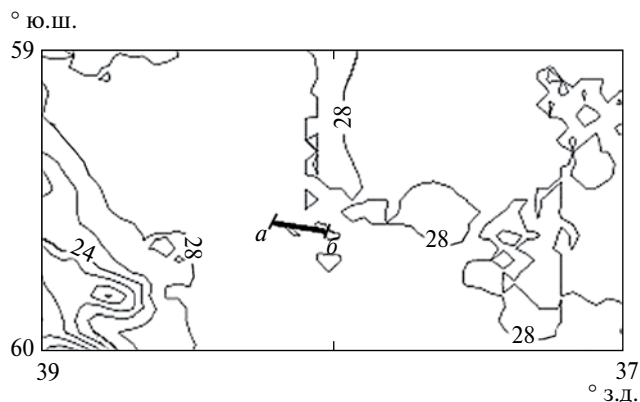


Рис. 1. Профиль исследований *a–b* во впадине Скан. Изобаты в сотнях метров.

источника информации о рельефе дна на судне используется многолучевой эхолот SIMRAD EM 120, который характеризуется полосой охвата  $60^\circ$  в сторону от линии движения судна. Полученные в результате исследований с помощью системы TOPAS PS18/40 данные находятся на этапе накопления и используются для формирующегося на базе Андалузского Института наук о Земле (Гранада, Испания) банка такого рода информации. Поступающие данные сопровождаются соответствующими сведениями о гринвичском времени производства наблюдений и географическими координатами, определяемыми в системе GPS.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Впадина Скан представляет собой небольшой бассейн треугольной формы с океанической корой [14], расположенный на юге моря Скотия

к северо-востоку от банки Брюс. Впадина имеет длину около 250 км и ширину от 40 км на юге до 150 км на севере. Формирование впадины Скан играло главную роль в фрагментировании континентального массива, объединявшего банки Брюса и Дискавери [12, 14]. Четвертичная история формирования впадины изучается, главным образом, геофизическими методами [12, 14, 15, 17, 18 и др.]. С их помощью удалось восстановить основные параметры осадочной толщи, включая морфологию акустического фундамента.

Детальный анализ материалов, полученных вдоль профиля (рис. 1) во впадине Скан с помощью геоакустической системы TOPAS PS18/40, позволил непосредственно ниже дна впервые выделить три приповерхностных слоя осадков (рис. 2). Поверхность дна вдоль профиля наблюдений лежит на глубинах 2908–3000 м. Суммарная толщина выделенных вдоль профиля трех слоев осадков составляет около 7.7 мс двойного времени пробега, что существенно дополняет известные [15] представления о структуре осадочного слоя. Средняя мощность первого слоя составила 3.2 мс, второго – 2.1 мс, третьего – 1.6 мс. Слои имеют относительно выдержанную толщину и хорошо визуализируются вдоль профиля. Отметим, что в правой части разреза (рис. 2) фиксируется нарушение, возможно, имеющее тектоническую природу.

Во впадине Скан отсутствуют данные о сейсмических скоростях распространения упругих волн в приповерхностных слоях осадков. Поэтому для перехода из временной системы в метрическую были изучены опубликованные материалы в соседних районах. В работе [17] приведены скорости сейсмических волн в осадках в море Уэдделла. Наиболее поверхностные

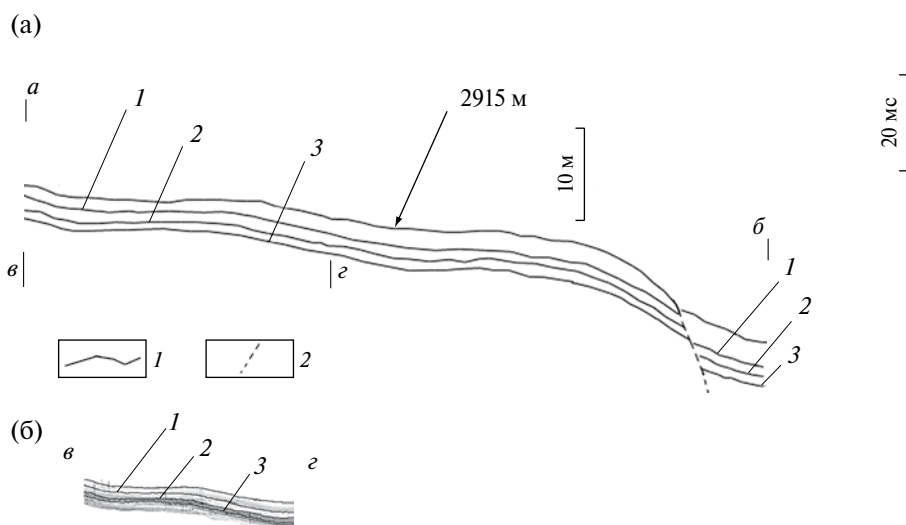


Рис. 2. Сейсмоакустические слои во впадине Скан вдоль профиля *a–b* (а) и фрагмент отфильтрованной первичной записи на участке *б–г* (б). 1 – подошвы выделенных слоев 1, 2 и 3; 2 – обнаруженное нарушение слоистости осадков. Концы отрезка *б–г* на (а) и (б) совпадают.

осадки характеризуются скоростью продольных сейсмических волн 2 км/с, что близко к скоростным характеристикам и в других околоантарктических районах (например, [7]). С точки зрения принятой скорости сейсмических волн по исследуемому разрезу получаем, что мощность первого слоя составляет около 4 м, мощность второго слоя близка к 2.5 м, а третьего — 2 м. Соответственно подошва первого слоя лежит на глубинах 4 м ниже поверхности дна, второго — 6.5 м ниже поверхности дна, третьего — 8.5 м ниже поверхности дна. Все три выделенных слоя входят в толщу седиментационного слоя 1, выделяемого в работе [15]. Его подошва соответствует разделу между позднеплиоценовым и раннеплиоценовым временем, оцениваемым в работе [15] в 3.8 млн лет. В то же время согласно наиболее современной версии геохронологической шкалы [11], развивающей работу [6], возраст этого раздела составляет 3.6 млн лет. Если в соответствии с работой [15] принять, что осадконакопление в пределах слоя 1 происходило со средней скоростью 2.78 см/тыс. лет, то, с учетом указанной выше корректировки возраста границы между позднеплиоценовым и раннеплиоценовым временем, среднее время отложения первого слоя вдоль анализируемого профиля можно оценить в 115 тыс. лет, второго — в 76 тыс. лет, третьего — в 59 тыс. лет. Тем самым, возраст подошвы второго слоя составляет 191 тыс. лет, а возраст подошвы третьего слоя составляет 250 тыс. лет. По акустическим характеристикам, и учитывая данные [1–3, 8, 15, 17, 19, 21–23], нельзя исключить вероятности, что осадки могут быть представлены хемипелагическими терригенными алевритово-пелитовыми илами с прослоями турбидитов, а также продуктами ледового разноса.

Полученная в результате исследований с помощью системы TOPAS PS18/40 информация является первой и используется для формируемого на базе Андалузского Института наук о Земле (Гранада, Испания) банка такого рода данных для моря Скотия, структура и объем которого находятся в процессе становления и развития. Вместе с тем, анализ возрастов границ, разъединяющих выделенные осадочные слои, показывает, что граница с возрастом 191 тыс. лет совпадает по времени с разделом между [13, 20] теплым (стадия 7) и холодным (стадия 6) временем. Граница с возрастом 250 тыс. лет близка по времени к разделу между теплым (стадия 7) и холодным (стадия 8) временем, датируемому как 243 тыс. лет [13, 20]. В то же время некоторые известные в [13, 20] чередования теплого и холодного времени в интервале 0–250 тыс. лет не нашли своего отражения в слоистости, выделяемой на анализируемом профиле TOPAS PS18/40. Нельзя исключить, что отсутствие отдельных слоев явилось следствием недостаточно резких температурных контрастов теплых и холодных времен, что отразилось в отсутствии четкой слоистости, выделяемой акустическими методами в соответствующих отложениях.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований на НИС “Гесперидас” впервые выявлена тонкая структура приповерхностных осадков в котловине Скан. С помощью высокоразрешающего сейсмопрофилографа TOPAS PS18/40 на профиле наблюдений удалось выделить три слоя. Средняя мощность первого отражающего горизонта составила 3.2 мс, второго — 2.1 мс, третьего — 1.6 мс. Слои имеют относительно выдержанную толщину и четко трассируются вдоль профиля. Среднее время отложения первого слоя оценивается в 115 тыс. лет, второго — в 76 тыс. лет, третьего — в 59 тыс. лет, а общее время накопления осадочного материала всех трех слоев составляет 250 тыс. лет. Некоторые границы, разъединяющие выделенные осадочные слои, по времени близки к разделам между известными в литературе стадиями холодного и теплого времен.

Полученная в результате исследований с помощью системы TOPAS PS18/40 информация является первой и используется для формируемого на базе Андалузского Института наук о Земле (Гранада, Испания) банка такого рода данных для моря Скотия, структура и объем которого находятся в процессе становления и развития.

Методические аспекты настоящего исследования прорабатывались в рамках Государственного задания проект № 0149–2018–0004, а результативная часть работы выполнена при поддержке РФФИ (проект № 18–05–00049 и № 17–05–00075).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дмитренко О.Б., Лукашина Н.П., Оськина Н.С.* Верхнечетвертичная биостратиграфия и условия образования донных осадков колонки АСВ-17-1447 Юго-Западной Атлантики по микрофоссилиям // *Океанология*. 2012. Т. 52. № 2. С. 270–281.
2. *Левитан М.А., Рощина И.А., Толмачева А.В.* Геохимические особенности отложений континентального склона моря Уэдделла и их палеоокеанологическая интерпретация // *Литология и полезные ископаемые*. 2008. № 2. С. 128–142.
3. *Левитан М.А., Штайн Р.* История скоростей осадконакопления в ледовой зоне седиментации за последние 130 тыс. лет // *Литология и полезные ископаемые*. 2008. № 1. С. 74–86.
4. *Сажнева А.Э.* Технологии выявления скрытой информации изображений (на основе гидролокационных исследований). М.: Научный мир, 2013. 86 с.
5. *Сажнева А.Э.* Использование структурных особенностей донного рельефа при выявлении опасных для инженерных сооружений участков морского дна // *Геориск*. 2015. № 2. С. 38–40.

6. Шрейдер А. А. Магнетизм океанической коры и линейные палеомагнитные аномалии // Физика Земли. 1992. № 6. С. 59–70.
7. Шрейдер Ал.А., Шрейдер А.А., Галиндо-Зальдивар Х., и др. Структура коры пролива Брансфилд // Океанология. 2015. Т. 55. № 1. С. 126–138.
8. Diekmann B., Futterer D.K., Grobe H. et al. Terrigenous Sediment Supply in the Polar to Temperate South Atlantic: Land-Ocean Links of Environmental Changes during the Late Quaternary // The South Atlantic in the Late Quaternary: Reconstruction of Material Budget and current systems. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2004. P. 375–399.
9. Galindo-Zaldivar J., Martos Y., Schreider A. et al. Variability of oceanic spreading in Scan basin from magnetic anomalies standpoint (Southwestern Scotia Sea, Antarctica) // XII ISAES Symp. Proc. Goa. 2015. P. 272.
10. Galindo-Zaldivar J., Puga E., Bohoyo F. et al. Magmatism, structure and age of Dove Basin (Antarctica): A key to understanding South Scotia Arc development // Glob. Planet. Change. 2014. V. 122. P. 50–69.
11. Gradstein F., Ogg J., Schmitz M., Ogg G. The Geologic Timescale 2012. Elsevier, 2012. 1139 p.
12. Hernandez-Molina F.J., Bohoyo F., Naveira Garabato A. et al. The Scan Basin evolution: Oceanographic consequences of the deep connection between the Weddell and Scotia Seas (Antarctica) // U.S. Geological Survey and The National Academies. 2007. P1047-1-P1047-5.
13. Lisiecki L.E., Raymo M.E. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic D18O records // Paleoclimatology. 2005. V. 20. PA1003. P. 1–17.
14. Lobo F., Hernández-Molina F.J., Bohoyo F. et al. Furrows in the southern Scan Basin, Antarctica: interplay between tectonic and oceanographic influences // Geo-Mar Lett. 2011. V. 31. P. 451–464.
15. Maldonado A., Barnolas A., Bohoyo F. et al. Contourite deposits in the central Scotia Sea: the importance of the Antarctic Circumpolar Current and the Weddell Gyre flows // Palaeogeography, Palaeoecology. 2003. V. 198. P. 187–221.
16. Maldonado A., Barnolas A., Bohoyo F. et al. Miocene to Recent contourite drifts development in northern Weddell Sea (Antarctica) // Glob. Planet. Change. 2005. V. 45. P. 99–129.
17. Maldonado A., Bohoyo F., Galindo-Zaldivar J. et al. Ocean basins near the Scotia-Antarctic plate boundary: Influence of tectonics and paleoceanography on Cenozoic deposits // Mar. Geoph. Res. 2006. V. 27. P. 83–107.
18. Maldonado A., Bohoyo F., Galindo-Zaldivar J. et al. A model of oceanic development by ridge jumping: Opening of the Scotia sea // Glob. Planet. Change. 2014. V. 122. P. 152–173.
19. Pistolato M., Quaiá T., Marinoni L. et al. Grain Size, Mineralogy and Geochemistry in Late Quaternary Sediments from the Western Ross Sea outer Slope as Proxies for Climate Changes // Antarctica: Contributions to global earth sciences. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2006. P. 423–432.
20. www.lorraine-lisiecki.com/LR04\_MISboundaries.txt. 2016.
21. Weber M. Late Quaternary sedimentation at the continental margin of the southeastern Weddell Sea // Ber.Polarforsch. 1992. № 109. 165 p.
22. Weber M.E., Bonani G., Fütterer K.D. Sedimentation processes within channel-ridge systems, southeastern Weddell Sea, Antarctica // Paleoclimatology. 1994. V. 9. № 6. P. 1027–1048.
23. Weber M.E., Kuhn G., Spreng D. et al. Dust transport from Patagonia to Antarctica – A new stratigraphic approach from the Scotia Sea and its implications for the last glacial cycle // Quaternary Science Reviews. 2012. V. 36. P. 177–188.

## Structure of the Nearsurface Sediments in the Scan Basin (Scotia Sea)

Al. A. Schreider, A. A. Schreider, A. E. Sazhneva, J. Galind-Zaldivar, P. Ruano, A. Maldonado, Y. Martos-Martin, F. Lobo

The structure of the precipitation of the Scotia Sea is important to the recovery of the geological history of the latest stage of development of its bottom in the Late Quaternary. One of the main elements of geomorphological bottom south of the Scotia Sea is a basin Scan. Formation Scan depression played a significant role in fragmenting the continental-tal array comprising banks Bruce and Discovery. It is established the basic parameters of the sedimentary sequence Scan depression, but the uppermost part of the section is not reflected in the literature due to lack of data. The first presentation of the data of the present work. Based on analysis of data from the r./v. “Gesperidas” in 2012 with the help of high-resolution seismoprofiler TOPAS PS18/40, for the first time in the cavity scan revealed three layers of surface sediments. The estimation of the average time deposits layers of latequaternary age: the first from the surface of the bottom – 115 thousand. years, the second – 76 thousand. years, a third – 59 thousand. years. At the same time, the total accumulation of sedimentary material all three layers is of 250 thousand. years.