

*РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ОКЕАНОЛОГИИ ИМ. П.П. ШИРШОВА РАН*

**ГЕОЛОГИЯ
МОРЕЙ И ОКЕАНОВ**

**Материалы XXV Международной научной конференции
(Школы) по морской геологии**

Москва, 13–17 ноября 2023 г.

Том III

**GEOLOGY
OF SEAS AND OCEANS**

**Proceedings of XXV International Conference on Marine
Geology**

Moscow, November 13–17, 2023

Volume III

Москва / Moscow
ИО РАН / IO RAS
2023

ББК 26.221
Г35
УДК 551.35

Геология морей и океанов: Материалы XXV Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Т. III. – М.: ИО РАН, 2023. – 228 с.

В настоящем издании представлены доклады морских геологов, геофизиков, геохимиков и других специалистов на XXV Международной научной конференции (Школе) по морской геологии, опубликованные в четырех томах.

В томе III рассмотрены проблемы геоэкологии, загрязнения Мирового океана, а также проблемы, связанные с геофизикой и геоморфологией дна морей и океанов, тектоникой литосферных плит.

Доклады опубликованы в авторской редакции.
Ответственный редактор к.г.-м.н. Н.В. Политова

Рецензенты
академик Л.И. Лобковский, д.г.-м.н. В.В. Гордеев, к.г.-м.н. Б.В.
Баранов

Geology of seas and oceans: Proceedings of XXV International Conference on Marine Geology. Vol. III. – Moscow: IO RAS, 2023. – 228 pp.

The reports of marine geologists, geophysicists, geochemists and other specialists of marine science at XXV International Conference on Marine Geology in Moscow are published in four volumes.

Volume III includes reports devoted to the problems of geoecology, pollution of the World Ocean and also of sea floor geophysics and geomorphology, lithosphere plate tectonics.

**Соколов С.Ю., Добролюбова К.О., Турко Н.Н., Мороз Е.А.,
Абрамова А.С.**

(Геологический институт РАН, г. Москва, e-mail: syokolov@yandex.ru)

Геодинамический генезис морфологии дна Мадагаскарской котловины

**Sokolov S.Yu., Dobroliubova K.O., Turko N.N., Moroz E.A.,
Abramova A.S.**

(Geological institute RAS, Moscow)

Geodynamic Genesis of Seabed Morphology in Madagascar Basin

Ключевые слова: морфология рельефа дна, аномалии Буге, возраст фундамента, сейсмотомографический разрез

Ортогональное вклинивание рифта ЮЗИХ в СОХ сформировало на поверхности грядовый спрединговый рельеф с ориентацией, отличающейся от более древнего на 90°. Смена морфологии сопоставляется с возрастом разрыва фланга СОХ и с замедлением скорости спрединга. Отсутствие глубинного восходящего потока под ЮЗИХ и наличие «холодного» разрыва в мантийных «горячих» линзах указывает на действие тангенциальных сил, не связанных с общемантийной конвекцией. Аномалии Буге вдоль профиля отражают глубинные плотностные неоднородности, которые для внутриплитных вулканических построек имеют гораздо больший эффект верхнемантийного разуплотнения, чем для активной межплитной границы ЮЗИХ.

Рельеф дна Мадагаскарской котловины был исследован в 29-м рейсе НИС «Академик Николай Страхов» (АНС) (ГИН РАН, 2012). От северо-западного фланга Юго-Западного Индийского хребта (ЮЗИХ) до входа в 200-мильную экономическую зону о-ва Маврикий был закартирован рельеф дна на полигоне длиной ~600 км и шириной ~60 км (рис. 1). Съемка проводилась при помощи многолучевого эхолота SeaBat 7150 (RESON AS, Дания) с шириной полосы озвучивания на абиссальных глубинах ~10 км с детальностью 1:100000. Исследованный участок дна практически не содержит осадочного чехла. Полученная цифровая модель рельефа (ЦМР) на сетке 100 м отражает структуру фундамента, которая в пределах полигона показывает изменчивую морфологию дна. На ЦМР четко видна смена ориентации и параметров типичного грядового рельефа кровли базальтового океанического слоя, формирующегося при аккреции коры в зоне спрединга вдоль срединно-океанических хребтов (СОХ) (рис. 2).

Структура ЮЗИХ на востоке стыкуется с системой СОХ в области тройного сочленения Родригес (рис. 1). Распределение значений возраста фундамента, построенное по данным [1], показывает в котловине смену ориентации изохрон на ~90°. Это указывает на то, что ~40 млн. лет назад

произошел разрыв практически симметричного фундамента СОХ спрединговой природы с вклиниванием рифтовой структуры ЮЗИХ перпендикулярно СОХ около тройного сочленения Родригес. Западный фланг СОХ приобрел новую рифтовую структуру и направление аккреции коры, при котором образовалась наблюдаемая конфигурация аномального магнитного поля с взаимно перпендикулярной ориентацией аномалий. Полигон 29-го рейса АНС пересекает зону смены ориентации (рис. 1).

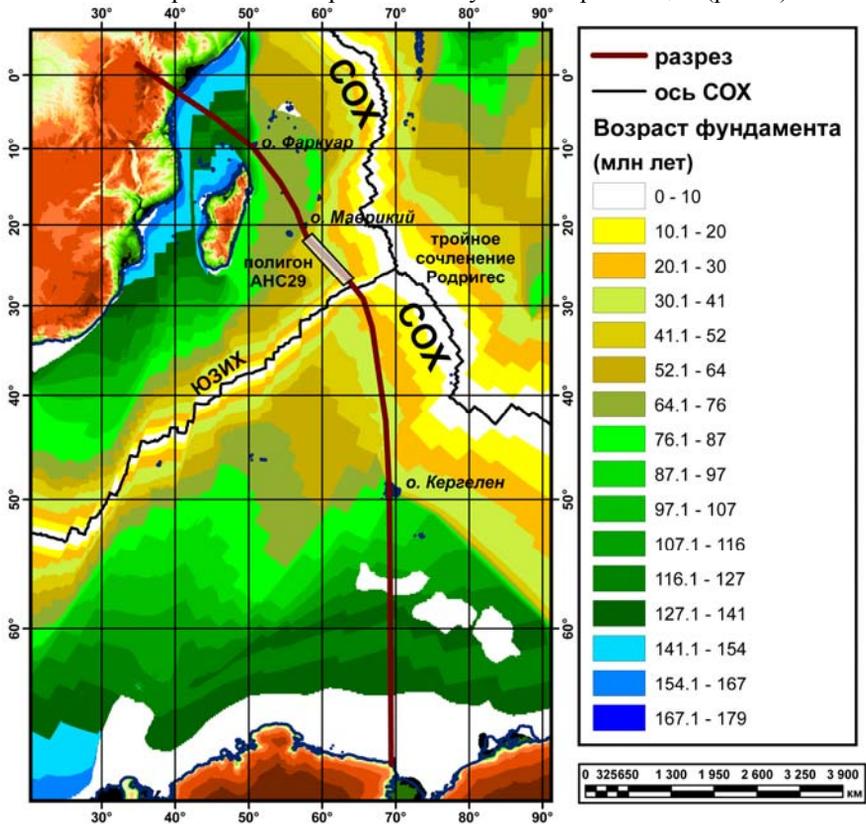


Рисунок 1. Положение сейсмотомографического разреза (рис. 2) и возраст фундамента по данным [1]. Серым прямоугольником показано положение полигона 29-го рейса НИС «Академик Николай Страхов» (ГИН РАН, 2012)

В пределах полигона четко выделяется область смены ориентации грядового рельефа с параллельной оси СОХ к северу от разрыва возрастных значений (рис. 2) на параллельную ЮЗИХ к югу от нее [8]. Кроме того, область ЮЗИХ представлена ультрамедленными значениями скоростей спрединга, и рельеф в ее пределах имеет более амплитудный разброс

значений с возвышенностями, наложенными на грядовые структуры.

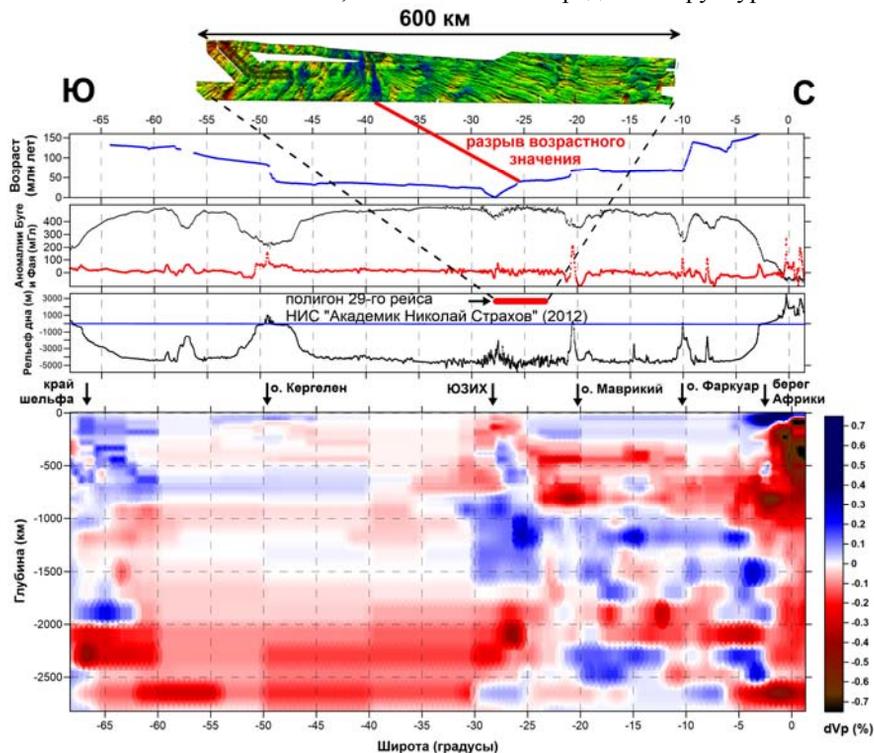


Рисунок 2. Рельеф полигона 29-го рейса НИС «Академик Николай Страхов» (ГИН РАН, 2012) с указанием его положения в пределах разреза, профиль возраста фундамента [1], аномалии Буге [7] и Фая [2], рельеф дна [3], сейстотомографический разрез объемной модели UU-P07 [4–6]. Положения разреза и полигона показаны на рис. 1.

Возрастные значения (рис. 2) вдоль субмеридионального профиля имеют отрезки с практически постоянными значениями и только в клиновидной области ЮЗИХ, примыкающей к тройному сочленению, можно видеть V-образное изменение возрастов по обе стороны хребта. Аномалии Буге, рассчитанные по данным рельефа дна [3] и аномалий Фая [2] (рис. 2), имеют практически постоянные значения в пределах разновозрастных участков котловин, но показывают глубокие минимумы с перепадом до 290 мГал в районах с зонами разуплотнения в верхней мантии. К таковым относятся: собственно ЮЗИХ с перепадом 80 мГал, о. Кергелен с перепадом 290 мГал, о. Маврикий с перепадом 150 мГал, о. Фаркуар с перепадом 250 мГал. Минимумы аномалий Буге также показаны на выходах профиля в континентальные окраины Антарктиды и Африки. Аномалии Буге около

внутриплитных вулканических образований в разрезе сейсмотомографии по данным модели UU-P07 [4–6] не имеют в мантии вертикальных подводящих аномалий типа «плюм». Но в интервале глубин от 100 до 500 км к югу от ЮЗИХ и от 300 до 900 км к северу от него устанавливаются «горячие» линзы с признаками горизонтальной расслоенности. Наличие таких линз на указанных глубинах обнаруживается в основном в Индийском океане. Вертикальные подводящие каналы к вулканическим постройкам в котловинах, скорее всего, имеют ширину меньше разрешающей способности томографии в данной модели (~50 км).

Непосредственно под ЮЗИХ на глубинах до 1500 км восходящий «горячий» мантийный поток отсутствует, а горизонтальные «горячие» линзы имеют под ЮЗИХ разрыв непрерывности (рис. 2), что указывает на отсутствие связи этой рифтовой структуры с мантийными аномалиями типа «плюм». «Горячая» аномалия вдоль оси ЮЗИХ наблюдается только до глубин ~200 км, как и в большинстве хребтов с медленными и ультрамедленными скоростями спрединга. В связи с формированием ЮЗИХ это указывает на наличие тангенциального воздействия на кинематику плит и подлитосферные течения со стороны факторов, не связанных с общемантийной конвекцией непосредственно в данной рифтовой структуре. ЮЗИХ мог возникнуть как зона локального растяжения при адаптации к неоднородной кинематике Африканской, Индо-Австралийской и Антарктической плит. Кроме того, существует возможность отдельного конвективного яруса в верхней мантии от поверхности до глубин 1000 км. При формировании разрыва в восточной части ЮЗИХ начался процесс аккреции коры с морфологией поверхности базальтового фундамента, отличной от морфологии более скоростного западного фланга СОХ.

Таким образом, сопоставление глубинных характеристик мантии с данными по рельефу базальтовой коры и поверхностными геофизическими характеристиками показывают следующее.

1. Ортогональное вклинивание рифта ЮЗИХ в СОХ сформировало на поверхности грядовый спрединговый рельеф с ориентацией, отличающейся от более древнего (старше ~40 млн. лет) на 90°, и более высокими амплитудами форм рельефа с отдельными возвышенностями, наложенными на гряды. Смена морфологии сопоставляется с возрастом разрыва западного фланга СОХ и показывает связь амплитуд рельефа с замедлением скорости спрединга.

2. Отсутствие глубинного восходящего потока под ЮЗИХ и наличие «холодного» разрыва в мантийных «горячих» линзах указывает на действие тангенциальных сил, не связанных с общемантийной конвекцией, но возможно связано с конвекцией в верхнемантийном ярусе до 1000 км. Сочленение восточной части ЮЗИХ с СОХ ~40 млн. лет назад образовало новую ортогональную рифтовую структуру с более медленными скоростями, которая является адаптацией к неоднородной кинематике

прилегающих литосферных плит.

3. Аномалии Буге вдоль профиля в полной мере отражают глубинные плотностные неоднородности, которые для внутриплитных вулканических построек имеют гораздо больший эффект верхнемантийного разуплотнения, чем для активной межплитной границы ЮЗИХ.

Авторы признательны экипажу НИС «Академик Николай Страхов» за самоотверженную работу. Работа выполнена при финансовой поддержке темы ГИН РАН № FMMG-2023-0005.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Müller R.D., Sdrolias M., Gaina C., Roest W.R. Age, spreading rates, and spreading asymmetry of the world's ocean crust // *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* G3. 2008. V. 9. № 4. P. 1–19. doi:10.1029/2007GC001743.
2. Sandwell D.T., Smith W.H.F. Marine Gravity Anomaly from Geosat and ERS-1 Satellite Altimetry // *J. Geophys. Res.* 1997. V. 102. № B5. P. 10039–10054. (<ftp://topex.ucsd.edu/pub/>)
3. GEBCO-2014 Grid, version 20150318, (<http://www.gebco.net>)
4. Van der Meer D.G., Van Hinsbergen D.J., Spakman W. Atlas of the underworld: Slab remnants in the mantle, their sinking history, and a new outlook on lower mantle viscosity // *Tectonophysics*. 2018. V. 723. P. 309–448.
5. Amaru M. Global travel time tomography with 3-D reference models // *Geologica Ultraiectina*. V. 274. Mededelingen van de Faculteit Geowetenschappen Universiteit Utrecht. 2007. Dissertation thesis. 174 p. ISBN: 978-90-5744-139-4
6. Hall R., Spakman W. Mantle structure and tectonic history of SE Asia // *Tectonophysics*. 2015. V. 658. P. 14–45.
7. Balmino G., Vales N., Bonvalot S., Briais A. Spherical harmonic modeling to ultra-high degree of Bouguer and isostatic anomalies // *J. Geodesy*. 2012. V. 86. P. 499–520. <https://doi.org/10.1007/s00190-011-0533-4>
8. Турко Н.Н. Рельеф дна Мадагаскарской котловины // *Геология морей и океанов: Материалы XXII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии*. Т. V. М.: ИОРАН, 2017. С. 249–253.

Orthogonal wedging of the SWIR rift into the MOR formed a ridge spreading topography on the seabed with an orientation 90° different from the older one. The change in morphology is compared with the age of the MOR flank rupture and with the slowing down of the spreading rate. The absence of a deep mantle upwelling under the SWIR and the presence of a "cold" gap in the mantle "hot" lenses indicates the action of tangential forces unrelated to the general mantle convection. The Bouguer anomalies along the profile reflect deep density inhomogeneities, which for intraplate volcanic structures have a much greater effect of upper mantle decompression than for the active interplate boundary of the SWIR.