

УДК 551.465

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ИНДИЙСКОГО ОКЕАНА В РЕЙСЕ SO258/2 НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СУДНА «ЗОННЕ» (ГЕРМАНИЯ)

© 2019 г. О. В. Левченко^{1*}, В. Гесслер²

¹ *Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия*

² *Институт полярных и морских исследований Альфреда Вегенера, Бремерхафен, Германия*

**e-mail: olevses@mail.ru*

Поступила в редакцию 25.12.2017 г.

После доработки 08.02.2018 г.

Принята к публикации 08.02.2018 г.

Новые геофизические данные были получены в 2017 году в рейсе SO258/2 НИС «Зонне» в Центральной котловине Индийского океана между 81° и 84° в. д. Общая протяженность геофизических профилей (батиметрия, сейсмоакустическое профилирование, магнитометрия, гравиметрия) составила около 6500 миль. Глубинное сейсмическое строение выполнено на меридиональном профиле длиной 375 м, выходящем на сушу, и косом профиле северо-восточного простирания длиной 340 м. Основная цель исследований заключалась в проверке существующих кинематических/геодинамических моделей отделения Индии от Антарктиды, определения скорости дрейфа Индийской плиты, границы континент-океан южнее Шри-Ланки и структуры хребта 85° в. д. Рейс был частью проекта INGON, выполняемого Центром морских исследований ГЕОМАР (Киль) и Институтом полярных и морских исследований Альфреда Вегенера (Бремерхафен).

Ключевые слова: Индийский океан, хребет 85 градуса, магнитометрия, глубинное сейсмическое зондирование, профилограф

DOI: 10.31857/S0030-1574593513–516

С 12 июля по 17 августа 2017 г. выполнен рейс SO258/2 немецкого научно-исследовательского судна (НИС) «Зонне» по маршруту Коломбо— Коломбо (Шри-Ланка) (рисунок) в рамках исследовательского проекта INGON («Разделение Индии и Антарктиды при расколе Гондваны»). Основная цель проекта — исследование магматических и тектонических процессов, которые вызывают и сопровождают раскол континентов и образование океанических впадин на примере Индийско-Антарктического раскола примерно 150 млн лет назад. Проект выполняется Центром морских исследований ГЕОМАР (Киль) и Институтом полярных и морских исследований Альфреда Вегенера (АВИ) (Бремерхафен). Целью всего рейса SO258 INGON была проверка современных кинематических/геодинамических моделей отделения Индии от Антарктиды и скорости дрейфа Индийской плиты на основании

комплексирования полученных геофизических и петрологических результатов. На первом «геологическом» этапе (рейс SO258/1) ГЕОМАР выполнил батиметрическую съемку и геологическое опробование подводных поднятий восточной части Индийского океана. В этом сообщении приводится информация о геофизических исследованиях в восточной части Индийского океана на втором этапе (рейс SO258/2). Основные пункты его программы: определения возраста океанского дна и строения переходной зоны континент-океан к югу от Шри-Ланки, а также глубинной структуры хребта 85° в. д. Выяснение его природы необходимо для понимания истории разделения Индии и Антарктиды при расколе Гондваны. Важно ответить, когда начался этот раскол; был ли он инициирован горячей точкой, создавшей базальты траппов Раджмахал (голова плюма) и хребта 85° в. д. (хвост плюма); начался



Рис. Схема маршрута рейса SO258/2 немецкого НИС «Зонне» в восточной части Индийского океана. Показано положение предполагаемого хребта 85° в.д. 1 — маршрут первого «геологического» этапа (рейс SO258/1); 2 — профили магнитометрия, гравиметрия, сейсмоакустика и батиметрия; 3 — профиль ГСЗ; 4 — профиль ГСЗ + многоканальное сеймопрофилирование; 5 — сухопутный участок профиля ГСЗ.

быстрый дрейф Индии/Шри-Ланки при этом расколе или 67 млн лет назад в результате другого процесса.

Начальником рейса SO258/2 был старший научный сотрудник В. Гесслер (АВИ). В научный состав входили 26 ученых, специалистов и студентов из 7 стран (Австрия, Великобритания, Германия, Россия, Франция, Шри-Ланка и Япония). В рейсе участвовал ведущий научный сотрудник Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН (ИО РАН) О. В. Левченко, и при выполнении работ учитывались результаты, ранее полученные в регулярных геолого-геофизических рейсах ИО РАН.

Непрерывная геофизическая съемка включала магнитометрию, гравиметрию, батиметрию, сейсмоакустическое профилирование и выполнялась по всему маршруту судна на скорости 10–13 узлов на участке от 6° с.ш. до 3.5° ю.ш. и от 81° до 84° в.д. Было выполнено восемь меридиональных профилей протяженностью по 600 миль в коридоре шириной около 140 км, два СЗ–ЮВ профиля (по 250 миль), два ЮЗ–СВ профиля (по 100 миль) и несколько коротких связующих профилей (рисунок). Два протяженных (по 1000 миль) западных профиля продолжались далеко южнее 11° ю.ш. Общая протяженность геофизических профилей составила около 6500 миль (~12 000) км.

Магнитометрия. Главным приоритетом рейса SO258/2 было изучение магнитного поля Земли к югу от Шри-Ланки. Использовались два типа магнитометров: буксируемый SeaSpry2 (удаление гондолы от судна 690 м) и установленный на судне трехкомпонентный STCM SFG-1211 (Tierra Technica, Япония). Измерялись три компоненты геомагнитного поля с частотой дискретизации 8 Гц. Магнитная съемка рейса SO258/2 в сочетании с имеющимися данными из Антарктиды позволит впервые создать репрезентативную кинематическую модель для изучаемого исторического периода. Полученные новые магнитные данные позволят подтвердить или опровергнуть существование мезозойских магнитных аномалий южнее Шри-Ланки. Два протяженных профиля юго-западнее поднятия Афанасия Никитина в пределах более молодого участка морского дна позволят уточнить, когда начался ускоренный (~18 см/год) дрейф Индийской плиты.

Гравиметрия. Для определения глубинного строения измерялось поле силы тяжести высокоточным морским гравиметром Bodenseewerke KSS32-M. В рейсе SO258/2 регистрировались относительные гравитационные аномалии в свободном воздухе и аномалии Буге, которые будут пересчитаны в абсолютные значения. Привязка прибора выполнена на опорном пункте в Коломбо перед рейсом и после его завершения. Окно сглаживания данных 174 сек. Объем полученных данных 454.5 Мб в формате ASCII файл.

Батиметрия. Кроме отображения детального рельефа океанского дна, данные многолучевой батиметрии рейса SO258/2 также необходимы для анализа полученных магнитных и гравиметрических данных. Судовой глубоководный многолучевой эхолот Kongsberg EM122 оснащен большой антенной размерами 16×8 м, в которой осуществляется фокусировка до 288 лучей. Продольная и поперечная ширина луча 0.5° и 1.0°, сектор обзора 140°. Это обеспечило высокую плотность и разрешающую способность данных и большую ширину покрытия в полосе шесть глубин воды (до 30 км).

Сейсмоакустика. Судовой узколучевой параметрический профилограф Atlas Parasound DS3 (P70) излучает акустические сигналы мощностью 70 кВт, что обеспечивает максимальную глубину проникновения 200 м в слабokonсолидированных отложениях. В рейсе SO258/2 проникновение не превышало 100 м при частоте сигнала 4 кГц.

Глубинное сейсмическое зондирование (ГСЗ) было еще одним важным методом исследования глубинного строения коры в рейсе SO258/2. Меридиональный профиль вдоль 81° в.д. начинался в глубоководной Центральной котловине, пересекал континентальный склон и шельф Шри-Ланки и заканчивался на суше (рисунок). Его длина 375 км; было установлено 30 донных сейсмографов (ДС) с шагом 11.5 км и 15 сейсмографов на суше с шагом 3–7 км. Сейсмические сигналы возбуждались 8 пневмопушками объемом по 8.5 л (общий объем источника 68 л, рабочее давление 200 атмосфер). Две группы из 2×2 пушек буксировались на расстоянии 40 м за кормой судна на глубине 10 м, интервал излучения 60 сек. На втором профиле ГСЗ СЗ–ЮВ простирания поперек хребта 85° в.д. длиной примерно 340 км были расставлены 21 ДС с шагом 13.5 км (рисунок).

Многоканальное сейсмическое профилирование было выполнено на втором профиле ГСЗ

СЗ–ЮВ простирания с цифровой 240-канальной косой SERCEL 408 (активная длина 3000 м). Глубина буксировки косы 10 м контролировалась с помощью специализированной программы Digicourse и регулировалась с помощью устройств Digibirds, расположенных через 300 м. Профилирование выполнялось на скорости 4–5 узлов, что позволило проследить детально с высоким разрешением строение осадочного чехла, морфологию базальтового фундамента и рефлекторы внутри него. Все собранные в рейсе SO258/2 геофизические данные сейчас хранятся в отделе геофизики АВИ и будут переданы в базы данных. После опубликования первичных научных результатов можно уверенно говорить, что в результате выполненных в рейсе SO258/2 геофизических исследований будут получены принципиально новые представления о глубинном строении зоны перехода океан-континент южнее Шри-Ланки и гипотетического хребта 85° в.д. и о его природе.

Гидроакустическая съемка (мультибим и парасаунд) вносит существенный вклад в изучение эволюции дна региона в позднем миоцене-квартере. Наиболее важными объектами являются: (1) Бенгальский фэн, крупнейший глубоководный конус выноса в Мировом океане и (2) область внутриплитных деформаций в Центральной котловине. Вплоть до 5° ю.ш. и даже южнее детально отображены как русла активных современных турбидных потоков, так и слоистые линзовидные тела более древних погребенных систем каналов и прирусловых валов, а также сильно деформированные тектонические блоки.

Источник финансирования. Рейс НИС «Зонне» SO258/2 выполнялся по проекту INGON при финансовой поддержке Министерства образования и науки ФРГ. Поддержка работы российского участника осуществлялась в рамках государственного задания (тема № 0149-2019-0006).

GEOPHYSICAL INVESTIGATIONS IN THE EASTERN INDIAN OCEAN IN CRUISE SO258/2 OF RV SONNE (GERMANY)

© 2019 O. V. Levchenko^{1*}, W. Geissler²

¹ *Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

² *Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Bremerhaven, Germany*

**e-mail: olevses@mail.ru*

Received December 25, 2017

Revised version received February 08, 2018

After revision February 08, 2018

New geophysical data were obtained in 2017 in cruise #SO258/2 of RV *Sonne* in the Central Indian Basin between 81° and 84°E. Total length of collected geophysical profiles (bathymetry, seismoacoustic profiling, magnetometry, gravimetry) is about 6,500 miles. Deep seismic sounding was carried out along N-S profile by 375 m long, which extends on the land, and SW-NE profile by 340 m long. The main objectives of the research were to verify the existing kinematic/geodynamic models of separation of India from Antarctica, to determine drift rate of the Indian Plate, location of the continent-ocean transition zone south of Sri Lanka and structure of 85°E Ridge. The cruise was part of a project INGON performed by the Center for marine research, GEOMAR and the Institute for polar and marine research Alfred Wegener.

Keywords: Indian Ocean, 85°E Ridge, magnetometry, deep seismic sounding, profiler