

К. А. ЧЕКОТИЛЛО

О ДВИЖЕНИИ ГЛУБИННЫХ ВОД В ЗАПАДНОЙ ПОГРАНИЧНОЙ ОБЛАСТИ ТРОПИЧЕСКОЙ АТЛАНТИКИ

(Представлено академиком Л. М. Бреховских 7 VIII 1972)

В классических исследованиях Г. Вюста (^{1, 2}) и А. Дефанта (³) показано, что на больших глубинах Атлантического океана существует гигантская система переноса вод. В общих чертах эту систему можно представить в виде двух потоков, расположенных на различной глубине: верхний поток от района Гибралтарского пролива движется в юго-западном направлении в сторону центральной части океана; нижний поток зарождается в арктических морях и следует в южном направлении, располагаясь в западной части океана. Эти потоки переносят североатлантические глубинные воды, верхние слои которых характеризуются повышенной соленостью и более высокой температурой, а нижние — повышенным содержанием кислорода.

Характерной особенностью рассматриваемой системы генеральной циркуляции вод является то, что в районе примерно $10-15^{\circ}$ с.ш., $45-55^{\circ}$ з.д. отмеченные потоки сходятся и затем в виде общего мощного течения движутся к юго-востоку и к югу, располагаясь вблизи побережья Южной Америки и следуя в общем его очертаниям. Поток североатлантических вод достигает субантарктических районов, где сливается с Антарктическим циркумполярным течением. Таким образом, согласно Вюсту и Дефанту, начиная примерно с 15° с.ш., 55° з.д. и до 40° ю.ш., 50° з.д. вдоль материкового склона континента Южной Америки движется поток глубинных вод, выраженный наиболее отчетливо в слое 1500—3500 м и имеющий характерное значение солености 34,95—35,00‰ (15° с.ш. — 25° ю.ш.).

По-видимому, первые инструментальные исследования предсказанного глубинного потока были выполнены в 1962—1964 гг. в рейсах Научно-исследовательского судна (НИС) «Михаил Ломоносов», во время которых течения измерялись до глубины 1500—1600 м (⁴). В первой половине 1969 г. в период 5-го рейса НИС «Академик Курчатов» были проведены широкие инструментальные исследования западных пограничных течений тропической зоны Атлантики. Измерения течений производились при помощи буйковых якорных станций; измерители течений системы Алексева устанавливались, как минимум, на следующих уровнях: 25, 50, 100, 200, 300, 500, 700, 1000, 1500, 3000 м. Наряду с другими, в рейсе был выполнен инструментальный разрез течений вдоль 40° з.д., который начинается на расстоянии примерно 120 км от 100-метровой прибрежной изобаты и протягивается приблизительно до $6^{\circ}30'$ с.ш. На разрезе было выставлено 6 буйковых якорных станций с измерителями течений. Положение разреза интересно в том смысле, что на нем могут быть обнаружены как глубинный поток, переносящий североатлантическую воду, так и приэкваториальные течения.

Рис. 1 показывает распределение среднесуточных зональных составляющих скорости течения на отмеченном разрезе, длина которого составляет около 830 км. На разрезе можно видеть течения, которые были хорошо известны ранее. В южной части разреза располагается поверхностное Северо-Бразильское прибрежное течение, скорость которого превышает 70 см/сек; это течение является продолжением Южного пассатного течения и дает начало Гвианскому течению. В центральной части проходит Межпассатное противотечение со скоростью на поверхности более 60 км/сек; в северной части находится южный край Северного пассатного течения. Следует заме-

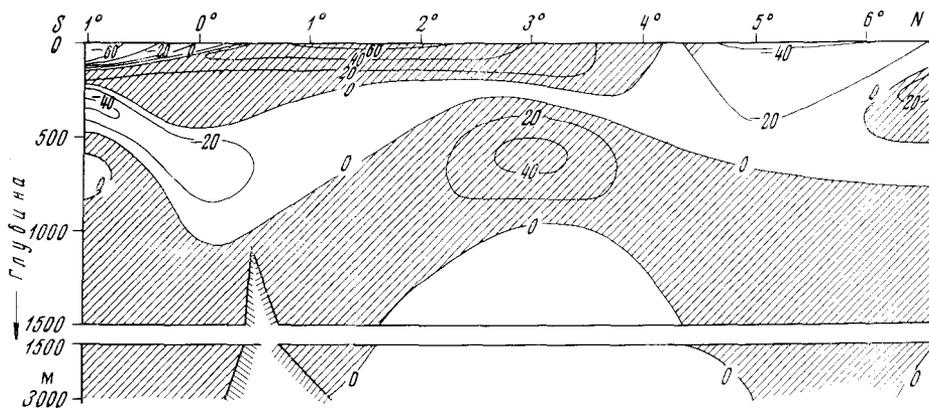


Рис. 1. Распределение среднесуточных зональных составляющих скорости течения на вертикальном разрезе вдоль 40° з.д. Изоахи проведены через 20 см/сек. Заштрихованные участки (положительные значения скорости) соответствуют движению на восток

тить, что положение на разрезе указанных поверхностных течений хорошо согласуется со схемой поверхностной циркуляции Дефалта.

Отметим интересную особенность распределения течений, показанного на рис. 1. На экваторе, под Северо-Бразильским течением в слое 50—450 м располагается Экваториальное подповерхностное противотечение (течение Ломоносова). Максимальная среднесуточная скорость течения, превышающая 30 см/сек, приходится на глубину около 80 м. Эти характеристики течения соответствуют тем, которые были определены в этом же районе в результате работ НИС «Михаил Ломоносов» (5). Заметим, что положение границ западных и восточных потоков на разрезе весьма сходно с тем, которое было найдено «Ломоносовым» в марте 1967 г. на 42° з.д.; наблюдения были выполнены между 1° с.ш. и 0°30' ю.ш. в слое 0—600 м. Вероятно, это обстоятельство может служить некоторым свидетельством временной устойчивости зональных течений в районе экватора.

Как показывает рис. 1, течение Ломоносова соединяется с поверхностным Межпассатным противотечением. Эту же особенность можно обнаружить и на разрезах по 40° и 42° з.д., выполненных «Ломоносовым». По нашим данным, суммарный расход обоих течений равен $33 \cdot 10^6$ м³/сек. Одним из источников этих соединенных восточных потоков может, по-видимому, являться противотечение юго-восточного направления, которое переносит воды повышенной солености из района к востоку от Малых Антильских островов, где значение солености в поверхностном слое океана превышает 37,4‰. Любопытно, что в Межпассатном противотечении наблюдаются наибольшие значения солености поверхностных вод (около 36,0‰); эти воды по солености резко отличаются от поверхностных вод Северо-Бразильского течения (соленость ~35,2‰). В районе Экваториального подповерхностного противотечения положение максимума скорости совпадает с глубиной слоя максимума солености, в котором значение солености заключено в пределах 36,5—36,6‰. Как уже отмечалось ранее (6), глубина максимума скорости подповерхностного противотечения точно соответствует уровню середины слоя скачка плотности.

Под Экваториальным подповерхностным и Межпассатным противотечениями располагается глубинный западный поток, севернее 4° с.ш. соединяющийся с Северным пассатным течением. В южной части разреза этот поток со скоростью более 40 см/сек переносит субантарктические промежуточные воды, имеющие здесь температурно-соленостную характеристику 4,50°С — 34,49‰ (отметим, что указанные значения температуры и солености полностью совпадают с теми, которые были определены Вюстом по данным, относящимся к периоду не позже 1932 г.). Ниже западного глу-

бинного течения располагается восточный поток, захватывающий глубины более 3000 м. Следует полагать, что это течение и является звеном предсказанной Вюстом и Дефантом гигантской системы переноса североатлантических глубинных вод из Северного полушария в Южное. Напомним, что согласно схемам Вюста и Дефанта, поток североатлантических вод в экваториальной зоне примерно между 35° и 43° з.д. направлен на восток. Поразжают колоссальные размеры потока: он простирается вдоль всего разреза на протяжении более 830 км; можно думать, что поток распространяется и далее на север от $6^{\circ}30'$ с.ш. Вертикальная мощность течения на $3^{\circ}30'$ с.ш. составляет 600 м, а на 1° ю.ш. — превышает 2500 м. Интересно заметить, что максимум скорости глубинного восточного потока располагается примерно на той же широте, что и восточное течение на 45° з.д., обнаруженное в результате работ «Ломоносова» в 1964 г. Расход глубинного потока на разрезе составляет огромную величину $133 \cdot 10^6$ м³/сек (для сравнения укажем, что расход течения Гольфстрим на широте около 33° в районе наибольшей его интенсивности равен $64 \cdot 10^6$ м³/сек (7)).

Переносимая глубинным потоком североатлантическая вода характеризуется максимумом солености около 34,99‰ (эта величина так же, как и значение температурных характеристик североатлантической воды, соответствует цифрам, приведенным в работе Вюста (1)). По данным (T — S)-анализа, верхняя граница североатлантических вод располагается на разрезе на глубине 1200—1300 м. В связи с определенным нами значением расхода глубинного потока заметим, что, согласно (2), расход глубинных потоков южного направления в слое 1000—4000 м на широтном разрезе, проходящем примерно вдоль 10° ю.ш. от побережья Южной Америки до Южно-Атлантического хребта, составляет $141 \cdot 10^6$ м³/сек. Очевидно, что эта цифра близка к указанному нами значению расхода глубинного течения.

В 5-м рейсе НИС «Академик Курчатов» движение североатлантических глубинных вод было обнаружено также и на других вертикальных разрезах. Поток североатлантических вод юго-восточного направления в слое примерно 1000—3000 м занимает значительную часть инструментального разреза течений, проходящего от $7^{\circ}57'$ с.ш., $53^{\circ}17'$ з.д. до $12^{\circ}51'$ с.ш., $50^{\circ}30'$ з.д. Измерения, выполненные в Южном полушарии на широтных разрезах, прилегающих к Южной Америке и проходящих примерно вдоль $10^{\circ}30'$ ю.ш. и 18° ю.ш., указывают на движение североатлантических вод к югу (8). Результаты наблюдения позволяют считать, что направленный к югу поток североатлантических вод выражен наиболее отчетливо в слое 1300—1900 м и сосредоточен в основном между материковым склоном Южноамериканского континента и примерно 32° з.д. Заметим, что и для этого района термохалинные характеристики североатлантической воды соответствуют тем, которые были определены Вюстом.

Таким образом, анализ распределения скорости течения на прилегающих к побережью Южной Америки вертикальных разрезах указывает на существование в слое 1000—3000 м мощного течения, переносящего вдоль Южноамериканского материка североатлантические глубинные воды из Северного полушария в Южное, что подтверждает предположенную Вюстом и Дефантом схему циркуляции глубинных вод Атлантического океана.

Институт океанологии им. П. П. Ширшова
Академии наук СССР
Москва

Поступило
21 VII 1972

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ G. Wüst, *Wiss. Ergebn. Deutsch. Atlant. Exped. auf dem Forschungs- und Vermessungsschiff «Meteor», 1925—1927*, 6, Т. 1, 1936. ² G. Wüst, *ibid.*, 6, Т. 2, Lief. 6, 1957. ³ A. Defant, *ibid.*, 6, Т. 2, 1941. ⁴ А. Г. Колесников, Г. П. Пономаренко, С. Г. Богуславский, *Океанология*, 6, в. 2 (1966). ⁵ Открытие, экспериментальное исследование и разработка теории течения Ломоносова. *Морской гидрофиз. инст. АН УССР, Севастополь*, 1968. ⁶ А. Г. Колесников, Г. П. Пономаренко и др., *Тр. Морск. гидрофиз. инст. УССР*, 34 (1966). ⁷ J. C. Swallow, L. V. Worthington, *Deep-Sea Res.*, 8, № 1 (1961). ⁸ К. А. Чекотилло, *Сборн. статей. Тропическая зона Мирового океана и связанные с ней глобальные процессы, «Наука», 1972.*