

УДК 551.465

МОНИТОРИНГ ВОДООБМЕНА МЕЖДУ АТЛАНТИЧЕСКИМ И СЕВЕРНЫМ ЛЕДОВИТЫМ ОКЕАНАМИ (38-Й И 39-Й РЕЙСЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СУДНА “АКАДЕМИК ИОФФЕ”)

© 2015 г. С. В. Гладышев, А. В. Колоколова

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва

e-mail: sgladyshv@ocean.ru

Поступила в редакцию 27.11 2014 г.

DOI: 10.7868/S0030157415010062

Водообмен между Северной Атлантикой и Северным Ледовитым океаном осуществляется через относительно неглубокие проливы между Гренландией и Шотландией. Распространяющиеся на север теплые воды верхнего слоя Атлантического океана компенсируют приток холодной глубинной водной массы.

Основными задачами исследований, проведенных в 2011 и 2012 гг., явились:

- получение количественной оценки сезонной и межгодовой изменчивости характеристик арктических и атлантических водных масс, перетекающих над Гренландско-Шотландским порогом,
- получение оценок скорости водообмена и обмена теплом и пресной водой между Атлантическим и Северным Ледовитым океаном на их общей границе.

Эти наблюдения продолжают исследования, начатые в рамках международных проектов VIENS (Variability of Exchanges in Northern Seas, 1997–2000 гг.) и ASOF (Arctic–Subarctic Ocean Fluxes, 2000–2008 гг.).

Особенностью российских изысканий является получение подробных, квазисинхронных, часто повторяющихся и высокоточных оценок интенсивности переносов вод через все проливы (от берега до берега) между Северной Атлантикой и Северным Ледовитым океаном в течение нескольких лет [1]. Повторные измерения в проливах в течение нескольких суток позволяют отфильтровать короткопериодный и синоптический “шум”, связанный с прохождением вихрей и пульсационной природой водообмена в проливах.

В 2012 г. было выполнено 14 разрезов через проливы между Гренландией, Исландией, Фарерскими и Шетландскими островами (см. рисунок).

В мае–июне 2012 г. в 38-м рейсе НИС “Академик Иоффе” были проведены повторные наблюдения на разрезах: три разреза через Фареро-Шетландский пролив, четыре – над Исландско-

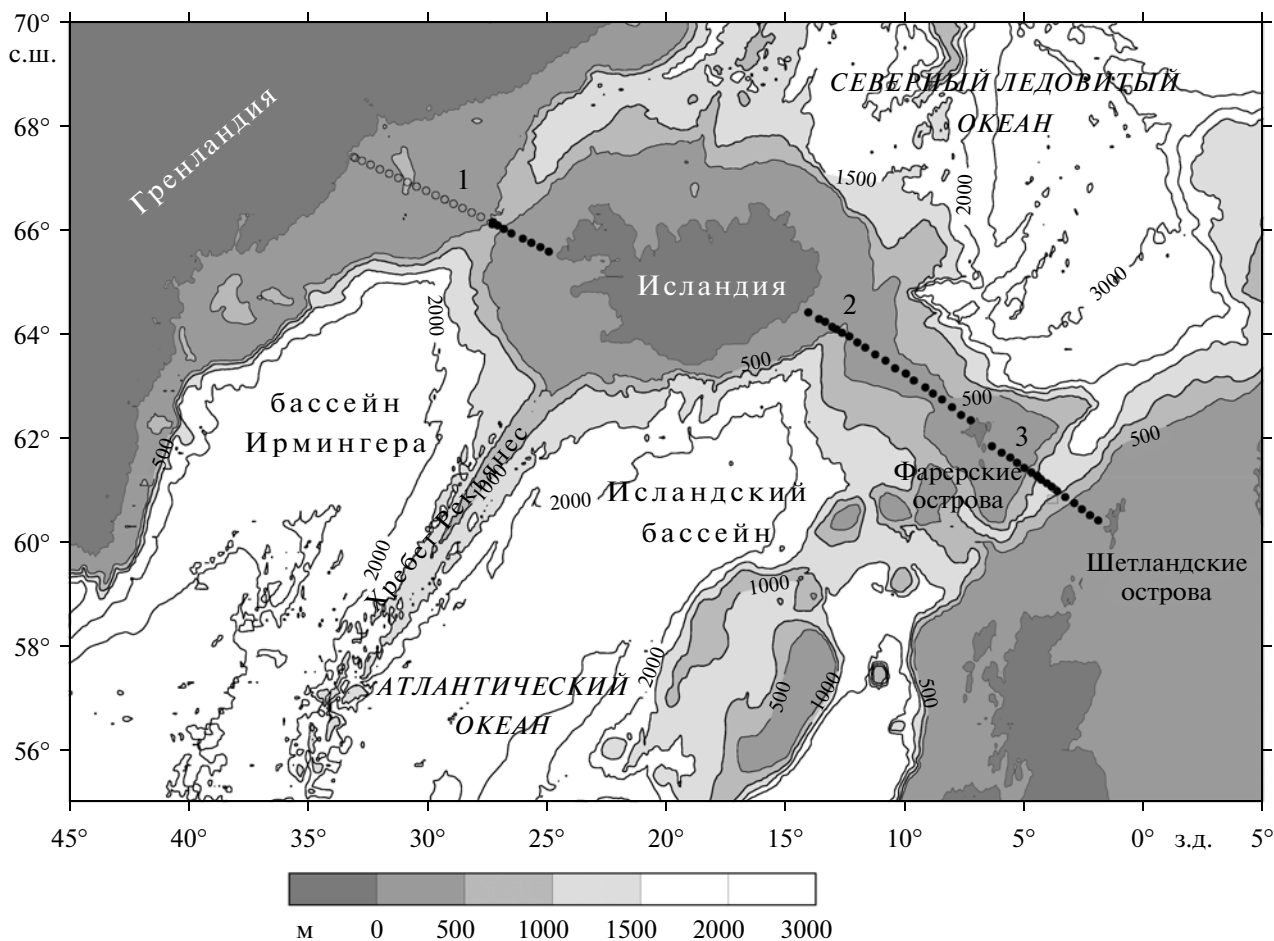
Фарерским порогом и два через Датский пролив (соответственно разрезы 1, 2, 3 на рисунке).

Всего было выполнено 139 гидрологических станций: 46 – в Фареро-Шетландском проливе, 76 – над Исландско-Фарерским порогом и 17 – в Датском проливе. Из-за тяжелой ледовой обстановки нам не удалось полностью пересечь Датский пролив, тем не менее котловина, через которую происходит основное перетекание холодных вод в Северную Атлантику, была пересечена дважды в течение суток. На каждой станции проводились STD/LADCP измерения от поверхности до дна. Расстояние между станциями составляло порядка 10 миль. Для улучшения пространственного разрешения между станциями, выполненными в дрейфе, производились STD-зондирования на ходу при скорости 8–9 узлов, при помощи UCTD. Всего на порогах было выполнено 99 таких зондирований. Пробы воды для определения концентрации растворенного кислорода и биогенных элементов отбирались на 7–16 горизонтах на каждой станции.

В сентябре 2012 г. в 39-м рейсе НИС “Академик Иоффе” разрез через Датский пролив был выполнен трижды в течение шести суток. Над Исландско-Фарерским порогом и через Фарерско-Шетландский пролив было сделано по одному разрезу (см. рисунок). Всего в период 16–27 сентября было произведено измерений на 102 гидрологических станциях и 117 станциях на ходу судна.

Чтобы сохранить преемственность наблюдений, выбор положения разрезов был сориентирован на стандартные гидрографические разрезы. Положения разрезов гарантировали пересечение основных потоков вод атлантического и арктического происхождения между океанскими бассейнами.

Наблюдения за вертикальным распределением параметров морской воды во всех рейсах осуществлялись при помощи погружаемого океанографического комплекса SBE 911plus, оснащенного двумя парами датчиков температуры и



Батиметрическая карта северной части субарктической Атлантики и прилегающего к ней сектора Арктического бассейна. Черными точками показано положение гидрологических станций на трех разрезах между Гренландией и Шетландскими островами, наблюдения на которых проводились в мае–сентябре 2012 г. Положение разреза 3 от Гренландии до Исландии, выполненного в сентябре, показано прозрачными кругами, для июня – черными.

электропроводности (SBE3 и SBE4), датчиком кислорода SBE 43, датчиком мутности, двадцатью четырьмя 5-литровыми батометрами и альтиметром PSA 900D фирмы “Benthos”. Зондирования на станциях производились от поверхности океана и прекращались в 5–10 м от дна. Для контроля точности датчиков электропроводности зонда было отобрано 1057 проб морской воды в 38-м рейсе и 327 проб в 39-м рейсе. Анализ проб воды на соленость в ходе рейса проводился на приборе Autosal Salinometer 8400B. Данные о солености, получаемые на солемере в ходе рейсов, использовались для контроля временного дрейфа двух датчиков электропроводности SBE4. Калибровка SBE3 и SBE4 до и после экспедиций в лаборатории производителя датчиков показала, что точность измерения температуры составила 0.001°C , солености (с учетом контроля точности в морских условиях) менее 0.002 епс. Гидрохимические данные о содержании растворенного кислорода, полученные в ходе рейсов путем титрования ото-

бранных проб, использовались при калибровке датчика кислорода SBE 43, точность, которого составила не более 0.05 мл/л.

Наблюдения над скоростями течений проводились одновременно с CTD-зондированиями при помощи двух акустических доплеровских профилографов течений Workhorse 300 kHz Sentinel (Monitor) LADCP (Up и Down-looking). На НИС “Академик Иоффе” использовался судовой акустический профилограф TRDI OS 38 кГц, установленный в днище судна, максимальная глубина измерений которым составила 650–750 м.

Определение содержания растворенного кислорода в отобранных пробах произведено потенциметрическим титрованием по методу Винклера в модификации ИО РАН с помощью автоматического титратора “794 Basic Titrimo” фирмы “Metrohm”. Точность измерения концентраций кислорода в морской воде составила 0.01 мл/л. Концентрации силикатов и фосфатов получены колориметрическим методом на спектрофото-

метре “Сary 100” (“Varian”) с использованием методик Королева и Морфи-Райли. Относительная ошибка метода при определении концентрации силикатов составляла $\pm 2.5\text{--}4\%$, фосфатов – $\pm 1\%$.

Анализ течений через Фареро-Шетландский пролив за два года показал, что трансформированные восточно-исландские воды (ТВИВ) постоянно проникали в пролив с севера. ТВИВ являлись источником повышенного содержания растворенного кислорода в проливе. Установлено, что содержание кислорода внутри ТВИВ возросло в 2012 г. по сравнению с 2011 г. на 5–8 мкмоль/кг. Соленость ТВИВ в 2012 г. значительно уменьшилась (на 0.03–0.08 епс) по сравнению с 2011 г.

Наши исследования над Исландско-Фарерским порогом показали, что в придонных слоях воды, имеющие температуру $-0.5\text{...}+3^\circ\text{C}$ и соленость 34.8–34.9 епс, периодически перетекают через порог в южном направлении с разной интенсивностью, что не расходится с исследованиями предыдущих лет. Отмечено понижение концентрации кремнекислоты в придонных водах Исландско-Фарерского порога до 8 мкмоль/кг в 2012 г. по сравнению с 11 мкмоль/кг в 2011 г., что связано с быстрым замещением (горизонтальной адвекцией) глубинных вод. Распределения температуры, солености и биогенных элементов над порогом указывали, что атлантические воды занимали значительную часть неглубокого порога.

При изучении структуры потоков вод Исландско-Фарерского порога в 2011–2012 гг. выявлены квазипостоянные течения, которые образуют несколько струй противоположных направлений. Три из них – в западной, средней и восточной частях порога – направлены на север, а две струи между ними имеют южное направление. Сравнительный анализ T, S -характеристик вод над порогом обнаружил, что воды, поступающие на север,

существенно отличались по характеристикам от вод, следовавших на юг.

На разрезах через Датский пролив зафиксированы пульсационные изменения глубинного потока холодных и плотных арктических вод в бассейн Ирмингера. Получены количественные характеристики глубинного “перетока” арктических вод из Гренландского моря. Зарегистрированы две противоположно направленные струи вод, приуроченные к самому глубокому каналу (котловине) в восточной части Датского пролива. При этом струя южного направления, как правило, мощнее струи, направленной на север. Теплая струя, направленная на север, является ветвью течения Ирмингера. Установлена значительная пространственно-временная изменчивость гидрохимических характеристик ядра этого течения.

В районе шельфа Гренландии в интервале долгот $28.0^\circ\text{--}33.0^\circ$ з.д. наблюдались рециркулирующие потоки вод атлантического происхождения с относительно низкими концентрациями растворенного кислорода.

Начальником экспедиций был к.г.н. С.В. Гладышев. Экспедиционные исследования проводились в рамках Федеральной целевой программы “Мировой океан”, утвержденной Постановлением правительства РФ № 919 от 10 августа 1998 г., и Программы Президиума РАН, за счет средств этой программы и экспедиционного гранта РФФИ № 10-05-10084-к.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фалина А.С., Гладышев С.В., Колоколова А.В. Мониторинг водообмена между Атлантическим и Северным Ледовитым океанами: российские экспедиционные исследования в 2011 г. // *Океанология*. 2014. Т. 54. № 2. С. 282–285.