

УДК 551.465

## РОССИЙСКИЕ ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДООБМЕНА МЕЖДУ АТЛАНТИЧЕСКИМ И СЕВЕРНЫМ ЛЕДОВИТЫМ ОКЕАНАМИ В 2011 г.

© 2014 г. А. С. Фалина, С. В. Гладышев, А. В. Колоколова

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

*e-mail: falina\_a@mail.ru, sgladyshev@ocean.ru, perehod.07@mail.ru*

Поступила в редакцию 20.12.2012 г., после доработки 15.02.2013 г.

DOI: 10.7868/S0030157414020087

В 2011 г. Институтом океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН) было проведено три экспедиции с целью исследования водообмена между Атлантическим и Северным Ледовитым океанами. Судовые наблюдения проводились на трех гидрологических разрезах в проливах между Гренландией, Исландией, Фарерскими и Шетландскими островами (разрезы 1–3 на рисунке).

В мае 2011 г. в 32-м рейсе НИС “Академик Сергей Вавилов” были проведены наблюдения на двух разрезах: в Фарерско-Шетландском проливе (разрез 1 на рисунке) и на разрезе между Исландией и Фарерскими островами (разрез 2 на рисунке). Каждый из разрезов был выполнен дважды. Всего было выполнено 72 станции: 33 в Фарерско-Шетландском проливе и 39 над Исландско-Фарерским порогом. В ходе экспедиции был произведен отбор проб морской воды из 709 батометров, выполнены измерения содержания кислорода, концентрации силикатов и фосфатов (810, 814 и 817 измерений соответственно).

В июне 2011 г. в 34-м рейсе НИС “Академик Иоффе” было выполнено 4 последовательных съемки на разрезе через Датский пролив (разрез 3 на рисунке). В течение шести дней было выполнено 69 станций. Также были проведены однократные наблюдения на разрезах через Фарерско-Шетландский пролив и над Исландско-Фарерским порогом (разрезы 1 и 2 на рисунке). В общей сложности в течение экспедиции было выполнено 105 станций, произведен отбор проб морской воды из 1023 батометров. На борту судна выполнено 1217 измерений содержания кислорода, 1273 измерений содержания силикатов и 1259 измерений содержания фосфатов.

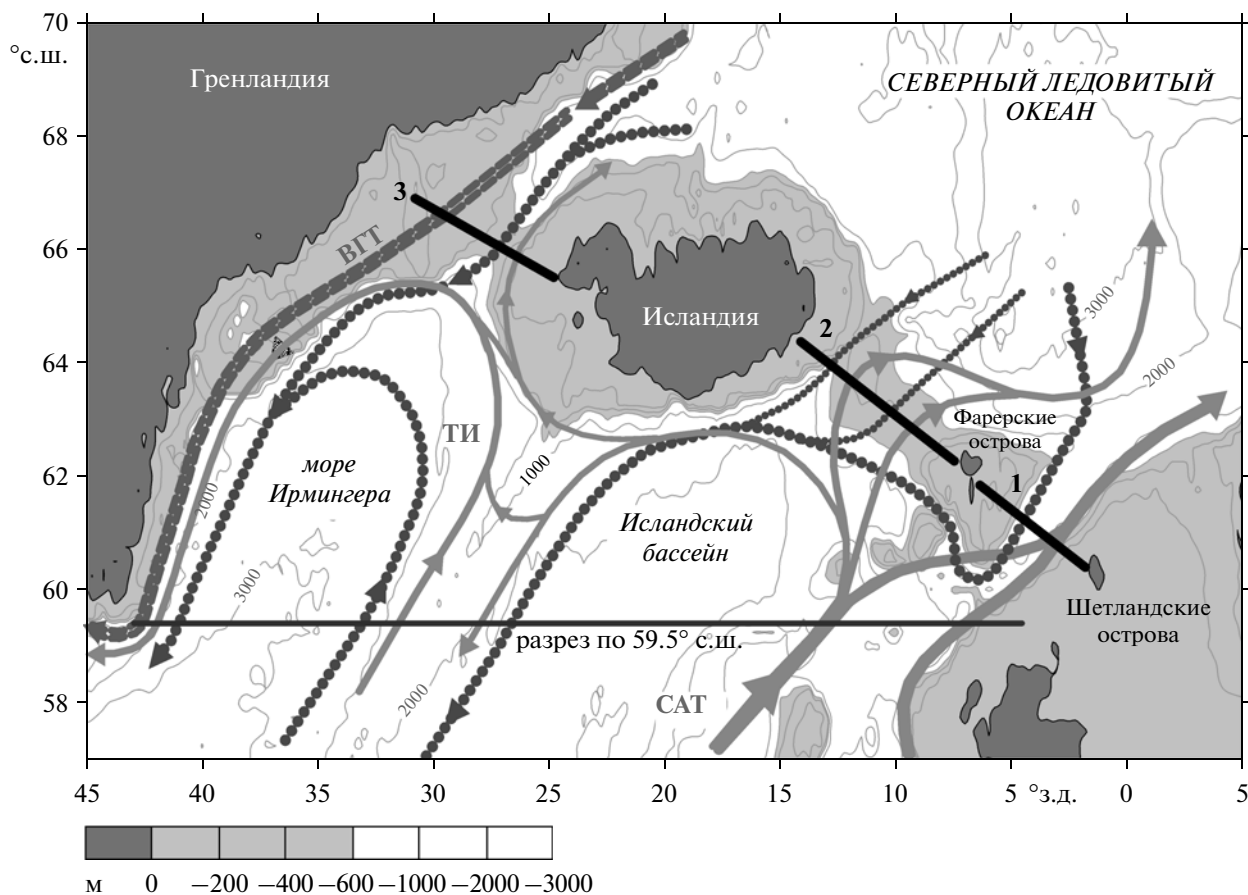
В сентябре 2011 г. в 33-м рейсе НИС “Академик Сергей Вавилов” наблюдения проводились на разрезе через Датский пролив (разрез 3 на рисунке). В ходе однократной съемки было выполнено 22 океанографические станции, произведен

отбор проб морской воды из 226 батометров. На борту судна выполнены измерения содержания кислорода, концентрации силикатов и фосфатов (236, 260 и 262 измерения соответственно).

Помимо STD-зондирований водной толщи и гидрохимического анализа проб морской воды, во всех экспедициях были проведены измерения трех составляющих скорости течений в толще океанских вод с помощью акустических доплеровских профилографов течений. Наряду с LADCP-зондированиями на отдельных станциях, во всех экспедициях велась непрерывная запись информации о поверхностных течениях, получаемой с помощью судовых ADCP (таблица).

Важно отметить, что положение разреза 1 через Фарерско-Шетландский пролив практически совпадает с положением стандартного океанографического разреза Нулсу-Флюгга (Nolso-Flugga), наблюдения на котором проводятся регулярно с 1903 г. [3]. Положение разреза 3 через Датский пролив практически совпадает с положением стандартного океанографического разреза Латрабьярг (Látrabjarg), наблюдения на котором с 1992 г. регулярно проводятся специалистами из Исландского Института Морских Исследований (NAFRO, г. Рейкьявик). Таким образом, положение разрезов 1 и 3 (рисунок) обеспечивает возможность совместного использования и корректного сравнения гидрологических данных, полученных специалистами ИО РАН в 2011 г., с данными исторических наблюдений. Разрез 2 в проливе между Исландией и Фарерскими островами ранее не выполнялся и был проложен таким образом, чтобы пересечь пролив в районе наименьших глубин.

Рейсы проводились Институтом океанологии за счет средств ФЦП “Мировой океан” и экспедиционного гранта РФФИ № 10-05-10084-к. Научными работами в экспедициях на НИС “Академик Сергей Вавилов” и НИС “Академик Иоффе” в мае и июне 2011 г. руководил к.г.н. С.В. Гладышев. Научными работами в экспедиции на



Батиметрическая карта восточной части субарктической Атлантики и прилегающего к ней сектора Северного Ледовитого океана. Черными линиями показано положение трех разрезов между Гренландией и Шетландскими островами, наблюдения на которых проводились в мае–сентябре 2011 г., а также положение разреза по 59.5° с.ш., выполняемого ИО РАН с 1997 г. Основные черты циркуляции атлантических вод в верхнем слое океана показаны сплошными стрелками. Пути распространения арктических вод в верхнем слое океана показаны прерывистыми стрелками, в глубинном слое – точками. САТ – Северо-Атлантическое течение, ТИ – течение Ирмингера, ВГТ – Восточно-Гренландское течение.

НИС “Академик Сергей Вавилов” в сентябре 2011 г. руководил к.г.н. В.П. Терещенков.

### МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Наблюдения за вертикальным распределением параметров морской воды во всех рейсах осуществлялись при помощи погружаемого океанографического комплекса “Seabird 911plus”, оснащенного двумя парами датчиков температуры и электропроводности, 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. Анализ проб воды на соленость в ходе рейса проводился на приборе Autosal Salinometer 8400B. Точность измерений солености составляла 0.002 епс. Данные о солености, получаемые на солемере в ходе рейсов, использовались для контроля временного дрейфа датчиков электропроводности океанологического зонда.

Калибровка всех датчиков зонда в начале и в конце экспедиций показала, что точность измерения температуры составляла 0.001°С, кислорода – не более 0.05 мл/л. Гидрохимические данные о содержании растворенного кислорода, полученные в ходе рейсов путем титрования отобранных проб, использовались при калибровке датчика кислорода SBE 43.

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). Также использовались судовые акустические профилографы, установленные в днище судов. На НИС “Академик Иоффе” использовался судовый акустический профилограф TRDI OS 38 kHz, а на НИС “Академик

Объем работ, выполненных специалистами ИО РАН в трех экспедициях на северной границе Атлантического океана в 2011 г.

	Показатель	НИС “Академик Сергей Вавилов”, май 2011 г.	НИС “Академик Иоффе”, июнь 2011 г.	НИС “Академик Сергей Вавилов”, сентябрь 2011 г.
1	Количество пройденных миль	1740	2464	248
2	Количество CTD-станций	72	105	22
3	Количество LADCP-зондирований	65	103	22
4	Непрерывных записей поверхностных течений судовым ADCP	1105 Мб	1144 Мб	480 Мб
5	Непрерывных записей поверхностной температуры и электропроводности SBE21	3.25 Мб	3.22 Мб	1.53 Мб
8	Выполнено измерений солености на Autosal Salinometer 8400B	101	0	44
9	Непрерывных записей навигации и рельефа дна	230 Мб	191 Мб	96 Мб

Сергей Вавилов” – TRDI OS 75 kHz. Максимальная глубина измерений составила 650–750 м.

Определение содержания растворенного кислорода в отобранных пробах произведено потенциометрическим титрованием по методу Винклера в модификации ИО РАН с помощью автоматического титратора “794 Basic Titrino” фирмы “Metrohm”. Точность измерения концентраций кислорода в морской воде составила 0.01 мл/л. Концентрации силикатов и фосфатов получены колориметрическим методом на спектрофотометрах “UV mini-1240” (“Shimadzu”) и “ Cary 100” (“Varian”) с использованием методик Королева и Морфи-Райли. Относительная ошибка метода при определении концентрации силикатов составляла  $\pm 2.5$ –4%, фосфатов –  $\pm 1$ %.

### ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В ходе рейсов на НИС “Академик Сергей Вавилов” и НИС “Академик Иоффе” в 2011 г. удалось существенно расширить базу российских данных о скоростях течений и характеристиках вод в проливах на границе Атлантического и Северного Ледовитого океанов. Данные наблюдений, полученные в 2011 г., к настоящему времени прошли процедуру первичной обработки в соответствии с рекомендациями производителей измерительного оборудования.

В ближайшем будущем данные наблюдений, полученные в экспедициях на НИС “Академик Иоффе” и НИС “Академик Сергей Вавилов” в 2011 г., будут использованы для получения количественных оценок мгновенного (синоптического) переноса вод через проливы между Гренландией, Исландией и Великобританией. Запланиро-

ванное ИО РАН продолжение регулярного судового мониторинга на разрезах через проливы в 2012–2014 гг. позволит перейти от единичных оценок переноса вод к комплексному исследованию водообмена в регионе: оценке его средней интенсивности и изменчивости во времени.

Предварительный анализ данных, полученных в мае–июне 2011 г., указывает на кратковременную (в масштабе нескольких суток) изменчивость характеристик и объемов арктических вод в наиболее глубоких каналах проливов между Гренландией и Фарерскими островами. Данные четырех последовательных съемок в Датском проливе 23–28 июня 2011 г. указывают на кратковременные разнонаправленные изменения солености (на 0.01–0.03 епс) и объема вод с потенциальной плотностью более 28.0 кг/м<sup>3</sup> в наиболее глубоком канале пролива. На основе данных двух последовательных съемок на разрезе между Исландией и Фарерскими островами, проведенных 24–27 мая 2011 г., зафиксированы признаки сокращения объема плотных арктических вод с соленостью менее 34.98 епс.

Данные наблюдений на восточном шельфе Гренландии в Датском проливе в июне и сентябре 2011 г. указывают на постоянное присутствие шельфовых вод, плотность которых ( $27.80 > \sigma_0 > 27.96$ ) сравнима с плотностью арктических вод, проникающих в море Ирмингера через наиболее глубокий канал в центральной части пролива. Оценки переноса плотных ( $\sigma_0 > 27.80$ ) вод арктического происхождения над восточным гренландским шельфом на основе данных 2011 г. позволят уточнить сведения о роли этих вод в формировании глубинных вод моря Ирмингера в результате каскадинга шельфовых вод к югу от Датского пролива [2].

Создан массив данных наблюдений в Фарерско-Шетландском проливе, объединяющий в себе новые данные, полученные на российских судах в 2011 г. и британском судне “Scotia” в 2003–2009 гг. Анализ этого массива данных позволит продлить исторические временные ряды температуры и солености вод (см. [3, 1]) и, таким образом, продолжить исследования декадной изменчивости характеристик арктических и атлантических вод в проливе.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Eldevik T., Nilsen J.E.Ø., Iovino D. et al.* Observed sources and variability of Nordic seas overflow // *Nature Geosci.* 2010. V. 2. P. 406–410.
2. *Falina A., Sarafanov A., Mercier H. et al.* On the cascading of dense shelf waters in the Irminger Sea // *J. Phys. Oceanography.* 2012. V. 42. P. 2254–2267.
3. *Turrell W.R., Slessor G., Adams R.D. et al.* Decadal variability in the composition of Faroe Shetland Channel bottom water // *Deep-Sea Res. I.* 1999. V. 46. P. 1–25.