

ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОРЯ МОУСОНА В СЕЗОННЫЙ ПЕРИОД 63-Й РАЭ

Океанографические исследования Южного океана — одна из важных задач, регулярно решаемая с помощью наблюдений с судов ААНИИ в период их пребывания в Антарктике в рамках сезонных работ Российской антарктической экспедиции. Они обычно выполняются в районах, близких к маршрутам судов, обеспечивающих российские станции. Программы исследований решают задачи проекта ЦНТП Росгидромета «Исследование режимно-климатических характеристик Антарктики и Южного океана». Надо отметить, что в период с конца прошлого века по настоящее время частично «вынужденный» выбор районов экспедиционных исследований для судов ААНИИ оказывался удачным. Акватории, где проводились глубоководные океанографические наблюдения, а также методология планирования исследований позволили обеспечить активное участие России в выполнении международных программ и получить объективно важные и интересные данные для изучения происходящих в океане важнейших

климатообразующих процессов (в первую очередь процессов в районе антарктического шельфа и материкового склона Антарктиды, ведущих к формированию Антарктической донной воды и вентиляции глубинных вод).

Основным международным проектом в этот период был МПГ 2007/08. В соответствии с задачами кластерного проекта МПГ 2007/08 № 8 «Взаимодействие вод антарктического склона и шельфа» (*Synoptic Antarctic Shelf Slope Interaction Study – SASSI*) с борта НЭС «Академик Федоров» были выполнены разрезы через шельф и материковый склон в морях Со-дружества, Рисер-Ларсена, Амундсена и Беллинсгаузена. Все перечисленные разрезы отличаются редким в практике океанографических исследований плотным расположением точек зондирования, особенно в области материкового склона, где расстояние между станциями уменьшалось до 2 км, что дало возможность получить подробную картину структуры вод этого района. Для исследования термической структуры и фрон-

тов Антарктического циркумполярного течения (АЦТ) в районе между Африкой и Антарктидой и в соответствии с задачами кластерного проекта МПГ 2007/08 № 132 «Климат Антарктики и Южного океана» (*Climate of the Antarctic and Southern Ocean – CASO*) в период с 2007 по 2010 год ежегодно выполнялся разрез теряемыми батимерографами на маршруте Антарктида — Кейптаун по Гринвичскому меридиану в диапазоне широт 68–35° ю.ш. по траектории разреза SR2 программы CLIVAR.

Одним из важнейших результатов натурных исследований последнего периода, проводившихся учеными ААН ИИ на борту флагмана антарктических исследований НЭС «Академик Федоров», стало экспериментальное обнаружение факта образования донных вод в районе залива Прюдс моря Содружества. Основным объектом наблюдений стал разрез по 70° в.д., выполненный за период с 2004 по 2016 год девять раз и пересекающий шельф и материковый склон в районе, где в летний период 2004 года был впервые зафиксирован факт формирования донных вод. Дальнейшее целенаправленное исследование структуры и характеристик водных масс на данном разрезе и в прилегающей акватории подтвердило регулярность этих процессов в летний период. При этом была обнаружена существенная межгодовая изменчивость структуры, характеристик, механизмов распространения основных водных масс на разрезе — шельфовых, глубинных и донных вод.

Впервые полученная подробная информация о топографии дна океана в створе разреза и его окрестностях позволила экспериментально показать определяющую роль особенностей донной топографии в распространении вновь образованной донной воды по материковому склону. Выявлена тенденция к увеличению в последние годы объемов формирующейся летом в заливе Прюдс донной воды, что связывается с усилением интенсивности таяния нижней поверхности шельфового ледника, ведущего к увеличению объема формирования переохлажденной шельфовой воды — важнейшей компоненты при формировании донной воды. Экспериментально и теоретически исследованы особенности формирования и развития тонкоструктурных особенностей при взаимодействии водных масс в области антарктического склонового фронта, разделяющего воды шельфа и глубокого океана. Столь продолжительные, постоянно развивающиеся и уточняющиеся наблюдения в заливе Прюдс (в отдельные годы весьма ограниченные по объему в силу различных обстоятельств, но всегда направленные на основанное на ранее полученных данных дальнейшее развитие представлений о процессах формирования антарктической донной воды (АДВ),

Океанографические работы в Южном океане зондом "Sea Bird 911+".

Фото Н.Н. Антилова



стали возможными благодаря необходимости относительно длительного пребывания НЭС «Академик Федоров» в данном регионе. Этого требовала необходимость обеспечения геологических работ. В 2018 году область геологических исследований перенесена в район оазиса Бангера, что требует пребывания судна в акватории моря Моусона (в районе бухт Малыгинцев или Миловзорова). Поэтому в программе океанологических исследований НЭС «Академик Федоров» в сезонный период 63-й РАЭ были запланированы работы в море Моусона. Положение точек зондирования в море Моусона, в связи с неопределенностью местонахождения и продолжительности пребывания судна в этом регионе, определялось исходя из реальных ледовых и погодных условий.

Район моря Моусона (в первую очередь область шельфа и материкового склона) на сегодняшний день плохо изучен не только в океанологическом, но и в гидрографическом плане. Интересно, что НЭС «Академик Федоров» первую в своей истории океанографическую станцию выполнило в январе 1988 года именно в бухте Малыгинцев, куда в 2018 году пришло для работы с сезонной геологической базой в оазисе Бангера. В 1988 году с судна был выполнен разрез в 10-балльном льду, полученная информация позволила составить первые представления о структуре вод в труднодоступной части шельфа этого района. Правда, ограниченные возможности имевшегося тогда на судне оборудования и значительные расстояния между точками зондирования на выполненнном разрезе позволили сделать лишь самые общие выводы о структуре вод и процессах на шельфе и склоне в этом районе. В частности, не были обнаружены признаки формирования в этом районе донной воды, хотя наличие на шельфе мощного слоя антарктической шельфовой воды и характеристики наблюданной вблизи бровки шельфа циркумполярной глубинной воды позволяли предполагать возможность таких процессов.

Позже несколько разрезов в этом регионе были выполнены австралийскими учеными восточнее разреза «Академика Федорова» 1988 года. Они практически не затронули область шельфа, однако дали представления о структуре вод в области материкового склона и позволили обнаружить некоторые признаки формирования АДВ. Однако ограниченность имеющейся информации на сегодня не позволяет составить достаточно полное представление об особенностях структуры и процессов на шельфе и материковом склоне этого региона.

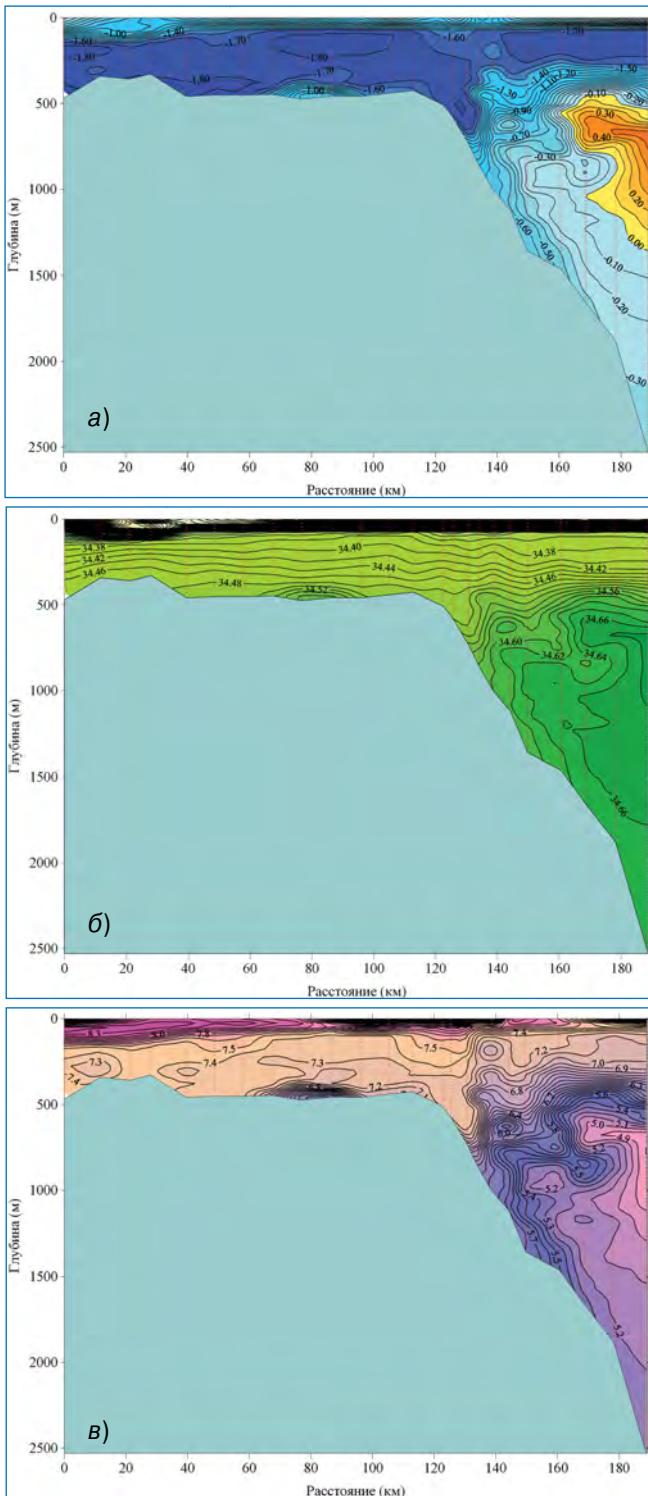
Исходя из положения судна на момент начала океанографических работ (которое практически совпало с положением

Положение океанографических разрезов в море Моусона,

выполненных НЭС «Академик Федоров»

в январе 1988 года (красные треугольники) и январе 2018 года (синие кружки)





Потенциальная температура (а), соленость (б) и растворенный кислород (в) на разрезе в море Моусона (январь 2018 года)

первой океанографической станции 1988 года) и реальной ледовой обстановки, разрез 2018 года был оперативно спланирован приблизительно параллельно разрезу 1988 года, но со значительно более частым расположением точек зондирования и (в силу возможностей современных зондирующих комплексов) подробным (менее 1 м) вертикальным разрешением.

Разрез выполнен в период с 12 по 16 января 2018 года, на схеме показано положение разрезов, выполненных НЭС «Академик Федоров» в 2018 и в 1988 годах.

Наблюдения осуществлялись с помощью судового зонда «Sea Bird 911+». Производился отбор проб на содержание растворенного кислорода и биогенных элементов на горизон-

тах 0, 50, 100, 200, 500, 750, 1000, 2000 м и в придонном слое. Кроме того, дополнительно отбирались пробы в слоях экстремумов температуры и солености, которые определялись оперативно на каждой станции. Перед началом каждой станции в журнал заносились краткие данные о ледовой обстановке и основные метеорологические параметры.

С целью достижения необходимой дискретности по вертикали скорость зондирования на всех станциях не превышала 1 м/с, а при подходе ко дну и на верхних 100 метрах подъема зонда к поверхности — 0,5 м/с.

Приближение зонда к дну контролировалось с помощью альтиметра PSA-916 D, установленного на несущей раме зонда, зондирование завершалось на расстоянии 15–20 м до дна.

На каждой станции производился отбор проб воды для определения солености с целью контроля работы датчика электропроводности зонда. Величина солености в этом случае определялась на судовом солемере AUTOSAL 8400B.

Полученные данные о свойствах и структуре вод в створе разреза показали весьма интересную и в чем-то неожиданную картину.

Распределения температуры, солености и растворенного кислорода отражают достаточно сложную структуру водных масс шельфа и материкового склона, существование процессов, приводящих к формированию направленных вниз по склону перемещений вод. Характеристики вод придонного слоя на материковом склоне свидетельствуют о присутствии антарктической донной воды. В верхней части материкового склона, с глубинами до 1500 м, обнаружена свежая АДВ, достаточно холодная, относительно пресная и богатая кислородом (температура ниже $-0,6^{\circ}\text{C}$, соленость не превосходит 34,50 ‰, содержание растворенного кислорода более 5,8 мл/л). Ближе к основанию материкового склона находится так называемая классическая АДВ, более теплая и соленая и менее богатая кислородом (теплее $-0,4^{\circ}\text{C}$, соленее 34,60 ‰, содержание кислорода менее 5,5 мл/л). Эта водная масса формируется на основе локальных типов донных вод (в основном из региона моря Уэдделла) в процессе циркуляции в пределах Южного океана (в основном южнее срединно-океанических хребтов), а в Атлантическом океане распространяется до умеренных широт Северного полушария.

Интересными оказались структура и характеристики вод на шельфе. При этом, учитывая практическое отсутствие достоверной информации о топографии дна в этом районе, важным стало и получение представления об особенностях распределения глубин в створе разреза. Обращает на себя внимание некоторое уменьшение глубин в направлении от центральной части шельфа к его бровке, перепад составляет около 50 м. Сложный рельеф дна шельфовой области как в створе разреза, так и в целом в данном регионе проявляется и в сложной картине распространения водных масс, отраженной в распределении их характеристик в створе разреза. Если в южной части разреза, ближней к шельфовому леднику Шеклтона, придонный слой мощностью около 100 м занимает антарктическая шельфовая вода, с температурой в ядре менее $-1,8^{\circ}\text{C}$, соленостью чуть ниже 34,50 ‰ и содержанием растворенного кислорода более 7,0 мл/л, то ближе к бровке у дна (приуроченная к отмеченному выше локальному заглублению дна) обнаруживается сильно модифицированная циркумполярная глубинная вода (температура выше $-0,7^{\circ}\text{C}$, соленость выше 34,55 ‰, кислород около 6,0 мл/л). Это известная под названием Модифицированная глубинная вода (МГВ) водная масса, которая может играть важную роль в процессах формирования донной воды. Она подстилает относительно мощный (около 200 м) слой антарктической шельфовой воды, а особенности тонкой структуры отражают активное боковое и вертикальное перемешивание шельфовой воды и модифи-

цированной циркумполярной глубинной воды. При этом на бровке шельфа и в верхней части склона у дна обнаруживается практически не трансформированная шельфовая вода, формирующая область сильных горизонтальных градиентов, отделяющую ее от наблюдающейся мористее ЦГВ, имеющей на этих глубинах относительно высокую температуру (выше 0,5 °С). Эта область высоких горизонтальных градиентов, именуемая Антарктическим склоновым фронтом, выделяется сложной термохалинной структурой, определяемой значительным количеством интрузий, линз, вихрей, что, благодаря достаточно близкому расположению точек зондирования на разрезе, хорошо выражено на представленных рисунках.

Единичный разрез не позволяет достоверно определить горизонтальные масштабы процессов и образований, но позволяет с известной долей уверенности предполагать, что этот регион может являться еще одним регионом формирования антарктической донной воды и в любом случае вносить свой вклад в вентиляцию циркумполярной глубинной воды. Анализ архивных данных в сопоставлении с данными нашего

разреза позволяет предположить, что более активно процессы формирования АДВ протекают восточнее выполненного разреза, мористее бухты Миловзорова. Учитывая перспективу более частого и длительного пребывания судов ААНИИ в море Моусона в предстоящий период, кажется целесообразным расширить натурные исследования в восточном направлении. В целом первые шаги в новом этапе исследований режима вод района моря Моусона кажутся обнадеживающими и дают возможность надеяться на интересные перспективы в определении роли района в климатически важных процессах.

В завершение с благодарностью отметим, что успешное выполнение океанографических работ на разрезе в малоизученном в гидрографическом плане районе моря Моусона стало возможным благодаря заинтересованному и ответственному отношению к научным исследованиям экипажа судна во главе с его капитаном О.Г. Калмыковым.

*Н.Н. Антипов, В.П. Бунякин, С.В. Кашин,
В.Л. Кузнецов, И.А. Чистяков (ААНИИ)*