

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЮЖНОГО ОКЕАНА В СЕЗОННЫЙ ПЕРИОД 67-й РАЭ

В сезонный период 67-й РАЭ глубоководные океанологические наблюдения в прибрежных водах Антарктиды выполнялись усилиями двух судов ААНИИ — НЭС «Академик Федоров» и НЭС «Академик Трёшников».

Как и в прежние годы, основной рейсовой задачей судов было логистическое обеспечение российских антарктических станций, поэтому маршруты были проложены с учетом именно этой задачи. Работы со станциями, расположенными в Восточной Антарктике, проводило НЭС «Академик Федоров», в Западной Антарктике работало НЭС «Академик Трёшников». Программы глубоководных океанологических исследований были составлены с учетом маршрутов судов, что практикуется в сезонных работах РАЭ уже много лет. Благодаря такому подходу удалось за последние десятилетия получить интересные, в известной степени уникальные данные о временной и пространственной изменчивости крайне важных для понимания тенденций в изменении климата процессах, протекающих в области шельфа и материкового склона Антарктиды. Основное внимание международного научного сообщества в этой области привлечено к формированию Антарктической донной воды (АДВ), основой которого служат процессы, происходящие в наиболее труднодоступной области — районе антарктического шельфа. Здесь формируется самая холодная и плотная вода Мирового океана, именуемая Антарктической шельфовой водой (АШВ). Эта водная масса имеет температуру вблизи точки замерзания (около $-1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$) и высокую плотность, позволяющую ей напрямую (или после перемешивания с другими водными массами) опускаться по материковому склону и достигать абиссальных глубин. Образующаяся в итоге АДВ оказывает существенное влияние на глобальную структуру и меридиональную циркуляцию вод Мирового океана. Эта вода, занимающая самый нижний слой океана, растекается по дну на север вплоть до умеренных широт Северного полушария. Изменчивость скорости формирования АДВ влияет

на изменение интенсивности меридиональной циркуляции и в конечном счете на изменения климата. Обнаружение районов образования донной воды, исследование механизмов ее формирования и распространения, выявление временной изменчивости скорости и объемов является важной океанологической и климатической задачей. Процессы на шельфе могут приводить не только к формированию АДВ, но и к трансформации других водных масс, например Циркумполярной глубинной воды (ЦГВ). Она занимает основной объем переносимых Антарктическим циркумполярным течением (АЦТ) вод и играет важную роль во всех процессах, формирующих океанологический режим Южного

океана. Поэтому важной климатической задачей является мониторинг свойств водных масс для определения временной изменчивости их параметров и выявления причин обнаруженных изменений. На эти цели и направлены натурные наблюдения в Южном океане, проводимые ААНИИ в рамках РАЭ в последние десятилетия.

Программа глубоководных океанографических наблюдений на сезонный период 67-й РАЭ разрабатывалась в рамках задач, поставленных в проекте 5.2. «Комплексные океанологические, климатические, гляциологические и геофизические исследования Антарктики и Южного океана (план НИТР/ОПР Росгидромета (2020–2024 гг.)), реализуемом в ААНИИ. На рис. 1 показано положение районов, где были выполнены наблюдения. Очевидно, что они привязаны к положению российских антарктических станций и баз. В восточном секторе Антарктики основным объектом исследований стала шельфовая область моря Дейвиса (залив Трёшников), где располагается станция Мирный, и море Муусона (района залива Винсенс), с акватории которого проводились работы по обеспечению исследований на сезонной базе в оазисе Бангера. В западной Антарктике основной задачей стало исследование структуры вод слабо изученной шельфовой области в районе расположения станции Русская. Вторым районом работ для НЭС «Академик Трёшников» стал пролив Брансфилд, место расположения станции Беллинсгаузен.

На обоих судах наблюдения выполнялись зондом «Sea Bird 911+», при этом с помощью батометрической секции производился отбор проб воды для определения содержания растворенного кислорода и биогенных элементов на горизонтах 0, 50, 100, 200, 500, 750, 1000, 2000, 3000 м и в придонном слое. Кроме того, дополнительно отбирались пробы в слоях минимумов и максимумов температуры и солёности, наличие и положение которых определялось оперативно в процессе зондирования «вниз» на каждой станции. Отбор проб производился при движении зондирующего комплекса вверх. Данные, полученные зондом «Sea Bird 911+», обрабатывались на судовом компьютере с получением файлов зондирования и графиков распределения температуры и солёности по глубине. 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 зонда ко дну и на верхних 100 м (при подъеме зонда к поверхности) уменьшалась до 0,5 м/с.

Рис. 1. Районы проведения глубоководных океанологических наблюдений судами ААНИИ в период 67-й РАЭ: районы 1 и 2 — НЭС «Академик Федоров», районы 3 и 4 — НЭС «Академик Трёшников»



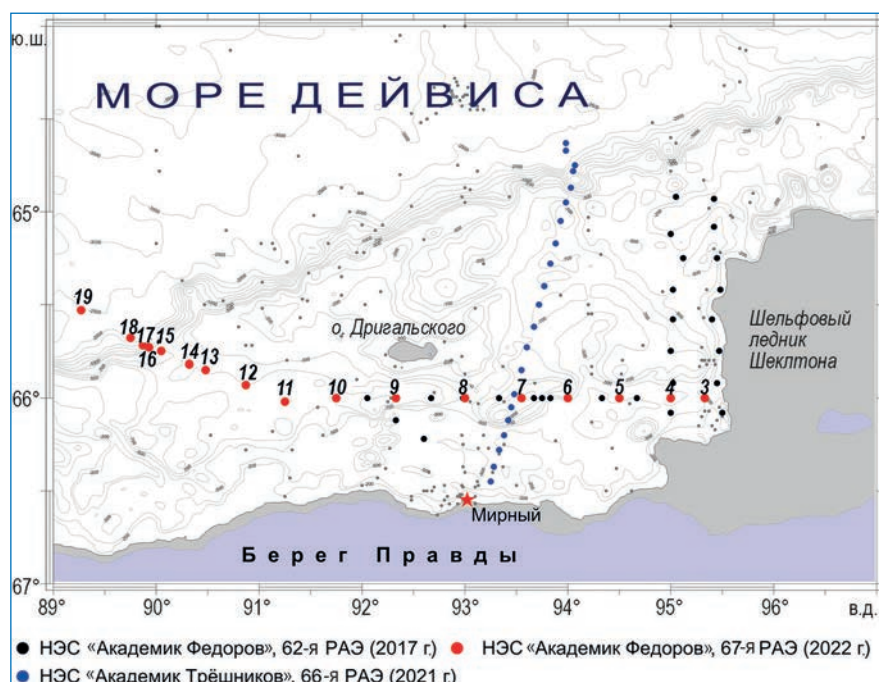


Рис. 2. Положение разреза, выполненного НЭС «Академик Федоров» в феврале 2022 года. Показано положение разрезов, выполненных в предыдущих РАЭ

Приближение зонда ко дну контролировалось с помощью альтиметра PSA-916 D, установленного на несущей раме зонда. С целью обеспечения сохранности прибора зондирование прекращалось на расстоянии 15–20 м от дна.

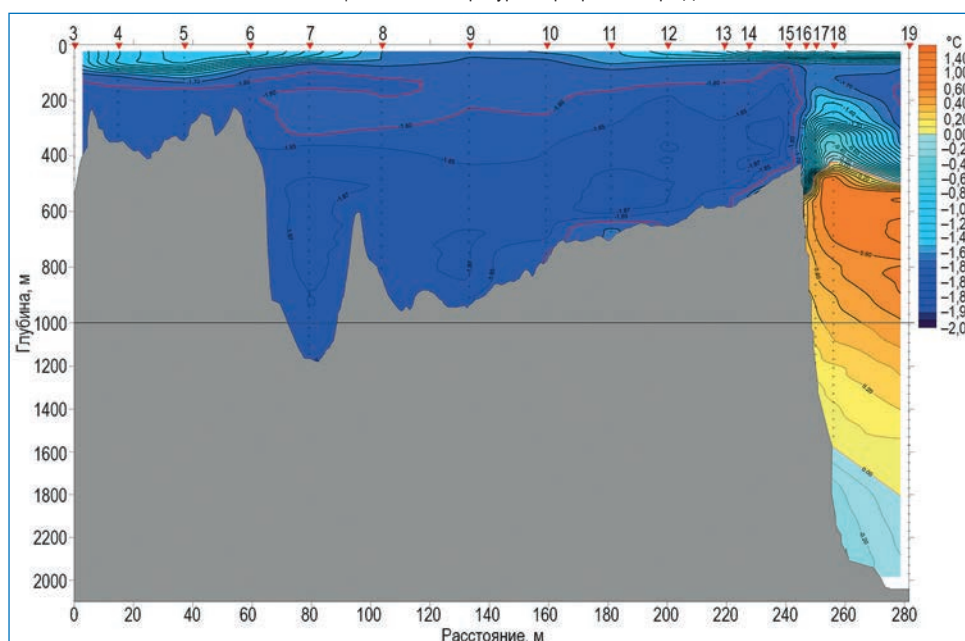
На каждой станции производился отбор проб воды для определения солёности с целью контроля работы датчика электропроводности зонда. Величина солёности в этом случае определялась на судовом солемере AUTOSAL 8400В.

Хотя суда вышли из Санкт-Петербурга с разницей в один месяц (НЭС «Академик Федоров» — 1 ноября, а НЭС «Академик Трёшников» — 1 декабря 2021 года), основной объём наблюдений обоими судами был выполнен практически в один период времени — в феврале 2022 года. Принципиально различались схемы проведения наблюдений. В программе для «Академика Трёшникова»

были указаны координаты точек зондирования (речь идет о мониторинге, т. е. повторении разрезов, выполненных предыдущими экспедициями). Определение положения разрезов при работах «Академика Федорова» проводилось оперативно, исходя из ледовых условий и сформулированных в программе принципов планирования положения разрезов и расстояний между станциями, основанных на научных задачах исследований.

Начало глубоководным океанологическим исследованиям в сезонный период 67-й РАЭ положило НЭС «Академик Федоров», выполнившее 4–5 февраля разрез в море Дейвиса (рис. 2). Нужно отметить, что, хотя в море Дейвиса на берегу залива Трёшникова расположена первая советская антарктическая станция — Мирный, которая была открыта в 1956 году и ежегодно посещалась судами Советской антарктической экспедиции, с океанографической точки зрения море Дейвиса

Рис. 3. Потенциальная температура на разрезе в море Дейвиса



изучено явно недостаточно. Поэтому в последнее время учеными АНИИ были проведены экспедиции, целью которых было получение новых данных о режиме вод моря Дейвиса, в первую очередь его шельфовой области. Хотя в период 62-й и 66-й РАЭ были выполнены достаточно протяженные и подробные разрезы (рис. 2), необходимость в продолжении исследований сохраняется. Остается неясной возможная роль региона в образовании АДВ, в частности, особенности образования и распространения АШВ. Поэтому в данном регионе целесообразно проведение наблюдений в новых районах, а не повторение выполненных ранее разрезов, как это практикуется в других регионах. Исходя из этих соображений, было определено положение разреза в 67-й РАЭ. При этом широтная часть разреза совпадала с одним из разрезов, выполненных в период 62-й РАЭ, что позволило получить информацию о межгодовой изменчивости.

На разрезе выполнено 17 станций, общая длина разреза составила 281,5 км. Все станции выполнялись с отбором проб на содержание растворенного кислорода и биогенных элементов (кремния и фосфатов). Расстояние между точками зондирования на шельфе составляло 20–30 км, уменьшаясь в области материкового склона до 4–8 км.

Наблюдения в период 62-й и 66-й РАЭ показали, что глубоководные котловины на шельфе заполнены холодной АШВ, отличающейся от других шельфовых регионов существенной пространственной однородностью. Это связано с отсутствием заметного распространения на шельфе моря Дейвиса модифицированной ЦГВ (более теплой и соленой, чем АШВ) и переохлажденной относительно точки заморзания на поверхности океана воды шельфовых ледников (ВШЛ), как это имеет место в соседнем море Содружества. В одной из депрессий была обнаружена достаточно плотная АШВ (со значением нейтральной плотности более $28,27 \text{ кг/м}^3$), которая, как установлено исследованиями в других районах Южного океана, может быть базой для формирования АДВ. Поэтому одной из задач морских работ в 2022 году было определение распространенности плотной модификации АШВ на шельфе. Ранее высказывалось предположение, что она, распространяясь по цепочке глубоководных ложбин и каналов, может достигать бровки шельфа и формировать АДВ.

Наблюдения 2022 года показали (рис. 3), что наиболее плотная модификация АШВ залегает на глубинах более 800 м, что исключает возможность ее выхода на бровку (с учетом нашего уровня знаний о рельефе дна моря Дейвиса). В целом АШВ залегает на глубинах более 200–300 м. Обнаруженное на некоторых станциях шельфа потепление (до $-1,66 \text{ }^\circ\text{C}$) в придонном слое отражает поступление модифицированной циркумполярной глубинной воды, которая поставляет соль из ЦГВ. Интенсификация поступления МЦГВ (на других участках шельфа или в иной период времени) может увеличивать объем плотной модификации АШВ, способной производить АДВ. Такая интенсификация тем более вероятна, что (как показывают данные разреза) в данном районе теплая и соленая ЦГВ обнаруживается в непосредственной близости от бровки шельфа, на расстоянии около 5 км от которой температура в ее ядре составляет около $0,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Однако данные разреза показывают, что на момент его выполнения проникновению МЦГВ на шельф препятствует сильный склоновый фронт, что подтверждает обнаруженная непосредственно на бровке практически нетрансформированная АШВ. Таким образом, можно утверждать, что в этом районе не обнаружено факта формирования донных вод, однако нет оснований утверждать, что оно принципиально невозможно.

Море Моусона, расположенное восточнее и отделенное от моря Дейвиса шельфовым ледником Шекл-

тона, в последнее время привлекает внимание ученых, с одной стороны, слабой океанологической изученностью, а с другой — перспективностью региона как еще одного района формирования АДВ. Еще в январе 1957 года на побережье моря Моусона в заливе Винсенс была открыта научная станция «Уилкс» (США), позднее переданная Австралии и переименованная в «Кейси». На шельфовом леднике Шеклтона в оазисе Бангера была создана советская сезонная станция «Оазис». С открытием станции «Уилкс» («Кейси») рассматриваемый район стал ежегодно посещаться судами американской и австралийских антарктических экспедиций. Море Моусона посещали и суда САЭ — д/э «Обь», «Профессор Визе», «Профессор Зубов» и «Академик Федоров». В конце XX и начале XXI века активно работали в этом районе японские и австралийские ученые.

На сегодняшний день в акватории моря количество судовых океанологических станций невелико, а данные наблюдений, выполненных с борта НЭС «Академик Федоров», являются практически уникальными для западной части моря. НЭС «Академик Федоров» трижды работало в западной части моря (район бухты Малыгинцев, в 1988, 2018 и 2019 годах) и выполнило здесь 4 океанографических разреза.

Зарубежными учеными, в первую очередь японскими, исследования проводились восточнее, в районе залива Винсенс. Эти исследования показали, что в районе полыньи Винсенс происходит формирование плотных АШВ. Поставленные на год заякоренные измерители на глубинах более 3000 м на континентальном склоне в районе залива Винсенс обнаружили холодную ($<-0,5 \text{ }^\circ\text{C}$) и пресные ($<34,64 \text{ psu}$) сигналы вновь образовавшихся АДВ. Сигнал появился в июне, через 3 месяца после начала активного формирования морского льда в полынье залива Винсенс. Сигнал АДВ, зафиксированный на двух измерителях, продолжался около 5 месяцев с 1 месяцем запоздания на западном участке ниже по течению. Наблюдения, выполненные в процессе постановки и снятия измерителей, согласуются с этими результатами, обнаруживая распространение новых АДВ в западном направлении по континентальному склону от района залива Винсенс. На континентальном шельфе формирование плотных АШВ наблюдалось с помощью датчиков на млекопитающих (программа МЕОП) в области полыньи Винсенс и вокруг нее в течение осени, и оценка переноса составила $0,16 \pm 0,07 \text{ Sv}$ ($1 \text{ Sv} = 10^6 \text{ м}^3 \text{ с}^{-1}$). Ученые пришли к выводу о том, что АШВ, образовавшаяся в этом регионе, хотя и при скромном объеме формирования морского льда, тем не менее вносит свой вклад в верхний слой АДВ в Австралийско-Антарктическом бассейне.

Наблюдения российских ученых не обнаружили факта образования АДВ на западе моря. Однако характеристики водных масс в области шельфа и склона позволяют не исключать формирование в этой акватории плотных АШВ и, как следствие, формирование здесь АДВ. Хотя в момент выполнения разрезов формирования АДВ не обнаружено, возможно эти процессы проявляются в холодный период года, как это имеет место в случае полыньи мыса Дарнли.

Таким образом, в отличие от восточной части моря Моусона (район полыньи Винсенс), вопрос формирования АДВ на западе моря Моусона остается открытым.

Наблюдения, выполненные в 2022 году НЭС «Академик Федоров» (рис. 4), стали важным дополнением в базу судовых данных для района полыньи Винсенс. Здесь в период с 9 по 11 февраля был выполнен разрез, состоявший из 18 станций и имевший протяженность 278,5 км (рис. 5). Этот разрез начинался от подножия



Рис. 4. Положение разреза, выполненного НЭС «Академик Федоров» в феврале 2022 года. Показано положение разрезов, выполненных в западной части моря Моусона в предыдущих РАЭ

континентального склона, пересекал склон, бровку шельфа и сам шельф практически до береговой линии.

Непосредственно в плоскости разреза процессы формирования и опускания АДВ не обнаружены, что, видимо, отражает сезонность процессов формирования АДВ. При этом обращает на себя внимание заметно более близкое приближение теплой ЦГВ к бровке шельфа, чем это наблюдалось на западе моря. В результате на шельфе, в 30 км от бровки, обнаруживается очень теплое и достаточно соленое ($-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, $34,55\text{ psu}$) ядро МЦГВ, что показывает возможность поступления на шельф дополнительной соли, необходимой для формирования плотной модификации АШВ.

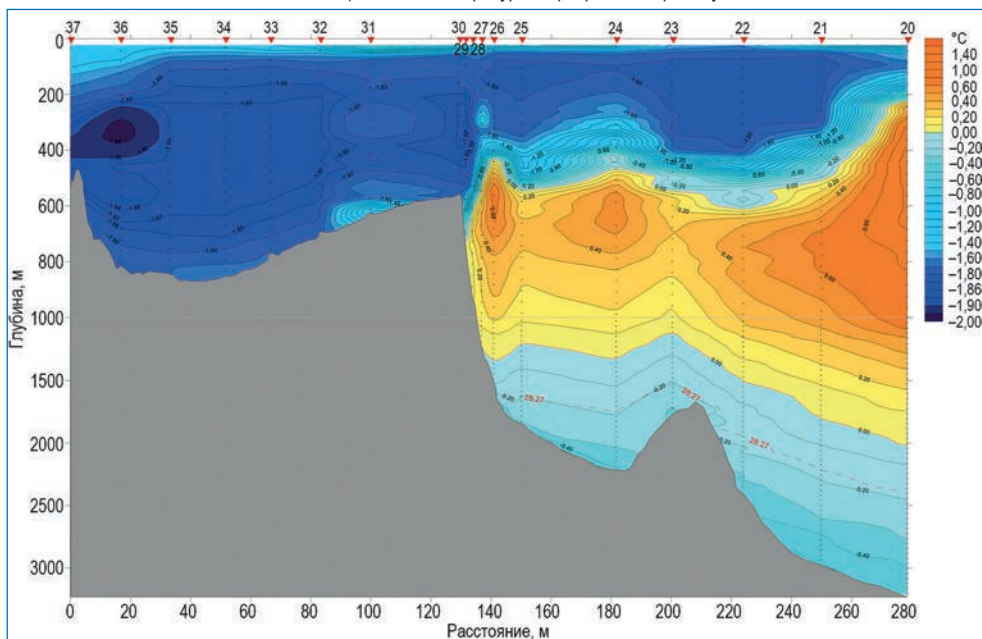
Таким образом, наблюдения 2022 года показали отсутствие в летний период процесса опускания по склону плотных вод, которое могло бы приводить к форми-

рованию АДВ, но подтверждают перспективность таких процессов зимой, что, собственно, и согласуется с результатами других наблюдений.

Регулярные исследования океанологического режима пролива Брансфилд, где располагается российская антарктическая станция Беллинсгаузен, ученые ААНИИ начали в 2016 году. Это связано не только с ежегодным посещением района судами с целью обеспечения работы станции, но и с пониманием важной роли региона в формировании режима вод Южного океана.

Район северной оконечности Антарктического полуострова и Южных Шетландских островов, где находится пролив Брансфилд, отличается сложной картиной распределения океанологических характеристик, определяемой взаимодействием водных масс из разных акваторий Южного океана. Здесь встречаются воды моря Беллинсгаузе-

Рис. 5. Потенциальная температура на разрезе в море Моусона



на и моря Уэдделла, а также водные массы, переносимые Антарктическим циркумполярным течением, в западной части Тихоокеанского сектора Южного океана вплотную приближающимся к шельфу и поставляющим теплые и соленые ЦГВ непосредственно на шельф. Сложность формирования наблюдаемой картины распределения океанологических характеристик определяется и рельефом дна пролива, основными особенностями которого являются три относительно изолированные друг от друга котловины — западная, центральная и восточная. Глубоководная часть центральной и восточной котловин пролива Брансфилд заполнена водой с температурой ниже 0 °С (в придонном слое центральной котловины ниже –1,7 °С) и соленостью 34,4–34,6 psu, названной водой пролива Брансфилд (ВПБ). Восточная котловина пролива, с глубинами, превышающими 2000 м, отделена от центральной котловины (максимальные глубины около 1800 м) порогом с глубинами около 1000 м. При этом для восточной котловины характерна более выраженная однородность свойств ВПБ, более высокая температура и более низкая соленость этой водной массы.

Изолированность бассейнов делает важным определение источников вод, вентилирующих придонные слои ВПБ центральной и восточной котловин. Считается, что донные воды восточной котловины представляют собой смесь шельфовой воды из моря Уэдделла с температурой около точки замерзания (65 %) и относительно теплой и соленой глубинной воды Уэдделла (35 %). Кроме того, донные воды восточной котловины имеют общее происхождение со слоем слабого минимума солености, наблюдаемым на глубинах около 1000 м в пределах центральной котловины. Перелив этой воды в восточную котловину также может иметь место.

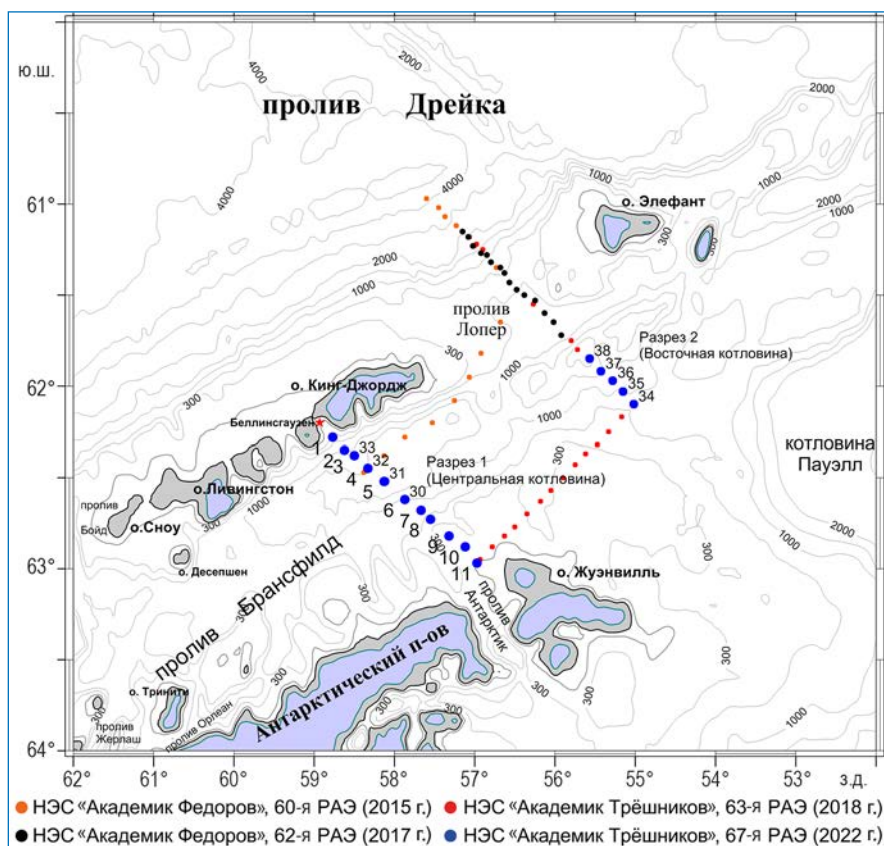
Донная вода в центральной котловине более холодная и соленая, с более высокой концентрацией кислорода, чем в восточной. Донные воды центральной кот-

ловины состоят из тех же типов вод из моря Уэдделла, что формируют донные воды восточной котловины, но с более высоким содержанием холодных АШВ и с небольшим вкладом ЦГВ из АЦТ.

Динамика вод пролива Брансфилд выглядит следующим образом. Вдоль восточного берега Южных Шетландских островов с юга на север проходит поток теплых вод (течение Брансфилда, прибрежное течение с максимальными поверхностными скоростями около 0,4 м/с и почти линейным спадом скорости к дну) из моря Беллинсгаузена (с возможным ограниченным поступлением ЦГВ непосредственно из АЦТ). Вдоль побережья Антарктического полуострова с севера на юг распространяются трансформированные шельфовые воды моря Уэдделла, обогнувшие северную оконечность Антарктического полуострова. В проливе Брансфилд в верхнем слое (до примерно 300 м) происходит взаимодействие вышеуказанных вод.

В соответствии с программой рейса судно дважды посетило станцию Беллинсгаузен (рис. 6), и при каждом заходе проводились глубоководные океанологические наблюдения. При первом заходе 29 января был выполнен традиционный разрез из 11 станций через центральную котловину пролива Брансфилд, а при втором заходе были предприняты усилия для повторного выполнения этого разреза, а также для выполнения разреза через восточную котловину пролива, повторяющего разрез, выполненный в 2018 году, в период 63-й РАЭ. Однако погодные и ледовые условия ограничили выполнение первого разреза четырьмя станциями в самой глубокой части центральной котловины (станции 30–33), а технические проблемы ограничили пятью южными станциями повторение разреза через восточную котловину (станции 34–38). Но даже эти ограниченные наблюдения позволили получить достаточно интересную информацию об изменчивости океанологических процессов в этом регионе.

Рис. 6. Положение океанологических разрезов, выполненных в проливе Брансфилд судами ААНИИ



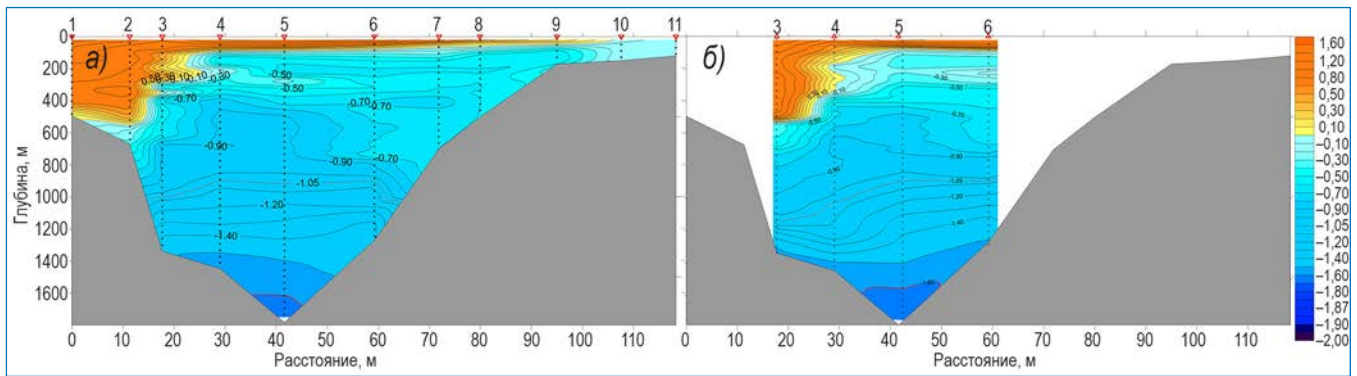


Рис. 7. Потенциальная температура на двух реализациях разреза через центральную котловину пролива Брансфилд, сделанных в январе (а) и феврале (б) 2022 года

Разрез через центральную котловину, выполненный в январе, позволил продолжить наблюдения над межгодовой изменчивостью структуры и характеристик водных масс в сравнении с реализациями разреза в период 61–66-й РАЭ. Наиболее значимые выводы можно сделать в отношении свойств придонных слоев ВПБ и структуры и особенностей изменчивости в области течения Брансфилда.

Характеристики придонного слоя ВПБ ($-1,644$ °C и $34,578$ psu) показывают потепление и опреснение слоя в сравнении с 2021 годом ($-1,747$ °C и $34,593$ psu), как и в сравнении с 2016–2018 годами. В целом за период наблюдений можно говорить о тренде на повышение температуры и понижение солёности придонного слоя ВПБ в центральной котловине пролива Брансфилд. Поскольку данные наблюдений показывают однозначную обратную связь между изменениями температуры и солёности ВПБ, можно утверждать, что наблюдаемое потепление связано не с увеличением вклада относительно теплой и соленой ЦГВ, а с изменением пропорций вкладов шельфовых и глубинных вод из моря Уэдделла.

Так же хорошо просматривается изменчивость характеристик и структуры течения Брансфилда. Наблюдаются различия в ширине (от 10 до 20 км) и вертикальной мощности (от 200 до 550 м) потока. Кроме того, по существующим представлениям, в нижней части потока наблюдается ядро, связанное с распространением ЦГВ (в известной степени модифицированной). По нашим данным, выраженное ядро ЦГВ наблюдалось только в данных, полученных в 2020–2022 годах. И в этот период характеристики ядра показали заметную изменчивость: глубина залегания ядра была в диапазоне 320–450 м, потенциальная температура наблюдалась от $0,4$ до $0,9$ °C, а солёность $34,58$ – $34,63$ psu. Трудно сказать, с какого временного масштаба изменчивостью мы имеем дело. По крайней мере повторенная через 20 суток часть разреза (рис. 7) показала, что ширина тече-

ния за этот период выросла от 20 до 28 км, температура в ядре ЦГВ увеличилась с $0,90$ до $1,20$ °C, а солёность с $34,60$ до $34,63$ psu.

Выполненная в феврале часть разреза через восточную котловину также продемонстрировала довольно неожиданный результат. В южной части разреза обнаружено сильное потепление слоя ВПБ. Средняя температура слоя от 600 м до дна (более 2200 м) выросла относительно наблюдаемой в период 63-й РАЭ в 2018 году на $0,25$ °C (с сопутствующим ростом солёности на $0,02$ psu). Такой удивительный рост средней температуры столь мощного слоя, формирующегося за счет поступления вод из моря Уэдделла, может отражать существенные изменения свойств поступающих вод или крупномасштабную изменчивость динамики этих процессов. Видимо, речь может идти об изменчивости климатического масштаба, что предполагает более глубокий анализ и продолжение наблюдений в этом регионе. Тем более что прямые наблюдения на западе моря Уэдделла невозможны из-за практически постоянного покрытия льдом данного региона.

Между двумя посещениями станции Беллинсгаузен НЭС «Академик Трёшников» побывало в районе станции

Рис. 8. Положение глубоководных океанографических станций на разрезе у станции Русская



Русская, где был продолжен мониторинг состояния океана. В период с 5 по 7 февраля был выполнен разрез по меридиану $138^{\circ}30'$ з. д., состоявший из 17 глубоководных океанографических станций (рис. 8, 9). Длина разреза составила 132,2 км, а координаты точек зондирования совпадали с таковыми для двух предыдущих реализаций данного разреза, сделанных в 2020 и 2021 годах. Расстояние между станциями не превышало 5 км.

Район между морями Росса и Амундсена, где располагается станция Русская, практически не обеспечен данными натурных наблюдений, но при этом весьма интересен с океанографической точки зрения, поскольку находится в области, разграничивающей принципиально отличные по процессам на шельфе и материковом склоне части Южного океана. Как известно, для Восточной Ан-

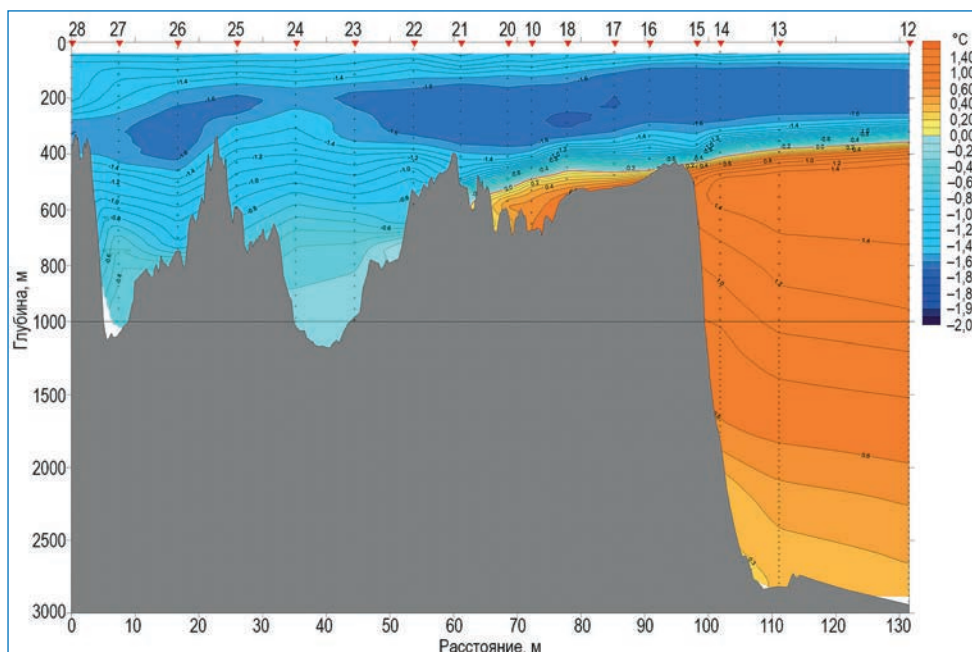


Рис. 9. Потенциальная температура на разрезе вблизи станции Русская

тарктики характерно образование на шельфе холодной и плотной АШВ, которая является основной компонентой в процессах смешения водных масс при образовании АДВ. На шельфах Западной Антарктиды образование АШВ не происходит, там шельф заполняет относительно теплая и соленая ЦГВ, поступающая сюда с АЦТ, что приводит к таянию шельфовых и выводных ледников. В районе между морями Росса и Амундсена происходит смена структур вод шельфа и материкового склона с холодных для Восточной Антарктиды к более теплым, характерным для прибрежной области Западной Антарктиды. Это определяет как важность получения данных натурных наблюдений для этого района, так и сложность в определении конкретного места проведения зондирований и последующей интерпретации результатов.

Анализ полученных данных показал, что положение разреза выбрано удачно для проведения мониторинга изменчивости влияния теплых глубинных вод на океанологический режим шельфовых областей. Как и в предыдущие два года, обнаружено поступление ЦГВ на шельф в области расположения разреза, как в его створе, так и через западнее расположенную депрессию, что показывает постоянство этого явления, по крайней мере в летний (для Южного полушария) период. Характеристики ЦГВ на шельфе показывают трансформацию, однако ее степень позволяет этой водной массе заметно влиять на режим вод региона и, возможно, на таяние ледников. Ее присутствие препятствует развитию конвективных процессов и образованию АШВ, что еще раз подтверждают данные наблюдений 2022 года. Вместе с тем три реализации разреза позволяют говорить о характере изменчивости процессов, связанных с распространением ЦГВ на шельфе.

Исходные характеристики ЦГВ формируются при ее перемещении в потоке АЦТ, а в область материкового склона и шельфа Антарктиды она поступает с восточными ветвями крупномасштабных циклонических круговоротов. Эти ветви поставляют ЦГВ в область склона, где она переносится в западном направлении Антарктическим склоновым течением, в той или иной степени трансформируясь в процессе этого перемещения. В зависимости от особенностей рельефа дна, крупномасштабной динамики, ветрового режима, ЦГВ поступают на шельф. Естественно, свойства ЦГВ на шельфе зависят и от ха-

рактеристик этой водной массы в непосредственной близости от бровки шельфа, и близости ее ядра к этой бровке. В районе нашего разреза ядро ЦГВ находится на расстоянии менее 5 км от бровки в слабо трансформированном виде (в течение этих лет значения в ядре составляли 1,4–1,6 °С, 34,72–34,74 psu). Собственно, и на самой бровке наблюдается лишь в несколько большей степени трансформированная ЦГВ. При этом нет однозначного соответствия между значениями характеристик в ядре мористее бровки шельфа и на самой бровке. В 2022 году температура и соленость в ядре были самыми высокими (1,56 °С и 34,74 psu), а на бровке им соответствовали самые низкие из трех лет значения этих характеристик (1,13 °С и 34,66 psu), в 2020 году 1,34 °С и 34,70 psu, а в 2021 году 1,28 °С и 34,73 psu.

При этом наибольшее распространение ЦГВ на шельфе было обнаружено в 2020 году, когда температура придонного слоя на расстоянии 35 км от бровки составила 1,14 °С при солености 34,68 (в 2021 году на 23 км 0,51 °С и 34,55 psu, в 2022 году — на 30 км 0,65 °С и 34,58 psu). Очевидна хорошо выраженная временная изменчивость характеристик и особенностей распространения ЦГВ на шельфе данного района. При этом обнаружен любопытный факт. В 2022 и 2021 годах, несмотря на различия в значениях характеристик и степени трансформации ЦГВ при распространении на шельфе, в придонном слое глубоководной впадины вблизи берега в обоих случаях обнаружена вода с одинаковыми свойствами (температура –0,33 °С, соленость 34,40 psu). Возможно, это связано с известной изолированностью этой котловины. В любом случае, результаты наблюдений на этом разрезе показывают существенную временную изменчивость в распределении и значениях характеристик водных масс, что предполагает целесообразность дальнейших наблюдений.

В заключение хочется в очередной раз отметить высокий профессионализм штурманского состава и ответственное отношение экипажей судов к проведению глубоководных океанологических исследований.

*Н.Н. Антипов, С.В. Кашин, М.С. Молчанов (АНИИ),
А.А. Федотова
(Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН)*