

Морские, речные и озёрные льды

УДК [551.462.32/.33+551.326.7](269)

Особенности формирования и распространения водных масс на шельфе и материковом склоне вокруг Антарктиды

© 2014 г. А.В. Клепиков, Н.Н. Антипов

Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург
klep@aari.ru

Formation and distribution of water masses on the shelf and continental slope around Antarctica

A.V. Klepikov, N.N. Antipov

Arctic and Antarctic Research Institute, St. Petersburg

Статья принята к печати 7 мая 2014 г.

*Антарктика, водная масса, донная вода, конвекция, фронт, шельф, Южный океан.
Antarctic, bottom water, convection, front, shelf, Southern ocean, water masses.*

Выполненные в последние десятилетия натурные исследования показали, что структура и характеристика водных масс в пределах шельфа Антарктиды существенно различаются по территории. Главное различие, согласно которому антарктический шельф делится на два региона, заключается в наличии (или отсутствии) в районе антарктической шельфовой воды, занимающей обычно нижний слой водной колонки и имеющей температуру, близкую к температуре замерзания. На всех шельфах Восточной и части Западной Антарктиды (от моря Уэдделла до моря Росса включительно) эта водная масса обнаружена в разных объёмах и имеет региональные различия в солёности. На шельфах большей части Западной Антарктиды (моря Амундсена и Беллинсгаузена, западный шельф Антарктического полуострова) признаков формирования арктической шельфовой воды не обнаружено. В результате указанных особенностей эти два региона играют принципиально разную роль в процессах, влияющих на климат. Речь идёт о формировании антарктической донной воды и воздействии тёплой циркумполярной глубинной воды на таяние шельфовых ледников.

The field studies of the last decades show that the structure and characteristics of the waters on the continental shelf of Antarctica have significant spatial differences. On the all shelves of the East and, partly, the West Antarctica (from the Weddell Sea to the Ross Sea, inclusive), Antarctic Shelf Water is found having different volumes and different salinities. On the shelves of most part of West Antarctica (in the Amundsen and Bellingshausen Seas and at the western shelf of the Antarctic Peninsula) the Antarctic Shelf Water is not found.

Введение

Антарктика и окружающий её Южный океан интересны, прежде всего, как важные части климатической системы планеты, в которой происходят существенные изменения. Исследованию климата Антарктиды уделяется особое внимание, так как её материковый ледяной покров содержит колоссальные запасы пресной воды, а увеличение таяния этого льда при потеплении атмосферы может вызвать катастрофическое повышение уровня Мирового океана. Кроме того, большие сезонные и межгодовые изменения площади морского льда делают климат Антарктики особенно чувствительным к изменению климата в других регионах вследствие существующих обратных связей в климатической системе.

Климатические изменения в Антарктике не имеют столь однонаправленного характера, как в Арктике, а что касается морского льда, то они вообще имеют противоположный знак. Так, общая площадь морского льда в Антарктике со второй половины 1990-х годов постоянно растёт, тогда как температура в верхнем километровом слое воды

Южного океана демонстрирует тренд потепления практически повсеместно [8, 10]. В основном, положительная аномалия в общей площади антарктического ледяного покрова обеспечивается западно-тихоокеанским сектором Южного океана (морем Росса). При этом в морях Амундсена и Беллинсгаузена наблюдается сокращение площади морского льда [19]. В опубликованном недавно Резюме для политиков к первой главе 5-го оценочного доклада Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) [12] сделан вывод, что средняя скорость потери льда антарктическим континентальным ледниковым покровом увеличилась с 30 Гт/год в 1992–2001 гг. до 147 Гт/год в 2002–2011 гг. С высокой степенью достоверности утверждается, что эти потери происходят главным образом в северной части Антарктического полуострова и в секторе моря Амундсена [12].

Новые методы оценки баланса массы континентального льда Антарктики сделаны, в основном, по результатам проекта GRACE, т.е. на основе спутниковых измерений гравитационных

изменений. Для более точной оценки баланса массы необходимо рассчитать приходную (аккумуляцию) и расходную (откол айсбергов, таяние подводной части шельфовых ледников) части. В работе [9] оценены сток материкового льда и баланс массы Антарктического ледникового покрова на основе обработки и анализа спутниковой информации, позволившей достаточно точно рассчитать аккумуляцию (снегонакопление) и установить айсберговый сток. Для оценки таяния подводной части шельфовых ледников необходимо исследование процессов в океане.

Процессы, происходящие в Южном океане, прежде всего на шельфе и континентальном склоне, исключительно важны для понимания происходящих изменений и разработки сценариев возможных климатических изменений. Абиссальная циркуляция Мирового океана, обусловленная распространением антарктических донных вод, может играть значительную роль в сменах ледниковых и межледниковых периодов. В то же время в районах, где сравнительно тёплые глубинные воды достигают подводных частей шельфовых ледников, происходит их таяние, которое влияет на баланс массы и устойчивость Антарктического ледникового щита. Цель настоящего исследования – проанализировать существующие процессы на антарктическом шельфе и материковом склоне, а также определить регионы, где есть или условия для формирования донных вод, или условия для таяния шельфовых ледников.

Постановка проблемы

Основной объём антарктической донной воды формируется за счёт процессов, протекающих на шельфе и материковом склоне Антарктиды. Главная составляющая донной воды – *антарктическая шельфовая вода*, которая образуется при формировании морского льда в осенне-зимний период и сопровождается выбросом соли, что продуцирует солёную воду с потенциальной температурой не выше $-1,85\text{ }^{\circ}\text{C}$ [16]. При этом конвекция достигает дна, т.е. шельфовые воды формируются, в основном, в районе прибрежных заприпайных полыней (шириной от нескольких до первых десятков километров), которые образуются практически повсеместно вдоль побережья Антарктиды и поддерживаются сильным кatabатическим ветром. Зимой в полынях из-за контакта с холодным воздухом происходит интенсивное образование льда, вызывающее осолонение вод. Сильный ветер не даёт полынь замёрзнуть, постоянно взламывает молодой лёд

и уносит его к дальнему от берега краю полыньи. Таким образом, весь зимний период в полынях, окаймляющих припай, образуется лёд, а излишки соли поступают в воду, увеличивая её солёность.

Собственно антарктическая шельфовая вода представляет собой придонный слой на шельфе, который сохраняет свою низкую температуру и высокую плотность и в летний период, когда эта водная масса не формируется. Часть этой воды может быть модифицирована вследствие таяния у нижней поверхности шельфовых ледников, где образуется вода холоднее $-1,85\text{ }^{\circ}\text{C}$ (наблюдались значения примерно до $-2,3\text{ }^{\circ}\text{C}$), поскольку рост давления с глубиной понижает точку замерзания [15].

Образующаяся переохлаждённая (относительно точки замерзания при атмосферном давлении) вода именуется *водой шельфовых ледников*. Эта вода в смеси с антарктической шельфовой водой, выходя из области формирования, может накапливаться в депрессиях на шельфе, со временем переливаясь через порог у бровки шельфа или находить пути вниз по каньонам в сторону глубокого океана. В результате она смешивается с более тёплой ($> 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) и обычно более солёной глубинной водой над склоном [11]. Когда плотность этой смеси становится равной плотности окружающего океана, она покидает окрестности континентального склона и занимает соответствующий слой. Если она достигнет дна склона, то может стать *антарктической донной водой*.

Занимающая самый нижний слой океана (глубже 4 км) антарктическая донная вода растекается по дну на север вплоть до умеренных широт Северного полушария, существенно влияя на глобальную структуру Мирового океана и интенсивность меридиональной циркуляции вод в нём. В Атлантическом океане поверх антарктической донной воды и навстречу ей движется *североатлантическая глубинная вода*, образующаяся в верхнем слое океана к юго-востоку от Гренландии. Двигаясь на юг, относительно тёплые и солёные глубинные воды Северной Атлантики с глубин более 3000 м поднимаются в области Антарктического полярного фронта до глубин 500–800 м и вовлекаются в *Антарктическое циркумполярное течение*. Перемещаясь вокруг Антарктиды в потоке этого течения, североатлантическая глубинная вода путём смешивания с окружающими водами преобразуется в *циркумполярную глубинную воду*. Под влиянием преобладающих над Южным океаном сильных западных ветров и под воздействием силы Кориолиса происходит отток поверхностных вод на север, что позволяет глубин-

ным водам подниматься к поверхности вблизи континентального склона и шельфа [1].

Поступление циркумполярной глубинной воды в область материкового склона и шельфа — основа всех протекающих здесь процессов и формирующихся типов водных масс. Поступление этой воды в прибрежный регион обеспечивается системой крупномасштабных циклонических круговоротов, южные ветви которых связаны с направленным на запад антарктическим прибрежным течением. Особенно хорошо круговороты выражены в морях Уэдделла, Росса и заливе Прюдс, которые глубоко вдаются в континент. Перенос сравнительно тёплых и солёных циркумполярных глубинных вод к побережью Антарктиды происходит в восточных звеньях субполярных циклонических круговоротов, что приводит к образованию аномалий в морском ледяном покрове (областей тонкого и разреженного льда и даже полыней) из-за «подогрева» снизу, вызывает таяние оснований шельфовых ледников и способствует формированию донных вод путём смешивания циркумполярной глубинной воды с антарктической шельфовой водой и водой шельфовых ледников. Вновь образованная антарктическая донная вода выносится на север уже в западных звеньях циклонических круговоротов.

К наиболее известным и изученным крупномасштабным циклоническим циркуляциям относятся круговороты Уэдделла и Росса [1, 13, 14, 18]. В их формировании основную роль играет топография дна, под воздействием которой происходят поворот к югу вод южной периферии Антарктического циркумполярного течения и формирование восточных звеньев круговоротов. Поступающие в восточные звенья глубинные воды вблизи бровки континентального шельфа Антарктиды, над материковым склоном, смешиваются с шельфовыми водами. Район активного взаимодействия антарктической шельфовой и циркумполярной глубинной воды, характеризующийся заметным обострением градиентов океанологических параметров, получил название *антарктического склонового фронта* [17]. В динамическом отношении с этим фронтом связан стрежень антарктического прибрежного течения. Образование западных ветвей круговоротов также определяются донной топографией и конфигурацией береговой линии.

Антарктический склоновый фронт препятствует проникновению циркумполярной глубинной воды на шельф. Но так происходит не везде. На юго-востоке тихоокеанского сектора Южного океана (морья Амундсена и Беллинсгаузена, за-

падная часть Антарктического полуострова) почти нетрансформированная циркумполярная глубинная вода с температурой более $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$ проникает в глубь шельфовых районов. Появление этой воды на шельфе может быть связано с крупномасштабной циркуляцией океана и атмосферы и особенностями топографии континентального шельфа. В результате в этих регионах складывается принципиально иная структура вод на шельфе и материковом склоне: несмотря на широкий шельф и наличие шельфовых ледников здесь не формируются шельфовые воды, а соответственно, и донные, а наблюдается взаимодействие сравнительно тёплых циркумполярных глубинных вод с шельфовыми ледниками, которое приводит к их таянию. Для определения районов на антарктическом шельфе и склоне, где есть условия для формирования донных вод или таяния шельфовых ледников, рассмотрим пространственные особенности распределения свойств вод придонного слоя в Южном океане.

Распределение свойств вод в придонном слое Южного океана

Естественным и объективным индикатором наличия или отсутствия антарктической донной и антарктической шельфовой воды может быть температура придонного слоя. На рис. 1 показано распределение потенциальной температуры в придонном 50-метровом слое к югу от 65° ю.ш. Карта построена на основе базы данных Арктического и Антарктического научно-исследовательского института. Для района южнее 65° ю.ш. сформирован массив, содержащий данные наблюдений почти на 10 тыс. станций, выполненных в 1911–2013 гг. После их анализа мы рассчитали потенциальную температуру в придонном 50-метровом слое, распределение которой показано на рис. 1. В качестве условной границы холодных и тёплых вод выбрана изотерма $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Это значение часто используется в качестве условной верхней границы антарктической донной воды при определении толщины её слоя [11]. На рис. 1 даны также изобаты 500 и 3000 м, которые в большинстве случаев отмечают положение бровки шельфа и переход от материкового склона к океаническому ложу соответственно. Выделены также области с потенциальной температурой ниже $-1,8$, $-1,0\div-1,8$ и $0\div-1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. В области положительных температур придонного слоя изотермы проведены через $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Представленная схема не только отражает разделение прибрежных районов Антарктиды на холодные (шельф и склон заполнены холодными

шельфовыми водами местного или адвективного происхождения или продуктами их трансформации) и тёплые (шельф и склон заполнены слаботрансформированной циркумпольярной глубинной водой), но и позволяет определить районы как уже установленного, так и возможного формирования антарктических донных вод. Наибольшую площадь вода придонного слоя с температурой, близкой к температуре замерзания, занимает на шельфах морей Уэдделла и Росса — основных районов формирования антарктической донной воды. Кроме того, по этому признаку могут быть выделены ещё два района: залив Прюдс и область в районе 150° в.д. Небольшой ареал такой воды выделяется и в море Дейвиса, хотя на сегодняшний день признаков формирования донных вод в этом районе не обнаружено.

Если изотерма $-1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ в основном наблюдается в южных частях шельфовых областей, т.е. южнее изобаты 500 м, то изотерма $-1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, соответствующая ареалу распространения трансформированных шельфовых вод и региональных типов донных вод, в большинстве районов находится в районе бровки шельфа и верхней части материкового склона. Исключение составляют западная и юго-западная части моря Уэдделла, где интенсивность и объём формируемых донных вод столь велик, что вода с такой низкой температурой заполняет весь материковый склон и наблюдается на глубинах свыше 3000 м. Конфигурация области отрицательных температур придонного слоя в первом приближении отражает ареал распространения как региональных типов вод, так и классической антарктической донной воды. Наибольшую площадь последний тип воды занимает в атлантическом секторе, что объясняется находящимся в этом секторе самым мощным её источником — шельфовой областью моря Уэдделла. Таким образом, придонный слой акватории вблизи береговой линии Антарктиды (от восточного побережья Антарктического полуострова до 160° з.д., т.е. более чем 75% её протяженности) занимает вода с отрицательными температурами. Вместе с тем западный шельф Антарктического полуострова, области морей Беллинсгаузена и Амундсена, характеризуются положительными значениями температуры придонного слоя, что отражает факт распространения здесь *слаботрансформированной циркумпольярной глубинной воды*. При этом видно, что область моря Беллинсгаузена в районе Земли Александра I характеризуется более высокой температурой глубинной воды, заполняющей шельф, по сравнению с другими областями этого региона (например, в море

Амундсена). Для выявления особенностей структуры и характеристик вод шельфа и склона как в районе формирования шельфовых и донных вод (залив Прюдс), так и в районе положительных температур придонного слоя (моря Амундсена и Беллинсгаузена) в течение последних 15 лет планировались и проводились экспедиции ААНИИ.

Результаты исследований в шельфовых областях Южного океана

Экспедиционные исследования ААНИИ в последние годы были направлены, в первую очередь, на исследование прибрежных вод в районах возможного образования антарктической донной воды, прежде всего в заливе Прюдс моря Содружества. Рельеф дна залива Прюдс типичен для глубоко вдающихся в материк шельфовых областей Антарктики. Внешняя область шельфа представляет собой мелководный порог с глубинами менее 400 м, а в районе банки Фор-Ледис и отмели Фрам — с глубинами менее 200 м. Единственное углубление в пороге расположено в пределах 71–73° в.д. Этот проход с глубинами 500–600 м (канал Прюдс) соединяет занимающую значительную часть шельфа глубокоководную впадину (депрессия Эймери, глубина 600–700 м) с глубинной частью океана. В пределах депрессии в южном направлении глубины возрастают в среднем до 800 м, а на юго-западе залива, в районе западного края шельфового ледника Эймери, превышают 1000 м. Область залива восточнее депрессии Эймери относительно мелководна, хотя на северо-востоке также отмечается глубокоководная впадина (до 1300 м), которая уходит под Западный шельфовый ледник и, вероятно, связывает исследуемую область с морем Дейвиса.

Район залива Прюдс (*район 1* на рис. 1) с начала регулярных исследований Южного океана считался перспективным с точки зрения выяснения его роли в формировании антарктической донной воды и вентиляции глубинных вод. Начиная с 1960-х годов в заливе были выполнены крупномасштабные океанографические съёмки, позволившие составить представление о режиме вод и льдов залива. Обобщение полученных данных дало возможность получить достаточно полную картину крупномасштабной циркуляции вод и сведения о сезонной изменчивости характеристик основных водных масс залива [2, 20]. Вместе с тем данные наблюдений, подтверждающие факт опускания приповерхностных вод и их модификацию вниз по склону с возможной трансформацией в донные и глубинные воды, до недавнего времени отсутствовали. Име-

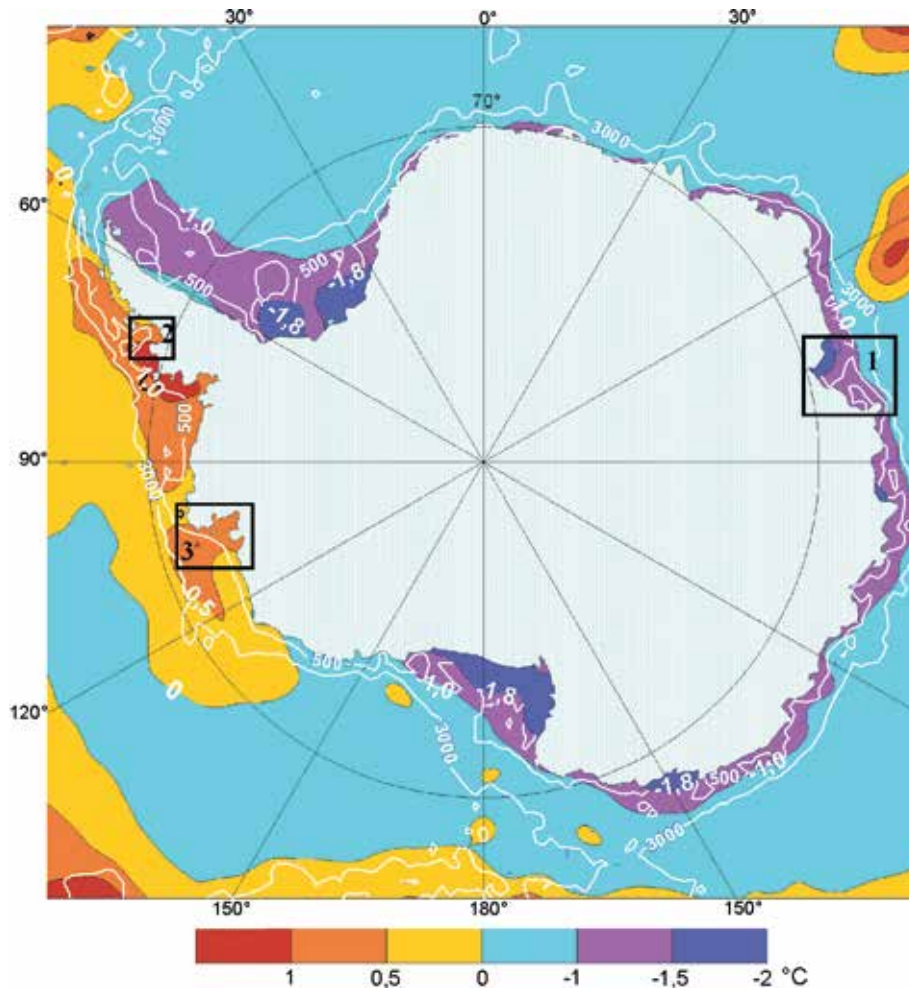


Рис. 1. Потенциальная температура в придонном 50-метровом слое вод в антарктической зоне Южного океана. Показаны изобаты 500 м (соответствует внешней границе шельфа) и 3000 м (соответствует основанию материкового склона). Цифрами обозначены районы, рассматриваемые в статье: 1 – залив Прюдс; 2 – залив Маргерит; 3 – море Амундсена

Fig. 1. Potential temperature of the sea water in the bottom 50 m thick layer in the Antarctic zone of the Southern Ocean. 500 m (corresponds to the outer boundary of the shelf) and 3,000 m (corresponds to the base of the continental slope) isobaths are shown. Numbers indicate the areas considered in this paper: 1 – Prydz Bay; 2 – Marguerite Bay; 3 – Amundsen Sea

лись лишь косвенные указания на возможность формирования в этом регионе донных вод.

Более целенаправленные и регулярные экспедиционные исследования в заливе Прюдс в рамках сезонных работ Российской антарктической экспедиции начались в 1997 г. В 1997–2001 гг. экспедиционные работы были направлены на исследование структуры вод шельфовой области на юго-западе залива, вблизи фронта шельфового ледника Эймери, а также структуры вод шельфа и материкового склона мелководной восточной части залива Прюдс (восточнее котловины Эймери). Полученная в этот период информация в совокупности с архивными данными позволила сделать выводы о свойствах и распространении в заливе антарктической шельфовой воды и воды шельфовых ледни-

ков. Даны характеристики, районы поступления на шельф и распространения модифицированной циркумполярной глубинной воды, а также изучена структура вод в области материкового склона восточной части залива как в летний, так и в зимний период [3, 4, 7–9]. Установлено, что антарктическая шельфовая вода и вода шельфовых ледников распространяются на север в основном через котловину Эймери с дальнейшим выходом в район внешней бровки шельфа и смещением к западу, где они участвуют в процессах перемешивания, которые ведут к формированию плотной воды, опускающейся вдоль дна материкового склона [3]. Температура придонного слоя восточной части залива отражала влияние модифицированной циркумполярной глубинной воды и была равна вбли-

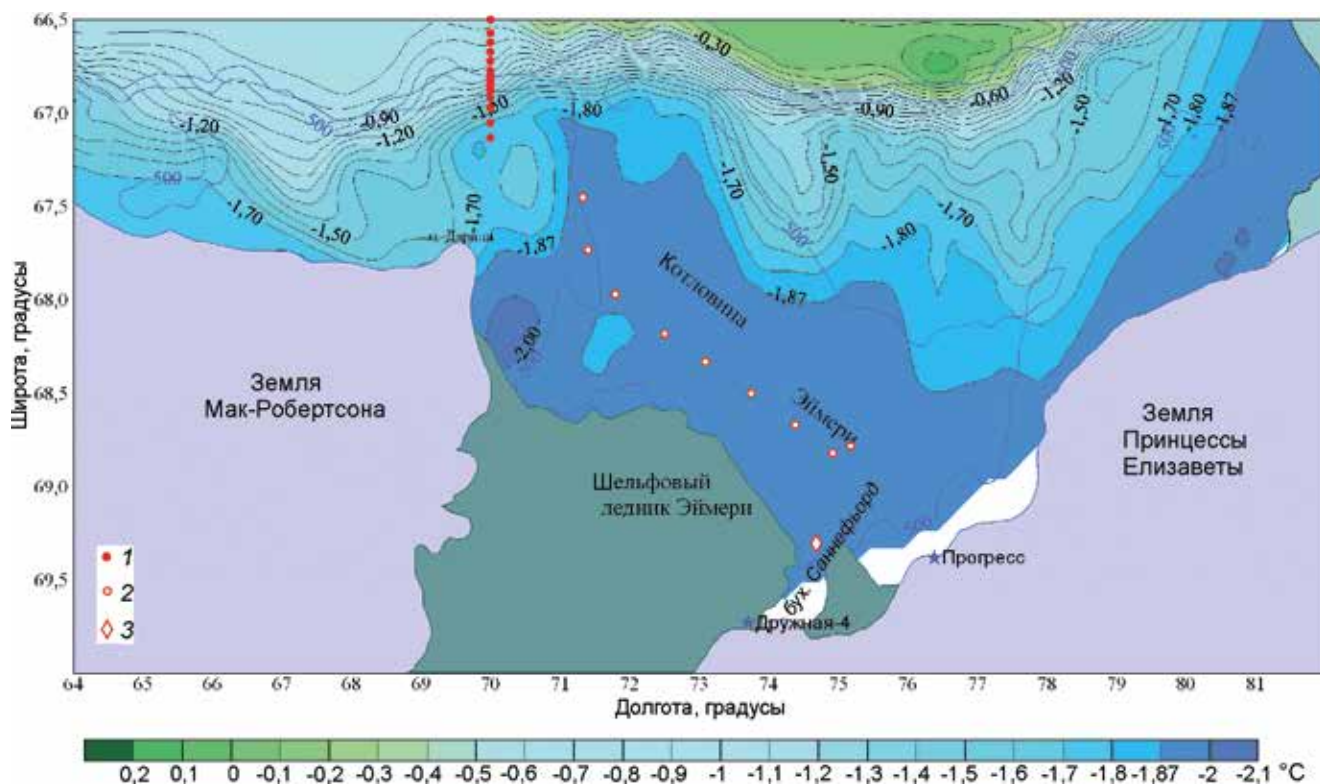


Рис. 2. Потенциальная температура в придонном 50-метровом слое вод залива Прюдс. Показаны изобаты 500 м. 1 – положение разреза по 70° в.д.; 2 – положение разреза в котловине Эймери; 3 – положение многосуточной станции в припае бухты Саннефьорд

Fig. 2. Potential temperature of the sea water in the bottom 50 m thick layer in Prydz Bay. Contours shown are 500 m isobaths. 1 – position of the section along 70° E; 2 – position of the section in the Amery Basin; 3 – position of the multi-day station in the fast ice in the Sandefjord Bay

зи бровки шельфа примерно $-1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, понижаясь в южном направлении до температуры, характерной для антарктической шельфовой воды.

Вблизи фронта шельфового ледника Эймери в экспедиции 1998 г. была зафиксирована переохлаждённая вода шельфовых ледников, самая низкая температура которой (ниже $-2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$) установлена на глубине 200–400 м вблизи западного края ледника, т.е. приблизительно на уровне глубины нижней поверхности шельфового ледника в районе его фронта. При этом толщина слоя воды шельфовых ледников составляла около 600–800 м. Вблизи восточной части фронта ледника переохлаждённая вода наблюдалась только в тонком придонном слое; вышележащая вода имела температуру, соответствующую антарктической шельфовой воде. Такое распределение соответствует циклоническому характеру циркуляции в заливе Прюдс, который предполагает вынос переохлаждённой воды из-под ледника в его западной части.

На рис. 2 показано распределение потенциальной температуры придонного слоя в этом рай-

оне, построенное по данным современного архива ААНИИ, содержащего для изучаемого региона материалы наблюдений на 770 станциях, полученные в 1929–2013 гг. Практически все станции выполнены летом, наибольшее число станций сделано с борта судна ААНИИ «Академик Федоров». На карте отражены различия в характеристиках придонного слоя мелководной северо-восточной части залива и области котловины Эймери. Антарктическая шельфовая вода покрывает дно котловины Эймери слоем, мощность которого уменьшается в северном направлении. Она (точнее, смесь шельфовой воды и воды шельфовых ледников) распространяется в сторону края шельфа, причём, по проведённым расчётам, это движение происходит вдоль западного края котловины Эймери.

Особенности вертикальной структуры водных масс, в частности шельфовой воды и воды шельфовых ледников, изучены путём исследования разрезов в пределах котловины Эймери; некоторые выводы о временной изменчивости получены при выполнении многосуточной станции в припай-

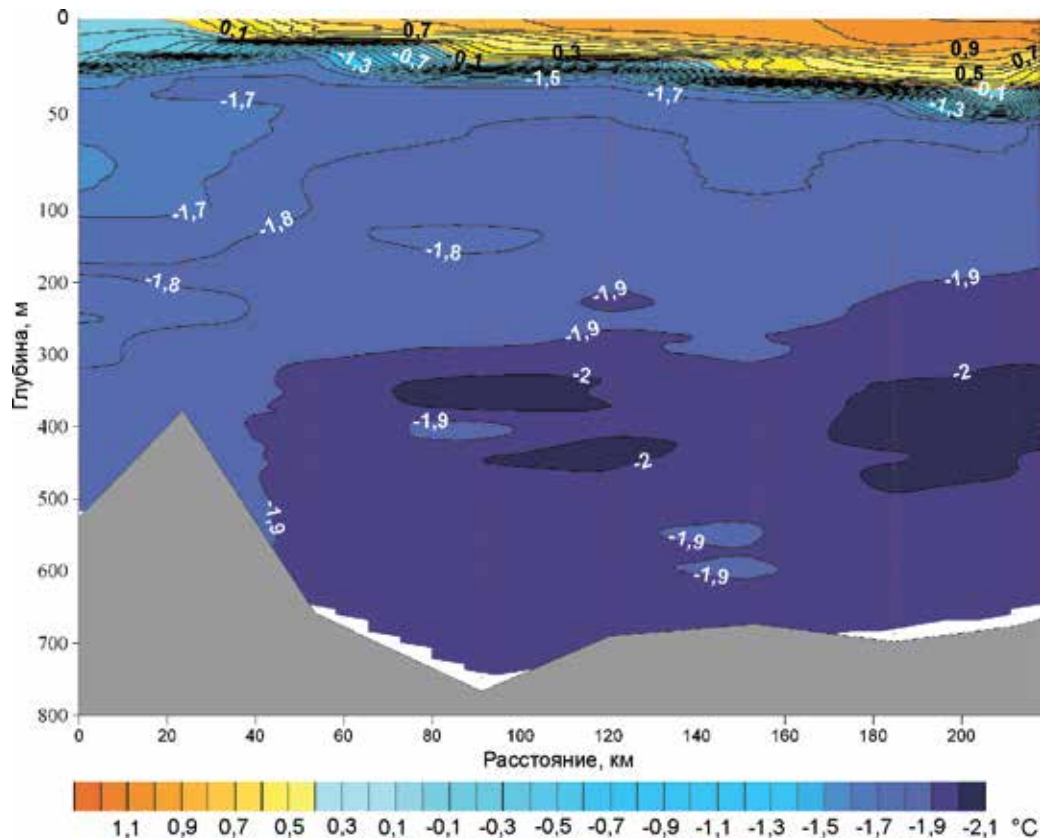


Рис. 3. Потенциальная температура вод на разрезе в котловине Эймери, параллельном краю шельфового ледника.

Положение разреза показано на рис. 2, расстояние отсчитывается от самой западной станции

Fig. 3. Potential temperature of the water on section in Amery Basin parallel to the edge of the ice shelf.

The position of the section is shown in Fig. 2. The distance is measured from the most westerly station

ном льду у восточного края ледника. Пройденные вблизи фронта шельфового ледника и параллельно ему на расстоянии около 20–30 миль разрезы (положение показано на рис. 2, а распределение потенциальной температуры на разрезе 2011 г. дано на рис. 3) показали достаточно мощный слой переохлаждённой (температура ниже $-1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$) воды. В 2011 г. толщина этого слоя составляла около 500 м (изотерма $-1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ на глубине 200 м), ядро с температурой менее $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ было расположено на глубинах 300–400 м. Изотерма $-1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (верхняя граница шельфовой воды) проходила на глубине 100 м. В 2012 г. на том же разрезе мощность слоя воды шельфовых ледников была больше (примерно 600 м), однако тогда не наблюдалось выраженного ядра минимальной температуры. В отличие от разрезов вблизи фронта ледника, пройденных в 1998 г., мощный слой переохлаждённой воды наблюдался и в районе восточной части фронта ледника.

Распространение шельфовой воды на север показывают разрезы по 72° в.д., пройденные в 2004 и 2005 гг. В 2004 г. слой шельфовой воды толщиной

около 350 м достигал $67,5^{\circ}$ ю.ш., тогда как в 2005 г. слой шельфовой воды толщиной 450 м наблюдался на этой долготе несколько севернее, на широте 67° ю.ш., а 10-ю милями севернее эта вода занимала 40-метровый слой. При этом был замечен вклад воды шельфовых ледников – температура на этих станциях у дна была около $-1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Всё это указывает на существенную изменчивость объёмов шельфовых вод, просматривается также и тенденция к росту объёма воды шельфовых ледников. Данные об изменчивости характеристик и структуры вод вблизи ледника получены при выполнении многосуточной станции у его восточного края, на входе в бухту Саннефьорд. Изменение во времени термической структуры воды на этой станции показано на рис. 4.

Для выполнения станций судно незначительно углубилось в толстый (до 2 м) однолетний припай, где встало на ледовый якорь в точке с координатами $69^{\circ}18'$ ю.ш. и $74^{\circ}41'$ в.д. при глубине моря 775 м. Точка находилась вблизи горловины бухты Саннефьорд, в 4 милях от ледника Пабликейшенс и в 7 милях от ледника Эймери. Подобные исследова-

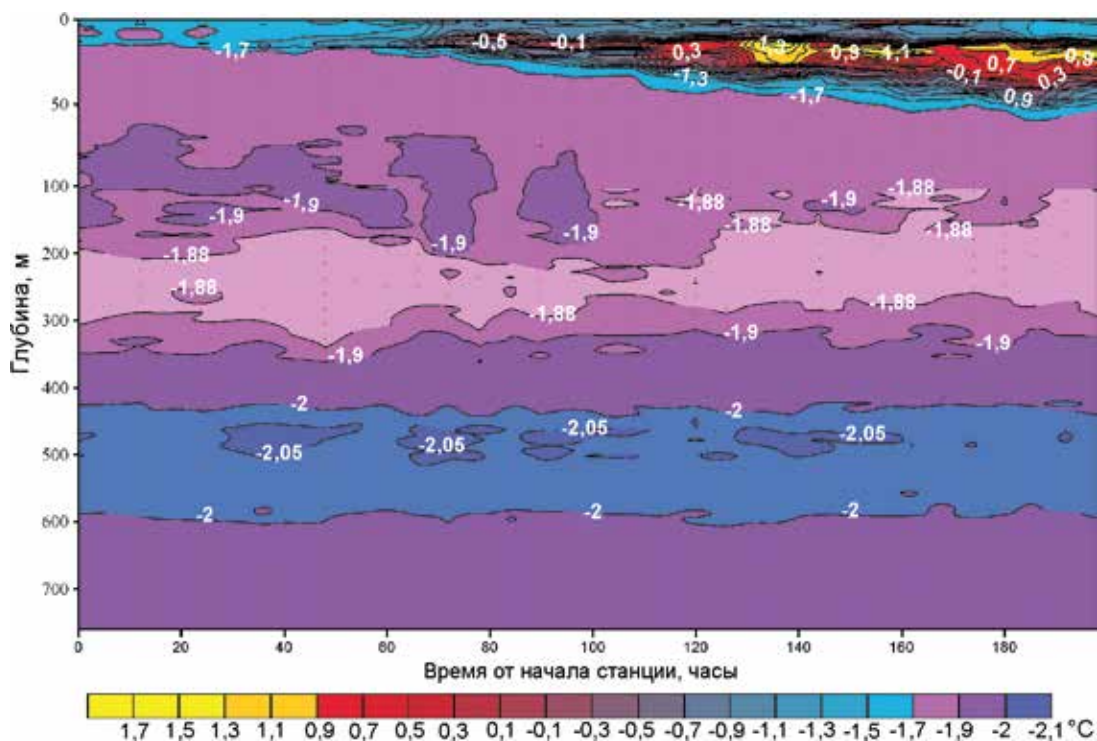


Рис. 4. Временной ход потенциальной температуры воды на многосуточной станции в припае бухты Саннефьорд. Положение станции показано на рис. 2.

Fig. 4. Temporal variations of the potential temperature of water during multi-day station in the fast ice in the Sandefjord Bay. Location of the station is shown in Fig. 2.

ния изменчивости структуры и параметров воды под припайным льдом в данном районе никогда не проводились. За время наблюдений с 15 по 23 января температура воды на глубинах 15–20 м под припайным льдом выросла с $-1,67\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+1,54\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом за указанный период возник подповерхностный слой толщиной до 30 м, имевший положительные температуры. Очевидно, причина таких изменений – адвекция из свободной ото льда области залива Прудс, где вода прогрелась до подобных температур на соответствующих глубинах. Возможно, нами зафиксирован механизм, способствующий более интенсивному разрушению припая.

После недельного отсутствия судно вернулось в точку практически с теми же координатами. Здесь с 30 января по 2 февраля сделана 4-суточная станция с зондированием 2 раза в сутки. Значения температуры в слое максимальных температур оказались заметно ниже, чем неделей раньше, когда завершалась первая многосуточная станция (максимальная температура на глубине 18 м тогда составляла $1,45\text{ }^{\circ}\text{C}$). При возобновлении наблюдений 30 января максимум располагался на глубине 40 м, где температура была равна $0,34\text{ }^{\circ}\text{C}$. За сутки она увеличилась до $0,64\text{ }^{\circ}\text{C}$, однако на третьи и четвёртые сутки

она снова понизилась до $0,28\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом заметно увеличилась толщина слоя с положительными температурами: за время выполнения второй многосуточной станции она выросла с 44 до 60 м. Вместе с тем ниже поверхностного слоя до дна обнаружена переохлаждённая вода шельфовых ледников с двумя промежуточными минимумами. Наиболее холодный слой (температура от $-2,0$ до $-2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$) установлен на глубинах 450–600 м. Относительно более тёплый слой с температурой от $-1,9$ до $-2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ находился на глубинах 70–150 м. По мере развития тёплого подповерхностного слоя температура верхнего минимума стала выше $-1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, а нижний минимум свои характеристики сохранил.

Целенаправленные исследования процессов формирования донной воды на меридиональных разрезах начаты в 2004 г. В 2004–2007 гг. выполнены разрезы по меридианам $72, 71, 70, 68, 66, 64$ и 62° в.д. Разрезы имели различную протяжённость (от 24 до 237 км), разрез по 70° в.д. проходили в каждом сезоне, разрез по 64° в.д. – в трёх, по 72° в.д. – в двух из четырёх сезонов. При повторении разрезов в последующих экспедициях расстояния между станциями уменьшались, в первую очередь в районе бровки шельфа и верхней части

склона, исходя из анализа данных предыдущих реализаций. Наиболее информативным и интересным, а также более доступным по ледовым условиям оказался разрез по 70° в.д. Расстояние между станциями в районе наиболее крутой верхней части материкового склона было уменьшено до 5–6 км, в 2007 г. между одной из пар станций расстояние составляло 1,8 км. По данным натурных исследований 2004–2007 гг. зафиксировано наличие плотной, холодной, обогащённой кислородом водной массы, названной нами *донной водой залива Прюдс*. Эта водная масса была обнаружена в области материкового склона Антарктиды на большинстве станций, выполненных в секторе 71 – 62° в.д. [2]. Она формируется вблизи бровки шельфа в пределах того же долготного региона с дальнейшим перемещением вниз и вдоль по склону. Собственно процесс опускания, или «каскадинг» [5, 6], обнаружен только в створе разрезов по 71 и 70° в.д. По мере опускания происходит её перемешивание с циркумполярной глубинной водой, а результирующая смесь пополняет антарктическую донную или циркумполярную глубинную воду на уровнях, соответствующих её плотности.

Установлено, что обнаруженная донная вода залива Прюдс есть результат смешивания модифицированной циркумполярной глубинной воды с холодными антарктическими шельфовыми водами, формирующимися главным образом на юге залива Прюдс, вблизи шельфового ледника Эймери [3, 4]. На вертикальных профилях температуры и солёности в районе склонового фронта отмечается большое число интрузий, отражающих активную роль опускающихся плотных вод в вентилиации глубинных вод на промежуточных глубинах и в пополнении слоя донных вод. Распределение температуры и солёности между разрезами по 62 , 64 и 70° в.д. показывает, что объёмы холодных плотных вод, заполняющих область материкового склона, возрастают в западном направлении, по мере сужения шельфа и увеличения уклона его дна в мористую сторону. Данные предыдущих наблюдений позволяют предположить, что основной сток плотных вод от бровки шельфа происходит в районе 72 – 70° в.д. с дальнейшим распространением вниз по материковому склону и вдоль него.

Антарктический склоновый фронт на выполненных разрезах выражен в аномально высоких по сравнению с наблюдаемыми в других районах Антарктики значениях горизонтальных градиентов параметров в слое 400–800 м. Ширина фронта оценивается в 10 км; по мере смещения на запад в

нём заметно возрастают градиенты температуры и солёности. Съёмки показали, что пространственное разрешение на разрезах ~ 5 км недостаточно для адекватной фиксации процесса присклонной конвекции. Тем не менее, оно позволило проанализировать и сделать выводы о соответствии наблюдаемых параметров параметрам, полученным ранее путём лабораторного и численного моделирования [7].

Существенно расширились представления о процессах, связанных с опусканием плотных вод по шельфу и склону в районе 70° в.д., после экспедиций 2011–2013 гг., когда удалось получить новые данные о структуре вод вблизи шельфового ледника Эймери и выполнить разрезы по 70° в.д. с расстоянием между станциями в районе бровки шельфа и верхней части материкового склона порядка одной мили. Точное определение вертикальных границ водных масс обеспечивается высокой разрешающей способностью и высокой точностью измерений используемого зондирующего комплекса SeaBird 911+. Результаты анализа данных наблюдений на 70° в.д. показали активную мезомасштабную динамику, выраженную в сложной термохалинной структуре (рис. 5).

Отметим основные особенности структуры и характеристики водных масс, играющих основную роль в формировании плотных холодных вод, опускающихся вдоль склона и участвующих в образовании донных глубинных вод и их вентилиации. Так, в 2011 г. относительно слабо трансформированная циркумполярная глубинная вода наблюдалась достаточно близко к берегу. В слое температурного максимума на расстоянии около 10 км от бровки шельфа на глубине около 700 м обнаружены относительно высокие значения температуры и солёности ($0,63^\circ\text{C}$ и $34,68\text{‰}$). На северных станциях пройденного разреза характеристики этого слоя имели подобные значения, что подтверждает слабую трансформацию циркумполярной глубинной воды, наблюдаемую в плоскости разреза.

Модифицированная циркумполярная глубинная вода – результат трансформации циркумполярной глубинной воды, которая проявляется на шельфе как слой с максимумом температуры, формирование которого не связано с летним прогревом поверхности моря. Модифицированная циркумполярная глубинная вода, взаимодействуя с антарктической шельфовой водой, формирует плотные смеси, которые могут затем опускаться по материковому склону. Донная вода залива Прюдс, открытая в экспедициях 2004–2007 гг., об-

наружена и в данном случае. В нижней части склона на некоторых станциях на глубине около 1900 м она подстилает слой антарктической донной воды. Температура тонкого (~30 м) слоя у дна составляет $-0,49$ °С, солёность 34,62 ‰, содержание растворённого кислорода в ней 5,5 мл/л. Заметно более мощный слой донной воды залива Прюдс, не связанный с плотными водами в верхней части материкового склона, установлен в средней части материкового склона на глубинах 1300–1700 м. Можно полагать, что это – конвективный плюм, т.е. отдельный объём плотных вод, опускающийся по склону к абиссали. В центральной части плюма толщина слоя около 200 м, температура у дна $-0,70$ °С, солёность 34,60 ‰, содержание растворённого кислорода 5,8 мл/л. Горизонтальный размер плюма мы оценили в 10 км. Скорее всего, перемещение плюма вниз по материковому склону имеет заметную западную составляющую.

В верхней части материкового склона, немного глубже бровки шельфа, и далее на шельфе, у дна, наблюдается вода, которая по своим характеристикам может рассматриваться как кандидат на опускание вниз по материковому склону. Однако распределение придонных характеристик позволяет предположить, что глубже 600 м она не опускается и далее отрывается от склона в виде интрузий или линз. Наблюдаемые распределения температуры и солёности свидетельствуют о наличии мезомасштабных образований, предположительно вихрей, переносящих плотные воды от бровки шельфа.

Разрез по 70° в.д., пройденный в январе 2012 г., с координатами точек зондирования, полностью совпадающими с таковыми для разреза 2011 г., показал заметные различия как в крупно-, так и в мезомасштабных особенностях структуры. Циркумполярная глубинная вода, более тёплая и солёная, чем в 2011 г. (температура $0,70$ °С, солёность 34,683 ‰), находится на расстоянии менее 4 км от бровки шельфа (в 2011 г. – около 10 км). Возможно, этот факт отражает влияние крупномасштабных процессов, например, изменчивость интенсивности Антарктического циркумполярного течения. При этом не обнаружено интрузий холодных вод в слой циркумполярной глубинной воды, как это наблюдалось в 2011 г. Есть принципиальные отличия и в характеристиках, и в структуре антарктической шельфовой воды. Как и в более ранних экспедициях, подтверждается, что антарктическая шельфовая вода занимает придонный слой, содержащий несколько более тёплую и солёную воду, чем это было в январе 2011 г. Толщина слоя относительно невелика (30–

80 м), и его северная граница находится примерно в 15 км от бровки шельфа.

На всех пройденных ранее разрезах по 70° в.д. антарктическая шельфовая вода наблюдалась значительно ближе к бровке. Между бровкой шельфа и границей антарктической шельфовой воды нижний 200-метровый слой занимает относительно тёплая (выше -1 °С) модифицированная циркумполярная глубинная вода, в центре которой с ядром на глубине 400 м обнаружена тёплая линза толщиной несколько меньше 100 м и меридиональной протяжённостью около 2 км. Она переносит очень однородную по вертикали воду с температурой $0,12$ °С и солёностью 34,64 ‰. Другая относительно тёплая линза установлена выше слоя антарктической шельфовой воды, в области глубины 350 м. Температура в ядре составляет $-0,04$ °С, солёность 34,58 ‰. Вертикальный размер линзы оценивается в 50 м, горизонтальный по меридиану – около 10 км. Данная линза – часть слоя модифицированной циркумполярной глубинной воды расположенного выше слоя антарктической шельфовой воды. Таким образом, можно полагать, что в 2012 г. воды шельфа находились под более сильным влиянием циркумполярной глубинной воды, чем в предыдущие годы.

Заметные различия между данными съёмки 2011 и 2012 гг. наблюдаются и в нижней части материкового склона, в области плюма. В 2012 г. плюм содержал значительно более холодную воду (минимальная температура в ядре плюма $-1,60$ °С при более низкой солёности 34,54 ‰ и высоком содержании растворённого кислорода 6,7 мл/л). При этом он имел большие размеры как по вертикали (более 200 м), так и вдоль меридиана – около 15 км. В 2013 г. на этом разрезе мы также обнаружили донную воду залива Прюдс. В нижней части склона на некоторых станциях она подстилает слой антарктической донной воды. В центральной части толщина конвективного плюма составляет около 300 м, температура у дна $-1,50$ °С, солёность 34,60 ‰. Горизонтальный размер данного образования оценён в 20 км.

Таким образом, съёмки залива Прюдс 2004–2007 и 2011–2013 гг. показали, что межгодовая изменчивость крупномасштабной циркуляции, процессов формирования и распространения холодных и плотных антарктических шельфовых вод, а также разнообразие механизмов образования и распространения донной воды залива Прюдс от бровки шельфа на материковый склон проявляются в значительной временной изменчивости харак-

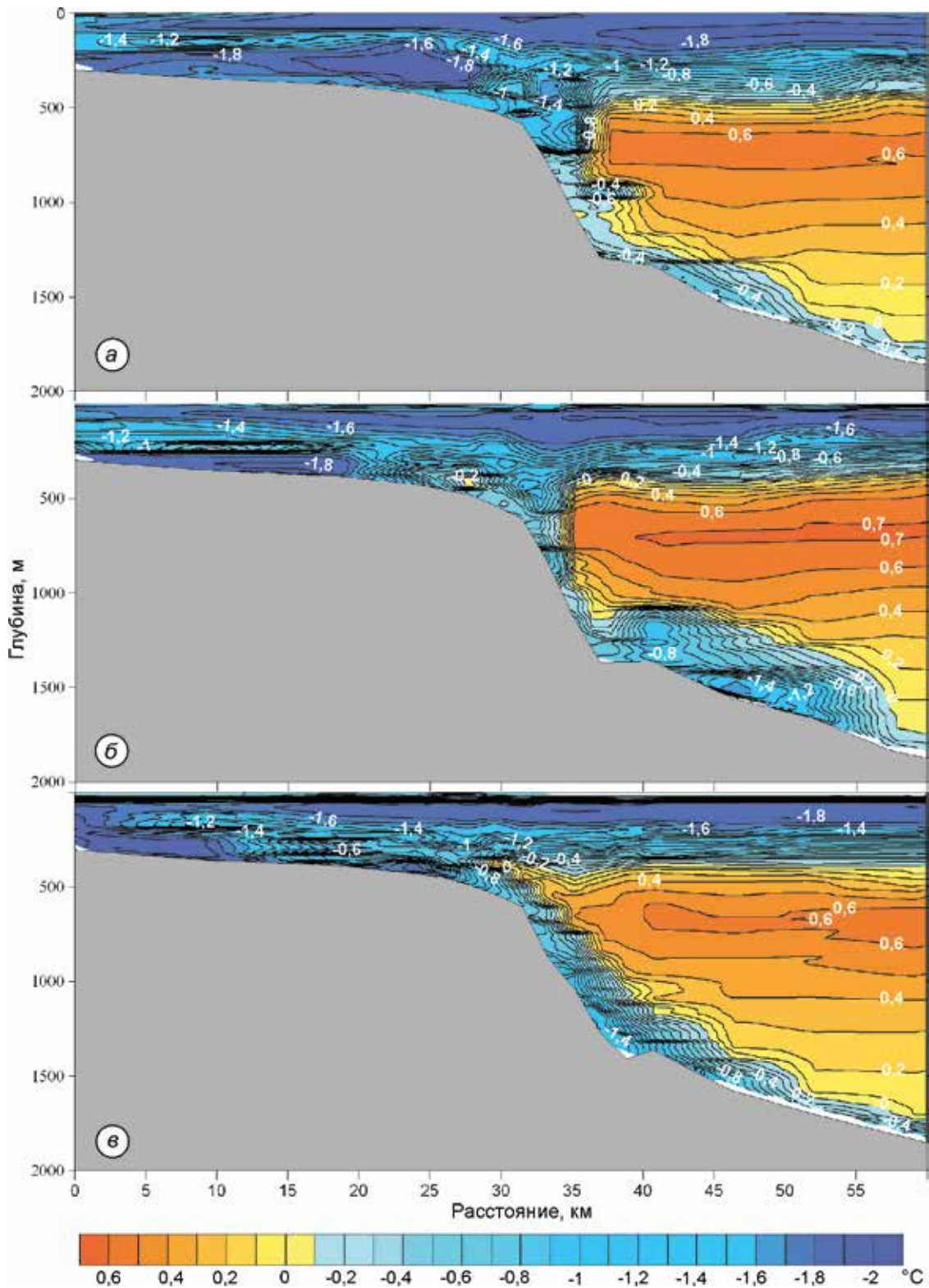


Рис. 5. Потенциальная температура воды на разрезе по 70° в.д., выполненном в одних и тех же координатах в 2011 (а), 2012 (б) и 2013 (в) г.

Положение разреза показано на рис. 2.

Fig. 5. Potential temperature of water at 70° E section performed in the same coordinates as in 2011 (a), 2012 (b), and 2013 (c), respectively.

The position of the section is shown in Fig. 2.

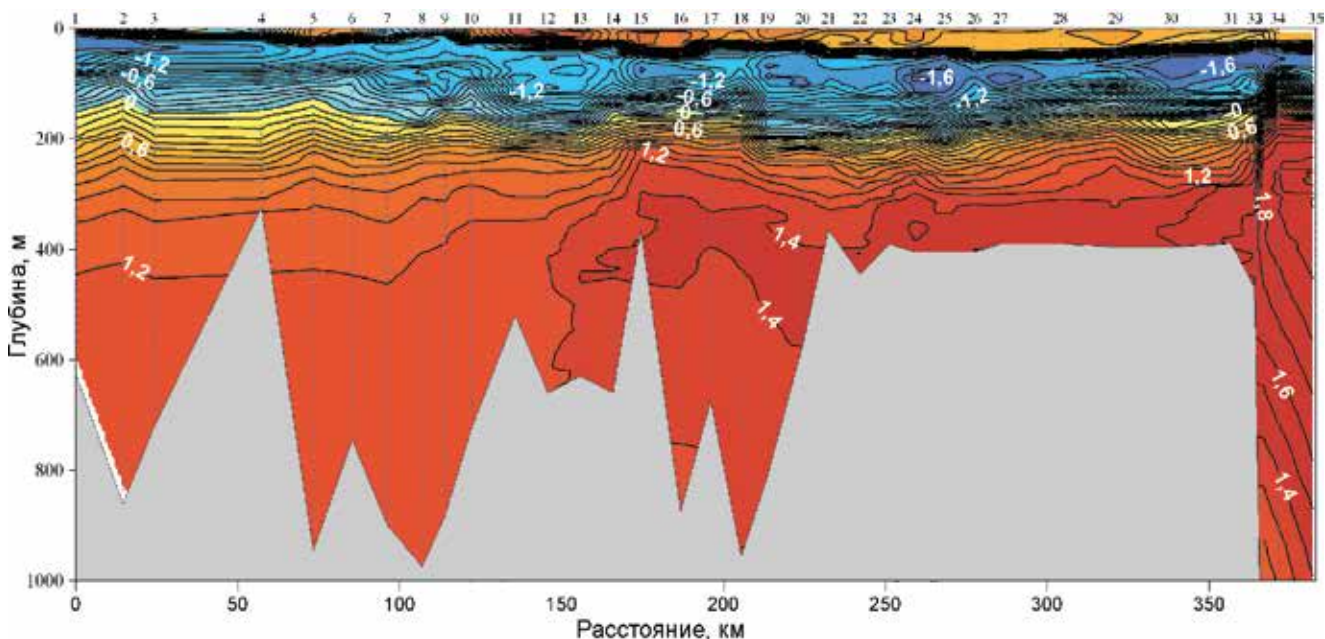


Рис. 6. Потенциальная температура воды на разрезе в заливе Маргерит моря Беллинсгаузена. Номера станций показаны сверху рисунка. Самая южная станция 1 находится приблизительно в восьми милях от края шельфового ледника Георга VI

Fig. 6. Potential temperature of water at the section in Marguerite Bay, Bellingshausen Sea. Station numbers are shown at the top of the figure. The southernmost station 1 is located approximately eight miles from the edge of the ice shelf George VI

теристик и объёмов наблюдаемых в разные годы донных вод залива Прюдс.

В тихоокеанском секторе Южного океана, восточнее моря Росса, вообще не обнаружено признаков формирования шельфовых вод. Здесь всю толщу вод на шельфе ниже слоя антарктической поверхностной воды занимает слабомодифицированная, относительно тёплая и солёная циркумполярная глубинная вода. Такую картину мы наблюдали как в море Амундсена, так и у западного побережья Антарктического полуострова.

В феврале 2008 г., в период Международного полярного года 2007–2008, с борта судна «Академик Федоров» был пройден разрез через шельф и материковый склон в море Амундсена (*район 3* на рис. 1). Разрез в заливе Пайн-Айленд, примерно вдоль 105° з.д., включал в себя 19 станций, его общая длина составляла 370 км. Как и на разрезах в море Содружества, в области материкового склона, имеющего относительно небольшую горизонтальную протяжённость, станции располагали достаточно часто. Так, в створе разреза станции находились на расстоянии от 1,7 до 7,5 км, что позволило получить достаточно подробную картину структуры вод в динамически активной области вблизи бровки шельфа [4].

Антарктическая поверхностная вода представлена двумя слоями – относительно тонким, хорошо перемешанным поверхностным слоем и подстилающим его достаточно мощным слоем антарктической зимней воды с температурой около $-1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Несколько неожиданными оказались характеристики однородного поверхностного слоя, который был обнаружен практически на всех станциях разреза. Толщина его составляла около 20 м, температура колебалась от $-1,4$ до $-1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, а солёность была аномально низкой – не более 32,8 ‰ [4, 8]. В этих параметрах слоя антарктической поверхностной воды значительного различия между шельфовой и склоновой областями разреза не наблюдается. Слой перенасыщен кислородом, содержание растворённого кремния достаточно однородно и растёт от 60 мкг-ат/л над основанием склона до 80 мкг-ат/л на шельфе [4].

Одно из возможных объяснений существования слоя с такими характеристиками – распространение талой воды из-под расположенных вблизи ледников Туэйтса и Эббота. Ниже слоя антарктической зимней воды и до дна как на шельфе, так и на материковом склоне распространена циркумполярная глубинная вода. Наличие на шельфе практически не трансформированной циркумполярной

глубинной воды — одно из принципиальных отличий структуры вод на шельфе и материковом склоне в море Амундсена от структуры воды у берегов Восточной Антарктиды, от моря Уэдделла до моря Росса включительно, где циркумполярная глубинная вода значительно холоднее и преснее [4].

Пройденный с 17 по 21 февраля 2013 г. с борта НЭС «Академик Трешников» в море Беллинсгаузена (залив Маргерит, район 2 на рис. 1) меридиональный разрез включал в себя 35 станций. Как и в море Амундсена, ниже слоя температурного минимума до дна, и на шельфе, и на материковом склоне распространяется циркумполярная глубинная вода (рис. 6). Отметим, что начальная станция разреза находилась вблизи фронта шельфового ледника Георга VI, что получило отражение в характеристиках водных масс. Для ближайших к леднику станций поверхностная солёность составляет около 31,6 ‰, а температуры около $-0,3$ °С, при этом поверхностный перемешанный слой отсутствует. Для большей части разреза солёность поверхностного перемешанного слоя со средней мощностью 20 м в среднем около 33,4 ‰, а температура колеблется от 0,5 до 1,0 °С. Солёность температурного минимума антарктической зимней воды вблизи шельфового ледника также ниже и составляет 33,4 ‰, тогда как для большей части разреза она достигает 34,0 ‰.

На шельфе моря Беллинсгаузена, как и в море Амундсена, отсутствует антарктическая шельфовая вода. Ниже слоя поверхностных вод здесь распространяется слаботрансформированная циркумполярная глубинная вода, которая, в среднем, здесь теплее, чем в море Амундсена, и вблизи ледника достигает температуры 1,2 °С при солёности 34,69 ‰. Такая высокая солёность указывает на слабую трансформированность этой воды (максимальная солёность слоя вблизи материкового склона составляла 34,72 ‰). Наличие циркумполярной глубинной воды вблизи шельфовых ледников Антарктического полуострова — один из факторов, обуславливающих таяние их оснований.

Заключение

В результате полевых работ в рамках Российской антарктической экспедиции получены данные, позволившие установить различия в структуре и характеристике вод области «шельф—материковый склон» для разных районов Антарктики. Принципиальный вопрос — наличие на шельфе антарктической шельфовой воды, имеющей высокую плотность и температуру, близ-

кую к точке замерзания. Её формирование связано с зимней конвекцией, возникающей в результате процессов ледообразования. При формировании шельфовой воды её накопление и перемещение к бровке шельфа создаёт необходимые условия для возникновения антарктического склонового фронта, опускания вод по материковому склону, образования антарктической донной воды и модификации циркумполярной глубинной воды. Подобная ситуация характерна для большей части антарктических шельфов и Восточная Антарктида — не исключение. Все указанные районы объединяет присутствие шельфовой воды локального или адвективного происхождения. Для формирования антарктической донной воды требуются дополнительные условия — достаточно широкий шельф, а также наличие стационарных полыней и депрессий на шельфе. Всё это способствует образованию и накоплению шельфовой воды в заметных объёмах и достаточной солёности, чтобы создать в районе бровки шельфа плотные смеси, способные опускаться по материковому склону. Такие условия отмечаются в морях Уэдделла, Росса, заливе Прюдс и некоторых других (менее масштабных), где зафиксировано образование антарктической донной воды.

Одно из условий формирования антарктической шельфовой воды — отсутствие на шельфе относительно тёплой и достаточно солёной циркумполярной глубинной воды, которая ограничивает глубину проникновения конвекции, вызванной ледообразованием. Именно такие условия обнаружены на разрезах, пройденных в море Амундсена и у западного побережья Антарктического полуострова. В этих районах антарктическая шельфовая вода не обнаружена, а ниже слоя поверхностных вод здесь присутствует слабо трансформированная циркумполярная глубинная вода, достаточно тёплая и солёная. Как показали наблюдения, следствием этого служит таяние шельфовых ледников, которое вызывает распреснение поверхностного слоя и уменьшение его плотности, что создаёт дополнительные препятствия для образования шельфовой воды. Таяние основы шельфовых ледников — один из главных процессов уменьшения массы континентального льда в Западной Антарктиде и в районе Антарктического полуострова.

Благодарности. Авторы признательны коллективу Российской антарктической экспедиции и экипажу НЭС «Академик Федоров» за проведение морских работ.

Работа выполнена в рамках проекта 1 подпрограммы «Изучение и исследование Антарктики» ФЦП «Мировой океан».

Литература

1. Антипов Н.Н., Данилов А.И., Клепиков А.В. Циркуляция и структура вод западной части моря Уэдделла по данным натурального эксперимента «Дрейфующая станция «Уэдделл-1» // Антарктика: Вып. 34. М.: Наука, 1998. С. 5–30.
2. Антипов Н.Н., Клепиков А.В. Циклонические круговороты окраинных морей Восточной Антарктиды // Арктика и Антарктика: Вып. 2 (36). М.: Наука, 2003. С. 126–148.
3. Антипов Н.Н., Клепиков А.В. Особенности океанографического режима залива Прюдс по данным экспедиций ААНИИ 1997–2007 гг. // Проблемы Арктики и Антарктики. 2007. Вып. 76. С. 36–48.
4. Антипов Н.Н., Клепиков А.В. О взаимодействии вод шельфа и глубокого океана над материковым склоном Антарктиды // Вклад России в Международный полярный год 2007/08. Океанография и морской лед / Под ред. И.Е. Фролова. М.: Paulsen, 2011. С. 291–305.
5. Головин П.Н., Антипов Н.Н., Клепиков А.В. Сток антарктических шельфовых вод в летний период на шельфе и материковом склоне моря Содружества и их влияние на формирование донных вод Южного океана // Океанология. 2011. Т. 51. № 3. С. 393–408.
6. Головин П.Н., Антипов Н.Н., Клепиков А.В. Исследование устойчивости Антарктического склонового фронта в море Содружества // Метеорология и гидрология. 2013. № 11. С. 64–78.
7. Казко Г.В., Антипов Н.Н., Клепиков А.В. О глубокой конвекции на материковом склоне залива Прюдс // Проблемы Арктики и Антарктики. 2012. № 2 (92). С. 95–112.
8. Клепиков А.В., Реснянский Ю.Д., Антипов Н.Н., Данилов А.И., Казко Г.В. Особенности океанографических процессов в антарктических водах // Вклад России в Международный полярный год 2007/08. Океанография и морской лед / Под ред. И.Е. Фролова. М.: Paulsen, 2011. С. 306–318.
9. Котляков В.М., Васильев Л.Н., Москалевский М.Ю., Хромова Т.Е. Сток материкового льда и баланс массы Антарктического ледникового покрова // Коллективная монография. Изменение окружающей среды и климата: природные катастрофы. Природные процессы в полярных областях земли: Т. III. М., 2009. С. 97–106.
10. Antarctic Climate Change and the Environment. A contribution to the International Polar Year 2007–2008 // Scientific Committee on Antarctic Research / Ed. J. Turner. Cambridge, UK: Victoria Press, 2009. 526 p.
11. Carmack E.C. Water characteristics of the Southern Ocean south of the Polar Front // A Voyage of Discovery / Ed. M. Angel. New York: Pergamon Press, 1977. P. 15–42.
12. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Summary for Policy Makers <http://www.climatechange2013.org/report/>
13. Deacon G.E.R. The Weddell Gyre // Deep-Sea Results. 1979. V. 26. № 9A. P. 981–995.
14. Fahrbach E., Schroeder M., Klepikov A. Circulation and water masses in the Weddell Sea // Physics of Ice-covered Seas. 1998. V. 2. P. 569–604.
15. Foldvik A., Gammelsrod T., Torresen T. Circulation and water masses on the southern Weddell Sea shelf // Oceanology of the Antarctic continental shelf. Antarctic Res. Ser. 1985. V. 43. P. 5–20.
16. Gill A.E. Circulation and bottom water production in the Weddell Sea // Deep-Sea Results. 1973. V. 20. № 2. P. 111–140.
17. Jacobs S.S. On the nature and significance of the Antarctic Slope Front // Marine Chemistry. 1991. V. 35. P. 9–24.
18. Reid J.L. On the total geostrophic circulation of the South Pacific Ocean: Flow patterns, tracers and transports // Progress in Oceanography. 1986. V. 16. P. 1–61.
19. Turner J., Summerhayes C.P., Mayewski P.A., Sparrow M., Convey P., di Prisco, Gutt J., Hodgson D.A., Speich S., Worby T., Sun Bo and Klepikov A. Antarctic Climate Change and the Environment – 2011 Update // XXXIV ATCM Meeting. Buenos-Aires, 2011. 7 p. http://www.scar.org/treaty/atcmxxxiv/ATCM34_ip052_e.pdf
20. Vaz R.A., Lennon G.W. Physical oceanography of the Prydz Bay region of Antarctic waters // Deep-Sea Research. 1996. V. 43. P. 603–641.

Summary

Field studies of the last decades show that the structure and characteristics of the waters on the continental shelf of Antarctica have significant spatial differences. During the IPY 2007/2008 and post-IPY period the oceanographic sections were made from the AARI research vessels in the Prydz Bay, Amundsen and Bellingshausen Seas. Sections with high horizontal resolution (~2–3 miles between stations) at the continental slope allowed us to obtain a detailed picture of the water structure in the area of interaction of shelf and deep ocean water – at the Antarctic Slope Front. It is shown that the principal difference in the water characteristics and the front structure between the seas is determined by the peculiarities of large-scale circulation and the physical-geographical features of the regions (shelf and continental slope parameters, coastline configuration, presence and size of the ice shelves). Using modern and historical data, it is shown that the most fundamental characteristic, dividing the Antarctic shelf into two regions, is the presence (or absence) in the area of the Antarctic Shelf Water which usually occupies the bottom layer of the water column and has the temperature close to the freezing point. On all shelves of the East and, partly, the West Antarctica (from the Weddell Sea to the Ross Sea, inclusive), this water mass was found having different volumes and different salinities. On the shelves of most part of West Antarctica (in the Amundsen and Bellingshausen Seas and at the western shelf of the Antarctic Peninsula) the shelf water is not found. The consequence of these features is fundamentally different role of these two regions in the processes that affect the climate processes, namely, the formation of Antarctic Bottom Water and the role of warm Circumpolar Deep Water in the melting of the ice shelves.