

РОССИЙСКИЕ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЮЖНОМ ОКЕАНЕ В ПЕРИОД МПГ 2007/08

ст. науч. сопр. *Н.Н.АНТИПОВ*, канд. физ.-мат. наук *А.В.КЛЕПИКОВ*,
канд. физ.-мат. наук *А.И.ДАНИЛОВ*

ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, *antipov@aari.ru*

В статье приводится обзор российских экспедиционных океанографических исследований Южного океана, выполненных в период МПГ 2007/08 по проектам «Взаимодействие вод антарктического склона и шельфа в синоптическом масштабе» и «Климат Антарктики и Южного океана». Исследования ААНИИ проводились с борта НЭС «Академик Федоров», специалисты Института океанологии РАН работали на судах «Академик Иоффе» и «Академик Сергей Вавилов». При объединении российских данных с результатами экспедиций других стран, участвовавших в этих проектах, может быть получена достаточно детальная картина процессов в Южном океане. Скоординированные работы по этим проектам являются первым шагом к созданию системы наблюдений за Южным океаном.

Ключевые слова: Антарктика, климат, Международный полярный год (МПГ), океанографические наблюдения, Южный океан.

Мировой океан хранит огромное количество тепла и углекислого газа и медленно перемещает и то и другое вокруг земного шара, оказывая влияние на глобальный и региональный климат. В этой глобальной циркуляции роль ключевого связующего звена выполняет Южный океан, где соединяются климатические сигналы от остальной части Мирового океана и добавляется климатический сигнал Антарктики. Наибольший вклад в роста уровня океана могут внести континентальные льды Антарктиды, а один из основных механизмов их таяния связан с апвеллингом теплой глубинной воды на склоне Антарктиды и распространением ее на шельф. Наиболее холодные и плотные глубинные и донные воды Мирового океана формируются в этом районе благодаря охлаждению из-за контакта с холодной атмосферой и осолонению при ледообразовании. Занимающая самый нижний слой океана антарктическая донная вода (АДВ) растекается по дну на север вплоть до умеренных широт Северного полушария, оказывая существенное влияние на глобальную структуру и интенсивность меридиональной циркуляции вод Мирового океана. Наконец, в Южном океане происходят самые большие сезонные изменения морского льда, существенно влияющие на альбедо Земли.

Понимание океанографических процессов в Южном океане и их взаимосвязей с остальной частью климатической системы является одним из оснований для прогнозирования будущих изменений. Это требует осуществления мониторинга океанографических параметров Южного океана. В качестве основы такой системы мониторинга в период МПГ 2007/08 были запланированы и реализованы проекты «Взаимодействие вод антарктического склона и шельфа в синоптическом масштабе» (Synoptic Antarctic Shelf Slope Interaction Study – SASSI) и «Климат Антарктики и Южного океана» (Climate of the Antarctic and Southern Ocean – CASO).

Главные задачи океанского сегмента проекта CASO состояли в получении «моментального снимка» процессов в Южном океане, оценке роли Южного океана

в формировании климата, включая взаимосвязи между зональной и меридиональной циркуляциями и трансформацией водных масс, разработке концепции экономически эффективной системы наблюдений для Южного океана.

Проект SASSI нацелен на исследование районов шельфа и склона вокруг Антарктики, являющихся основными районами формирования донных вод. В рамках этого проекта, в котором участвовало 11 стран, производились измерения температуры, солености и скорости течений на континентальном шельфе и склоне Антарктики на коротких разрезах с высоким пространственным разрешением поперек шельфа и склона. Понимание и количественное описание процессов в этой узкой области важно для разработки более совершенных глобальных климатических моделей.

Российские океанографические исследования в Южном океане по программам МПГ 2007/08 начались в январе 2007 г. в рамках 52-й РАЭ и завершились в 2010 г. в период работ 55-й РАЭ. Исследования ААНИИ проводились с борта научно-экспедиционного судна «Академик Федоров», специалисты Института океанологии РАН работали на судах «Академик Иоффе» и «Академик Сергей Вавилов».

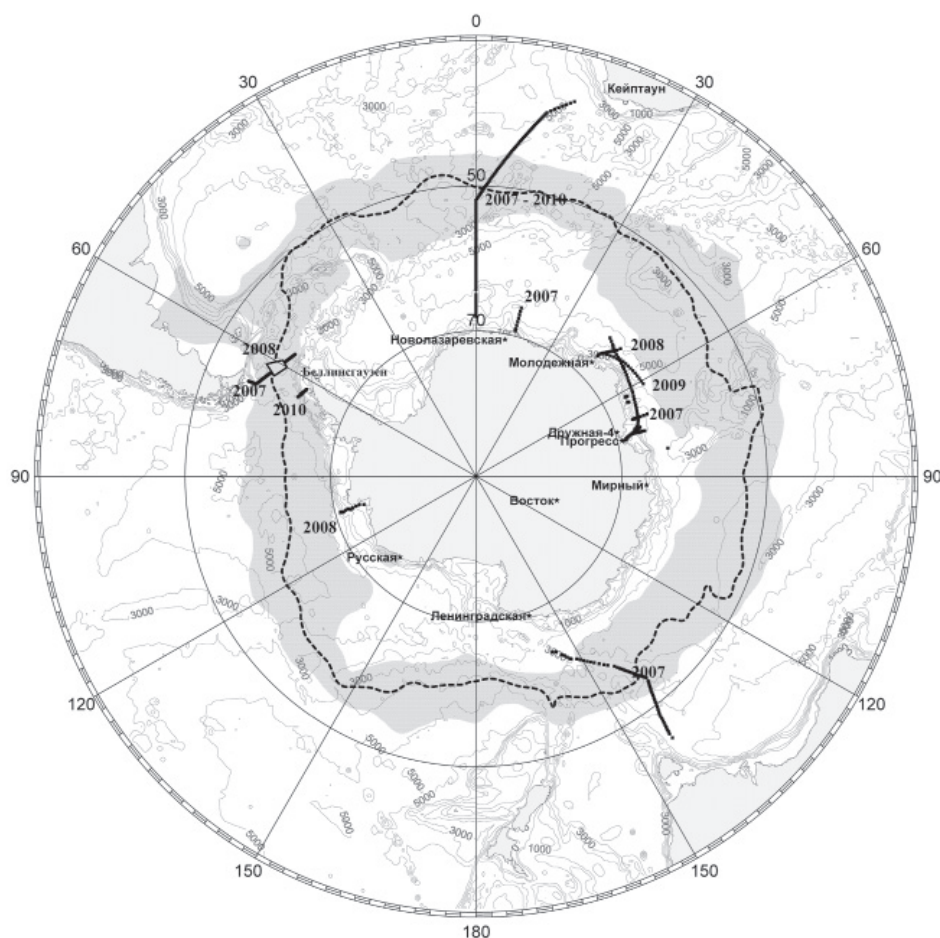


Рис. 1. Океанографические исследования России в Южном океане в период МПГ 2007/08 Штриховкой выделено АЦТ, пунктирная линия – АПФ

Работы российских экспедиций выполнялись по проектам SASSI и CASO и стали продолжением исследований, проводившихся российскими учеными в рамках национальных и международных программ в предшествующие МПГ годы [1, 2, 5]. На рис. 1 показано положение океанографических разрезов, выполненных за указанный период в Южном океане, в табл. 1 приведены характеристики этих разрезов. На рисунке штриховкой выделена область Антарктического циркумполярного течения (АЦТ), а пунктирной линией – положение Антарктического полярного фронта (АПФ). Положение границ АЦТ и АПФ получено расчетами динамическим методом на основе базы данных по океанографии Южного океана ААНИИ.

В соответствии с задачами проекта SASSI были выполнены разрезы через шельф и материковый склон в морях Содружества и Рисер-Ларсена и в тихоокеанском секторе Южного океана – в море Амундсена и у западного побережья Антарктического полуострова (рис. 1, табл. 1). Наблюдения выполнялись зондирующим комплексом STD SBE 911plus, при исследованиях в тихоокеанском секторе проводился отбор проб для определения содержания растворенного кислорода, кремния, фосфатов, нитратов, нитритов и аммиака. Разрезы выполнены с редким в практике океанографических исследований плотным расположением точек зондирования в области материкового склона, где расстояние между станциями уменьшалось до 2 км, что дало возможность получить структуру вод в синоптическом масштабе.

Исследования показали принципиальные различия в структуре и характеристиках вод шельфа и материкового склона между восточной (моря Рисер-Ларсена и Содружества) и западной (моря тихоокеанского сектора восточнее моря Росса) Антарктидой.

Для морей восточной Антарктиды характерно присутствие антарктической шельфовой воды (АШВ), формирующейся за счет конвективных процессов при ледообразовании и играющей важную роль в процессах вентиляции глубинных вод и формировании АДВ в районе антарктического склонового фронта (АСФ), приуроченного к верхней части материкового склона. Эти процессы ярко выражены в области материкового склона моря Содружества, где обнаружены признаки формирования донных вод западнее 72° в.д. (рис. 2) и отсутствие таких признаков восточнее указанной долготы. Объемы формирующихся здесь АДВ заметно уступают наблюдаемым в основных районах формирования АДВ в Антарктике, каковыми являются обладающие обширными шельфами моря Уэдделла и Росса [1, 5, 10–12].

Выполненные до периода МПГ 2007/08 наблюдения на разрезе по 70° в.д. позволили не только выявить факт формирования и характеристики донных вод в этом регионе, но и получить представление о временной изменчивости этих процессов (рис. 2). В итоге получено экспериментальное подтверждение формирования в этом регионе АДВ, названных нами донными водами залива Прюдс (ДВЗП), которые являются результатом смешивания модифицированной циркумполярной глубинной воды (ЦГВ) с холодными шельфовыми водами, формирующимися в основном на юге залива Прюдс, вблизи шельфового ледника Эймери. Здесь происходит трансформация АШВ в воду шельфовых ледников, которая образуется путем охлаждения антарктической шельфовой воды при ее взаимодействии с нижней поверхностью шельфового ледника и имеет температуру ниже точки замерзания при атмосферном давлении (ниже $-1,9^{\circ}\text{C}$). Распространение этой воды на север происходит вдоль западного края глубоководной котловины Эймери с дальнейшим выходом в район внешней бровки шельфа и смещением к западу, где она перемешивается с ЦГВ. Установлено, что опускание этой более плотной смеси (из-за уплотнения при смешении) вниз по антарктическому материковому склону происходит плюмами (конвективными ячейками). ДВЗП далее движется вдоль по склону на запад и вниз по каньонам и депрессиям. Температура обнаруженных донных вод составляет от $-0,3$ до $-1,6^{\circ}\text{C}$, соленость $34,54$ – $34,62$ ‰.

Тонкая структура полей температуры и солености в районе АСФ отражает активную роль опускающихся плотных вод в вентиляции глубинных вод на про-

Характеристики разрезов, выполненных с борта НЭС «Академик Федоров» в период МПГ 2007/08

Дата	Положение			Число станций	Измеренные параметры
	Район	Координаты			
17–21.01 2007	Залив Прюде	70° в.д. 64° в.д. 62° в.д.	65°00' – 67°08' ю.ш. 66°52' – 66°39' ю.ш. 66°50' – 66°29' ю.ш.	1775	T, S T, S T, S
08–04.02 2007	Между Африкой и Антарктидой	ХВТ-разрез вдоль линии SR2 (до глубины 760 м)	35°00' ю.ш., 17°00' в.д. – 65°00' ю.ш., 0°	108	T
20–22.02 2007	Море Рисер-Ларсена	СТД-разрез вдоль 15° в.д.	66°00' ю.ш., 15°00' в.д. – 69°16' ю.ш., 14°55' в.д.	13	T, S
17–21.01 2008	Между Австралией и Антарктидой	ХВТ-разрез	45°00' ю.ш., 143°09' в.д. – 63°39' ю.ш., 156°35' в.д.	69	T
14–16.02 2008	Море Амундсена, залив Пайн-Айленд	СТД-разрез вдоль 104° з.д.	74°06' ю.ш., 104°10' з.д. – 70°45' ю.ш., 104°57' з.д.	15	T, S, O ₂ , PO ₄ , Si, NO ₂ , NO ₃ , NH ₄
28.01–05.02 2008	Между Африкой и Антарктидой	ХВТ-разрез вдоль линии SR2	68°00' ю.ш., 0° – 36°40' ю.ш., 14°40' в.д.	107	T
13.12.2008– 05.02.2009	Море Космонавтов, бассейн Уэллелл-Эндерби, залив Прюде	5 ХВТ-разрез (до глубины 900 м)	63°30' ю.ш., 48°28' в.д. – 66°30' ю.ш., 45°11' в.д.; 65°44' ю.ш., 46°01' в.д. – 63°45' ю.ш., 61°00' в.д.; 66°30' ю.ш., 73°18' в.д. – 68°45' ю.ш., 75°49' в.д.; 66°00' ю.ш., 74°51' в.д. – 69°11' ю.ш., 76°18' в.д.; 67°15' ю.ш., 73°24' в.д. – 63°32' ю.ш., 44°00' в.д.	12 17 14 18 35	T
20–26.02 2009	Между Африкой и Антарктидой	ХВТ-разрез вдоль линии SR2	36°20' ю.ш., 15°10' в.д. – 68°00' ю.ш., 0°	110	T
02–03.02 2010	Западное побережье Антарктического полуострова	СТД-разрез	63°49' ю.ш., 62°51' з.д. – 63°13' ю.ш., 65°55' з.д.	16	T, S, O ₂ , PO ₄ , Si, NO ₂ , NO ₃ , NH ₄
14–18.02 2010	Между Африкой и Антарктидой	ХВТ-разрез вдоль линии SR2	58°00' ю.ш., 0° – 36°40' ю.ш., 14°40' в.д.	78	T

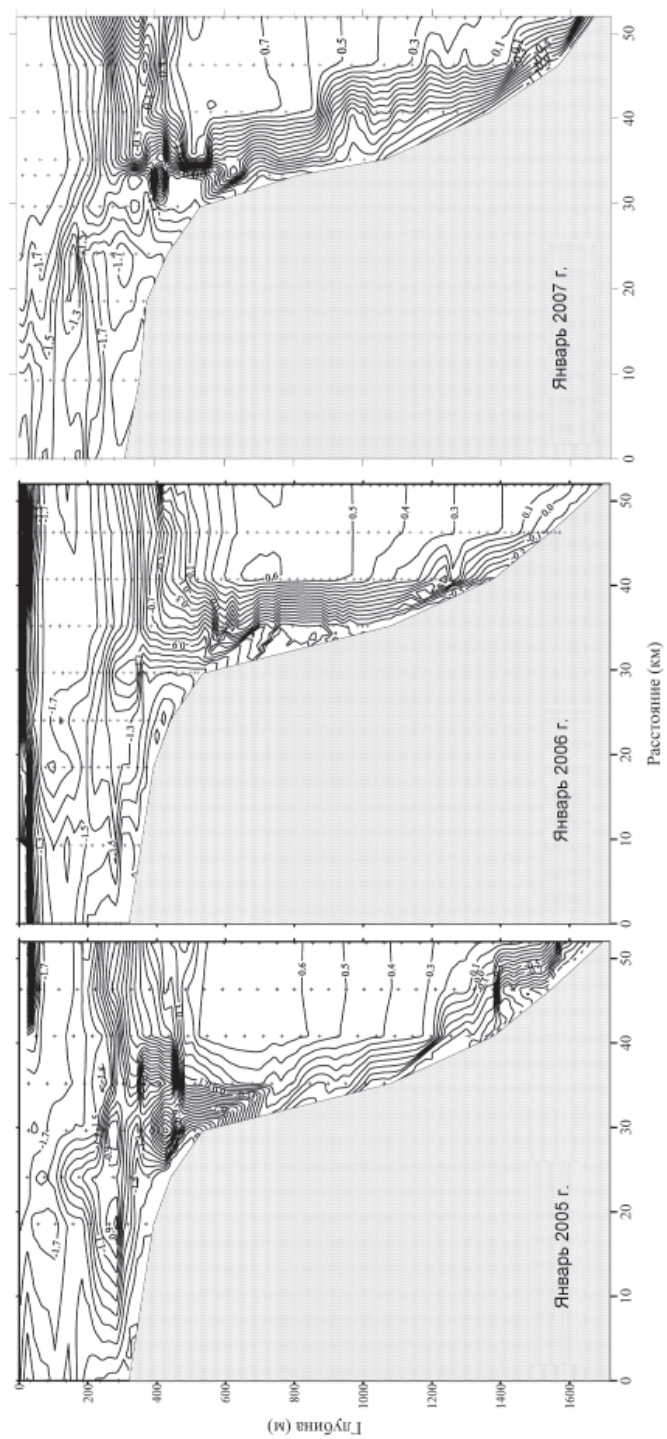


Рис. 2. Потенциальная температура на разрезе по 70° в.д. (залив Прюдс) летом 2005–2007 гг.

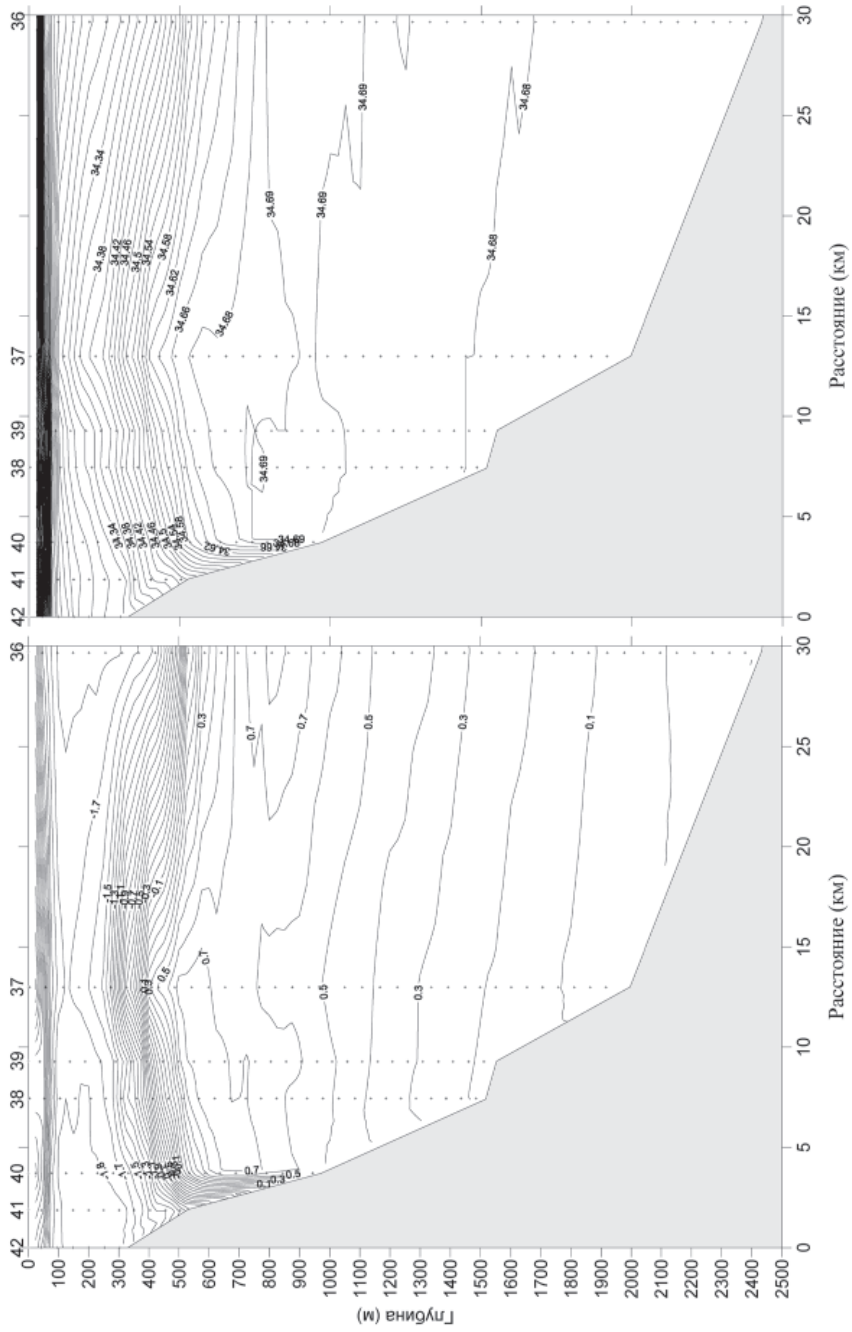


Рис. 3. Потенциальная температура (а) и соленость (б) в области материкового склона на разрезе вдоль 15° в.д. (море Рисер-Ларсена)

межучочных глубинах и в пополнении слоя донных вод. Объемы холодных плотных вод, заполняющих область материкового склона, возрастают западном направлении, по мере сужения шельфа и увеличения уклона его дна в мористую сторону. При этом основной сток плотных вод от бровки шельфа имеет место в районе $72-70^\circ$ в.д. [3].

Межгодовая изменчивость крупномасштабной циркуляции, процессов формирования и распространения холодных и плотных АШВ, разнообразие механизмов формирования и распространения ДВЗП от бровки шельфа на материковый склон проявляются в значительной временной изменчивости характеристик и объемов наблюдаемых в разные годы ДВЗП (рис. 2).

В районе моря Рисер-Ларсена объемы и характеристики шельфовых вод таковы, что процессы, связанные с опусканием холодных плотных вод по материковому склону, не наблюдаются (рис. 3). Одной из причин отсутствия здесь больших объемов достаточно соленой шельфовой воды является относительно узкий шельф.

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 (АПВ) занимает слабо модифицированная, относительно теплая и соленая ЦГВ. Такая картина наблюдается как в море Амундсена (рис. 4), так и в районе западной части Антарктического полуострова (рис. 5).

Поступающая на шельф относительно теплая ЦГВ может быть причиной активного таяния выводящих и шельфовых ледников в море Амундсена. В этом районе распространение талых вод от ледников Туэйтса и Эббота существенно влияет на структуру и циркуляцию вод, и на разрезе проявляется, в частности, в существовании пространственно однородного поверхностного слоя толщиной около 20 м, температурой от $-1,4$ до $-1,7^\circ\text{C}$ и аномально низкой соленостью, не превосходящей $32,8\text{‰}$ [4].

На западной стороне Антарктического полуострова, непосредственно в районе выполненного разреза, в распределении гидрологических и гидрохимических параметров нет выраженных признаков влияния талых вод. Анализ данных разреза позволил установить, что структура и характеристики вод на этом разрезе, как в области шельфа, так и материкового склона, определяются присутствием двух водных масс – АПВ и ЦГВ. При этом можно полагать, что характеристики АПВ на шельфе в основном формируются локально, за счет процессов вертикального обмена, а не являются следствием адвекции из глубоководных районов, что отражается в пространственной неоднородности свойств АПВ.

Установлена близость южной границы АЦТ к бровке шельфа, что в совокупности с особенностями донной топографии является необходимым условием для поступления ЦГВ на западный шельф Антарктического полуострова. Относительно мелкие глубины залегания ЦГВ в районе бровки шельфа в сочетании с глубоким континентальным шельфом создают условия для проникновения ЦГВ на шельф в практически немодифицированном виде. Результаты данной экспедиции важны для оценки влияния существенного потепления в западной части Антарктического полуострова на параметры термохалинной структуры вод [7–9].

В результате проведенных экспедиционных исследований в рамках кластерного проекта SASSI удалось получить данные, позволившие выявить принципиальные различия в структуре и характеристиках вод области «шельф – материковый склон» для разных районов Антарктики. Принципиальным вопросом является наличие на шельфе антарктической шельфовой воды, обладающей высокой плотностью и температурой вблизи точки замерзания. Ее образование связано с зимней конвекцией, возникающей вследствие процессов ледообразования. При формировании на шельфе АШВ, накоплении и перемещении ее к бровке шельфа создаются необходимые условия для образования АСФ, опускания вод по материковому склону, формирования АДВ и вентиляции ЦГВ. Подобная ситуация характерна для большей части антарктических шельфов, а для восточной Антарктиды не имеет исключений.

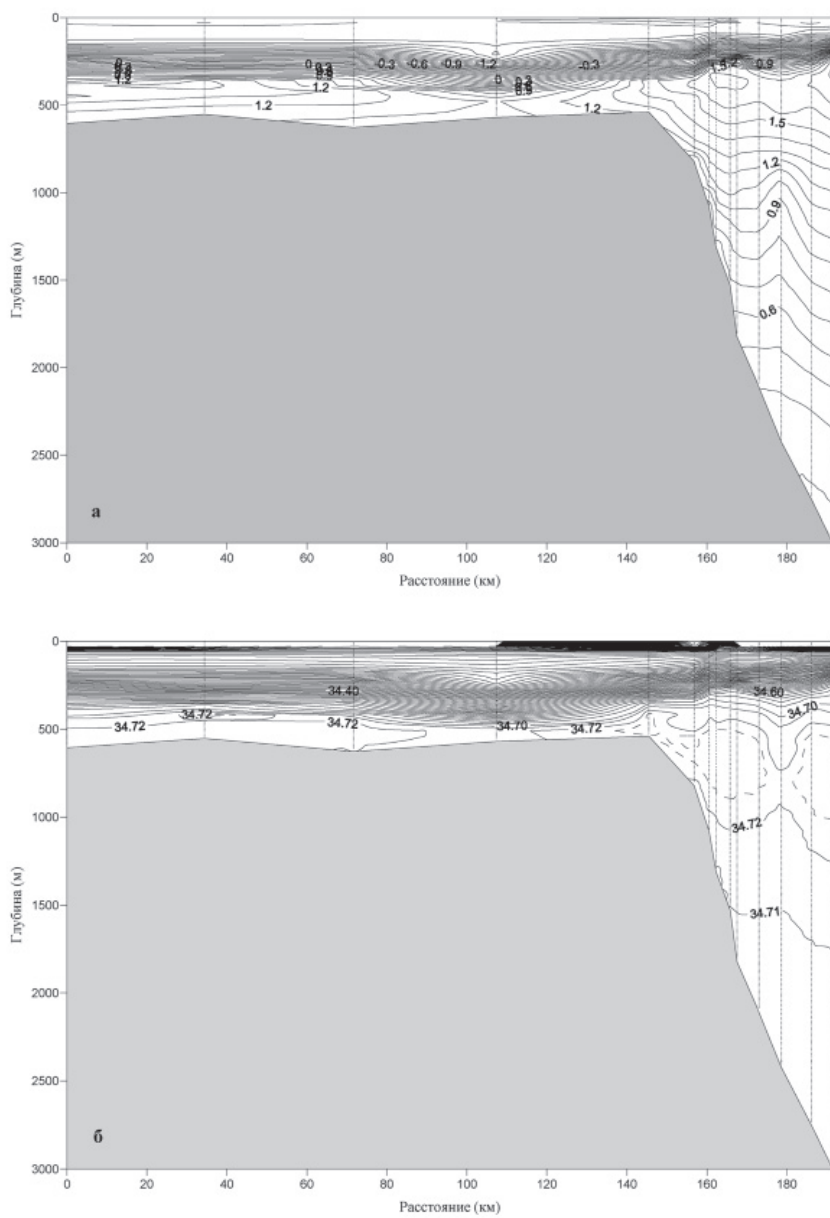


Рис. 4. Потенциальная температура (а) и соленость (б) на разрезе в море Амундсена (район залива Пайн-Айленд)

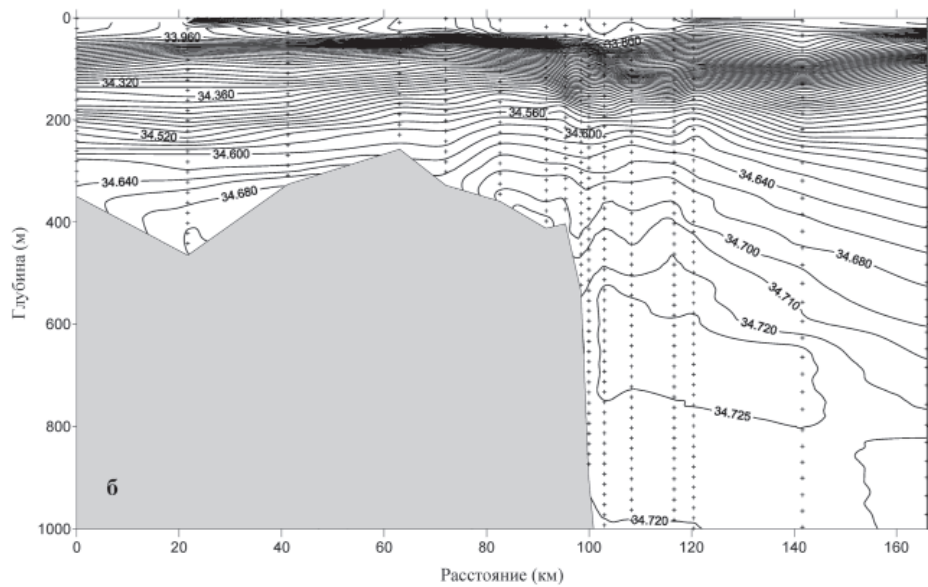
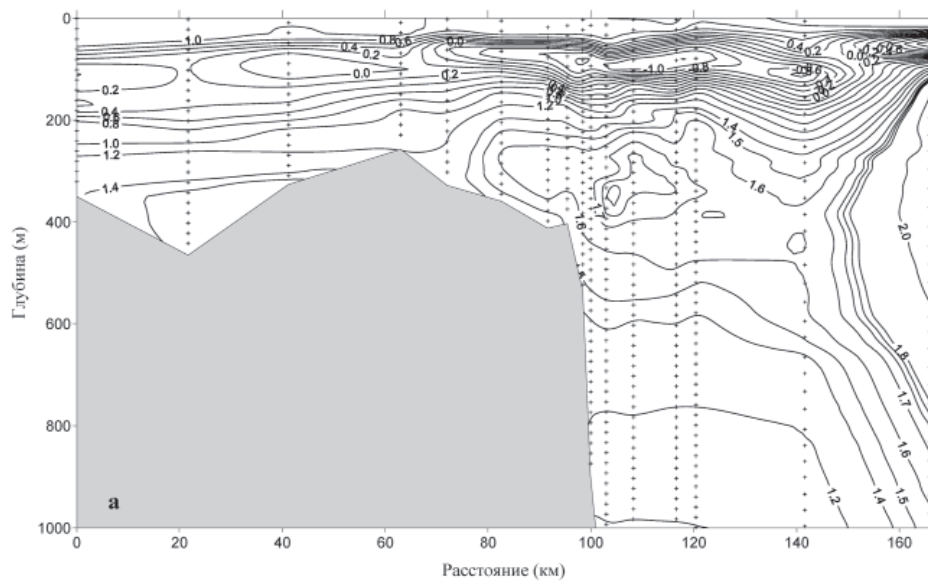


Рис. 5. Потенциальная температура (а) и соленость (б) на разрезе у западного побережья Антарктического полуострова

Все указанные районы объединяет присутствие АШВ локального и адвективного происхождения. Для формирования АДВ и вентиляции ЦГВ требуются дополнительные условия – достаточно широкий шельф, наличие стационарных полынней, наличие депрессий на шельфе и т.д. – все это ведет к образованию и накоплению АШВ в заметных объемах, обладающей достаточной соленостью, чтобы создавать в районе бровки шельфа и АСФ плотные смеси, способные опускаться по материковому склону. Такие условия имеют место в морях Уэдделла, Росса, заливе Прюдс и некоторых других (менее масштабных) районах, где зафиксировано образование АДВ. На выполненных в период МПГ разрезах АШВ обнаружена в морях Рисер-Ларсена и Содружества, а формирование АДВ и вентиляция ЦГВ – только в последнем, к северо-западу от залива Прюдс. Одним из условий формирования АШВ является отсутствие на шельфе подстилающей АПВ относительно теплой и достаточно соленой ЦГВ, которая ограничивает глубину проникновения конвекции, вызванной ледообразованием. Именно такие условия обнаружены на разрезах, выполненных в море Амундсена и у западного побережья Антарктического полуострова. Как показано выше, в этих районах АШВ не обнаружена, а ниже слоя поверхностных вод здесь распространяется слабо трансформированная ЦГВ, достаточно теплая и соленая. Как показали данные наблюдений, следствием этого является таяние шельфовых ледников, ведущее к расплыванию поверхностного слоя и уменьшению его плотности, что создает дополнительные препятствия для образования АШВ.

Для исследования термической структуры и фронтов АЦТ в районе между Африкой и Антарктидой и в соответствии с задачами проекта CASO в период с 2007 по 2010 г. ежегодно выполнялся разрез отрывными батитермографами (ХВТ) в диапазоне широт 68–35° ю.ш. по траектории разреза SR2 программы CLIVAR. В феврале 2007 г. на разрезе было выполнено 108 зондирований, в феврале 2008 г. – 111 зондирований, в феврале 2009 г. – 111 зондирований и в феврале 2010 г. – 80 зондирований (табл. 1). Полученные данные могут быть использованы для определения потоков океанического тепла, в частности через районы межбассейнового обмена, для определения теплосодержания верхнего слоя. Кроме того, используя метод, предложенный в [14], можно по эмпирическому соотношению между температурой воды и аномалией потенциальной энергии, полученному по данным STD, рассчитать переносы течений по данным разрезов ХВТ [13].

Вместе с тем высокое пространственное разрешение на разрезе и регулярное его повторение с проведением зондирований в совпадающих по координатам точках позволило как определить положение и численные характеристики основных фронтов АЦТ (и соответствующих фронтальных зон), так и проследить некоторые особенности их межгодовой изменчивости, как на поверхности, так и на более глубоких горизонтах. На рис. 6 показано распределение температуры и положение основных фронтов Южного океана по данным разреза, выполненного в конце февраля – начале марта 2008 г. Здесь СТФ – субтропический фронт, САФ – субантарктический фронт, ПФ – полярный фронт (или Антарктический полярный фронт), ЮФ – южный фронт, ЮГ – южная граница АЦТ.

В среднем наибольшую изменчивость широтного положения за 4 года наблюдений показали границы фронтальных зон СТФ и САФ и собственно самих зон этих фронтов. При этом температуры на границах для субтропической фронтальной зоны (СТФЗ) очень устойчивы (менялись в диапазонах 0,29 и 0,49 °С для северной и южной границ соответственно), а для субантарктической фронтальной зоны (САФЗ) – наиболее изменчивы (2,2 и 2,0 °С) среди выделенных фронтов.

Наибольшие смещения испытывали СТФ и САФ (диапазоны около 1,8° широты) при наибольшей изменчивости температуры в них (диапазоны 2,8 и 2,3 °С соответственно). В среднем по всем показателям наиболее устойчивыми являются

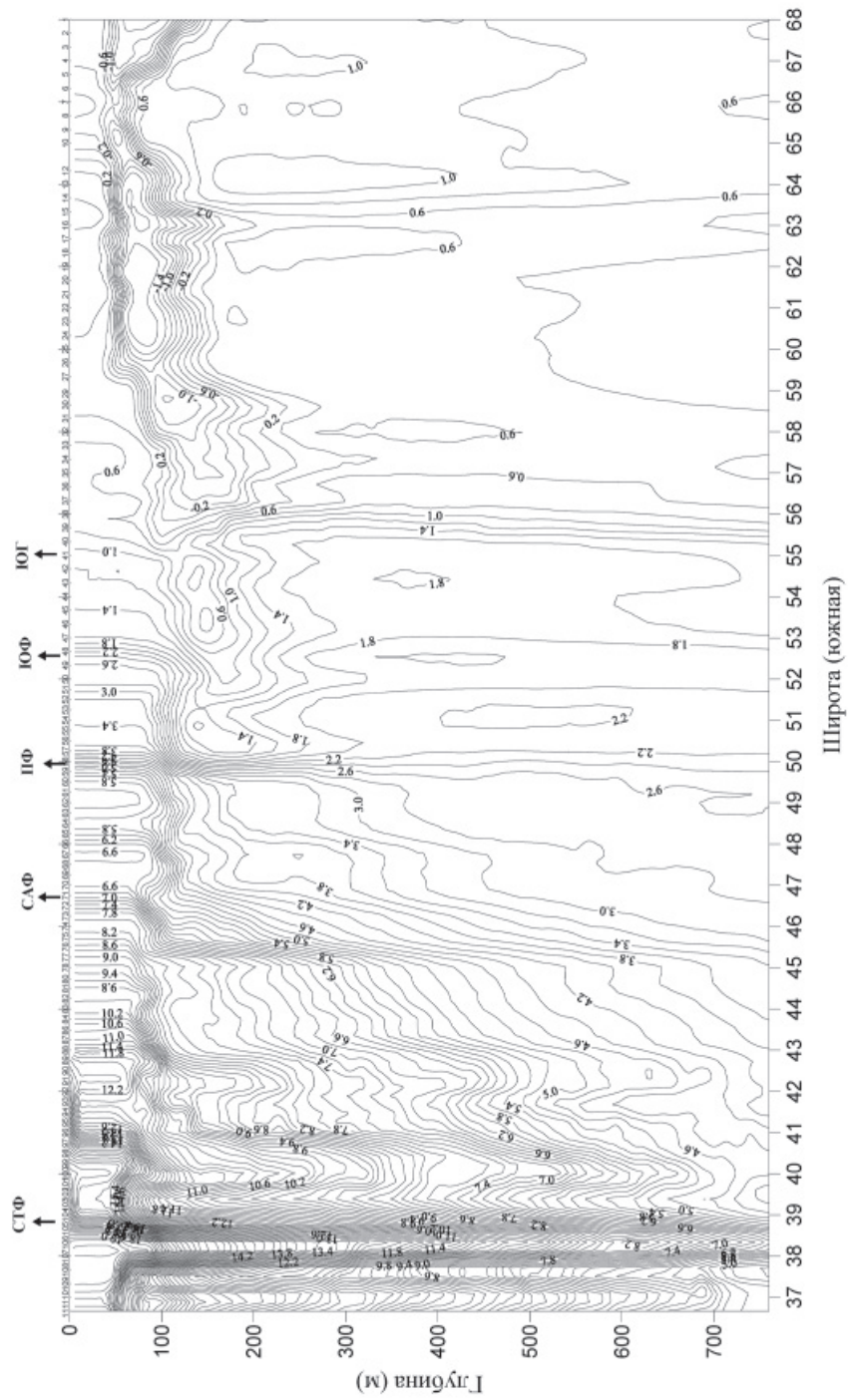


Рис. 6. Распределение температуры на разрезе Африка—Антарктида по данным 2008 г.

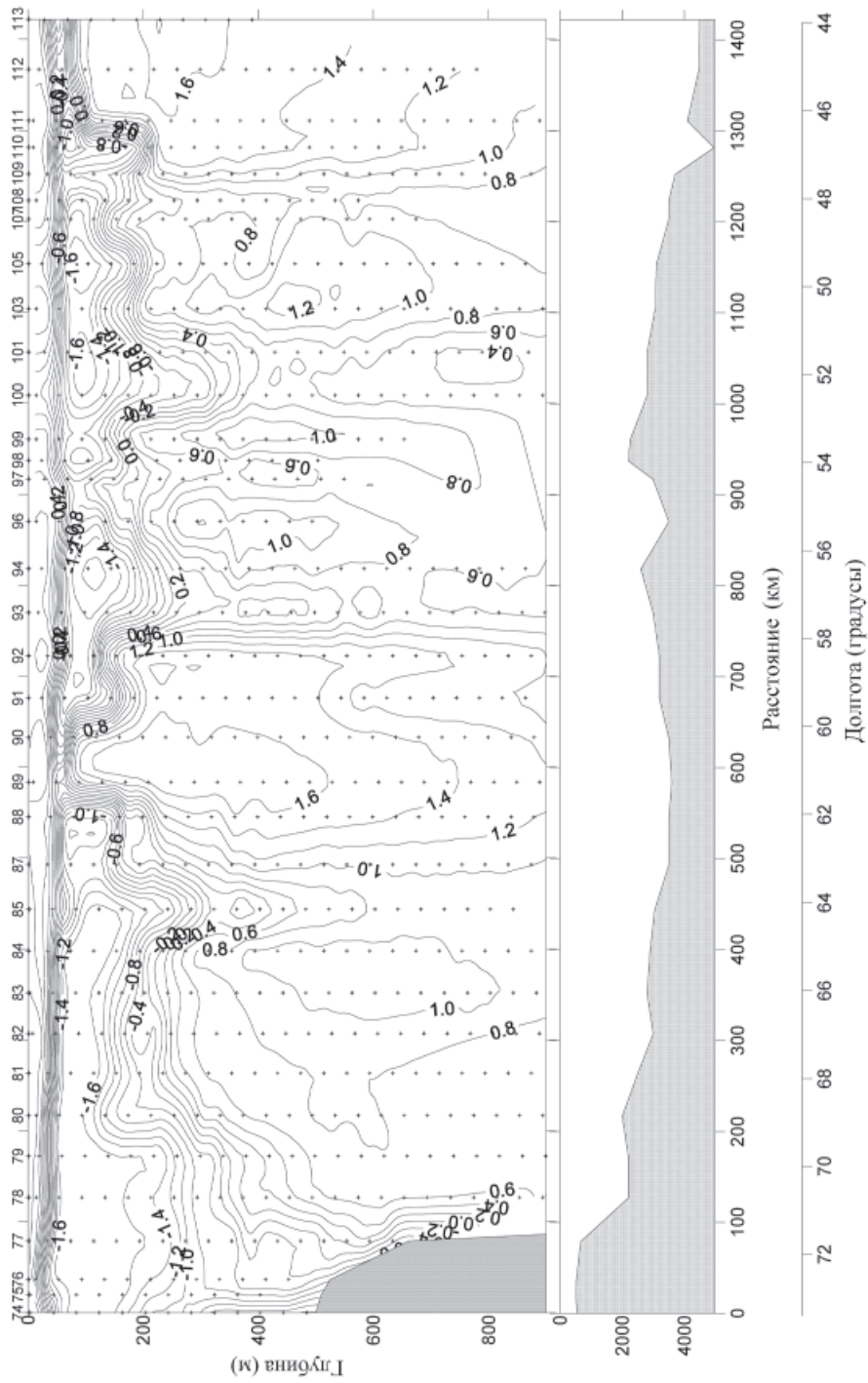


Рис. 7. Распределение температуры на разрезе ХВТ залив Прюдыс — море Космонавтов

южная фронтальная зона (ЮФЗ) и ЮФ, широтное смещение северной и южной границ и собственно ЮФ составило соответственно 1,2, 1,0 и 0,5° широты, соответствующие диапазоны изменения температуры 0,8, 0,8 и 0,7 °С.

Отмечается практически синхронное изменение положения границ СТФЗ, САФЗ и северной границы ЗАПФ; при этом при практически синхронном изменении широтного положения границ ЮФЗ эти изменения носят асинхронный характер относительно перечисленных выше синхронно меняющих положение границ. Границей между двумя типами изменений служит южная граница ЗАПФ, демонстрирующая практически линейную зависимость изменения широтного положения со временем.

Наименьшую изменчивость показывает температура на границах СТФЗ и ЮФЗ, наибольшую – САФ. При этом изменение температуры на границах антарктической полярной фронтальной зоны (АПФЗ) носит практически асинхронный характер, близко к этому и на границах ЗАПФ, тогда как на границах ЮФЗ – явно синхронный.

Распределение температуры на разрезе показывает, что выделенные фронтальные зоны и фронты проявляются практически в пределах всего 760-метрового слоя, хотя и с разной степенью выраженности. Получение численных оценок характеристик фронтов и фронтальных зон на глубинах и анализ их соотношений – предмет дальнейшего анализа.

В период МПГ были выполнены несколько разрезов ХВТ, формально не соответствующих задачам проектов SASSI и CASO, но заметно дополняющих наши представления для задач, сформулированных в кластерных проектах. В январе 2008 г. был выполнен разрез в районе между Австралией и Антарктидой, состоявший из 69 зондирований, и в период с декабря 2008 г. по февраль 2009 г. выполнены пять разрезов в районе моря Космонавтов и залива Прюдс, всего 113 зондирований.

Разрезы в районе море Космонавтов – залив Прюдс позволили оценить характеристики мезомасштабных особенностей термической структуры вод в области регулярного формирования одной из наиболее устойчивых полыней Южного океана – полыни Космонавтов, свидетельствующие об интенсивном поступлении тепла глубинных вод в поверхностный слой, показать, что формирование достаточно сложной мезомасштабной термической структуры в основном является следствием взаимодействия течений с донной топографией. Кроме того, эти разрезы позволили получить картину термической структуры в районе шельфа и материкового склона залива Прюдс, дополнив картину процессов в этом районе, полученную по данным STD-разрезов. На рис. 7 представлено распределение температуры верхнего слоя океана в районе залив Прюдс – море Космонавтов.

Институт океанологии РАН в ноябре 2007 г. выполнил разрез вдоль разлома Шеклтона в районе пролива Дрейка (всего 53 станции STD). В октябре–ноябре 2008 г. выполнена съемка из 66 станций STD в районе глубоководных проходов в разломе Шеклтона (рис. 1). Разрезы выполнялись зондом SBE 911plus с дискретностью 6–15 миль.

Съемка в проливе Дрейка показала, что термохалинные фронты АЦТ слабо выражены в поле горизонтальных градиентов термохалинных свойств. На южной границе АЦТ наблюдается хорошо выраженное течение западного направления, которое переносит модифицированные глубинные воды моря Уэдделла в Тихий океан. Интегральный геострофический транспорт над порогом, разделяющим Тихий и Атлантический океаны в проливе Дрейка, составляет только 93 Св. Это может означать, что рециркуляция атлантических и тихоокеанских придонных вод, не перетекающих этот порог, может составлять 10–15 Св. Максимальный геострофический перенос вод наблюдается в районе Субантарктического фронта и составляет более 50 % всего переноса АЦТ [6].

Данные наблюдений показали, что на увеличение содержания хлорофилла на поверхности оказал влияние только субантарктический фронт. Интегральные величины хлорофилла в слое фотосинтеза и в слое 0–200 м возрастали и на Субантарктическом, и на Полярном фронте. Холодные циклонические вихри в полярной фронтальной зоне могут на порядок снижать содержание хлорофилла в поверхностном слое пролива Дрейка. Низкое содержание растворенного кремния способно лимитировать развитие фитопланктона в Субантарктике и северной части Полярной фронтальной зоны. Другим лимитирующим фактором могли быть невысокие значения температуры поверхностного слоя в антарктической зоне. Небольшая в целом толщина верхнего перемешанного слоя могла не приводить к угнетению роста фитопланктона из-за светового голодания [6].

Российские океанографические работы, выполненные в 2007–2010 гг., явились существенным вкладом в проекты МПГ «Взаимодействие вод антарктического склона и шельфа в синоптическом масштабе» и «Климат Антарктики и Южного океана». При объединении российских данных с результатами экспедиций других стран, участвовавших в этих проектах, может быть получена достаточно детальная картина процессов в Южном океане. Скоординированные работы по этим проектам являются первым шагом к созданию системы наблюдений за Южным океаном (Southern Ocean Observing System – SOOS), которая сейчас разрабатывается международным океанографическим сообществом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антипов Н.Н., Данилов А.И., Клепиков А.В. Циркуляция и структура вод западной части моря Уэдделла по данным натурного эксперимента «Дрейфующая станция «Уэдделл-1» // Антарктика: Сб. статей. М.: Наука, 1998. Вып. 34. С. 5–30.
2. Антипов Н.Н., Клепиков А.В. Циклонические круговороты окраинных морей восточной Антарктиды // Арктика и Антарктика: Сб. статей. М.: Наука, 2003. Вып. 2 (36). С. 126–148.
3. Антипов Н.Н., Клепиков А.В. Особенности океанографического режима залива Прюда по данным экспедиций ААНИИ 1997–2007 гг. // Проблемы Арктики и Антарктики. 2007. № 76. С. 36–48.
4. Антипов Н.Н., Батрак К.В., Духова Л.А., Кузнецов В.Л., Масленников В.В. Гидролого-гидрохимические исследования в 53-й российской антарктической экспедиции на научно-экспедиционном судне «Академик Федоров» // Океанология. 2009. Т. 49. № 1. С. 155–158.
5. Антипов Н.Н., Клепиков А.В. Крупномасштабная структура циркуляции вод круговорота Росса // Труды ААНИИ. 2007. Т. 447. С. 115–125.
6. Глабышев С.В. Выполнение разрезов SR1 и SR2 через пролив Дрейка и от Африки до–Антарктиды на судах ИО РАН «Академик Вавилов» и «Академик Иоффе» // Экспедиционные исследования в период МПГ 2007/08: Сб. статей / Под ред. А.И.Данилова. Т. 2. Экспедиции 2008–2009. СПб.: ААНИИ, 2009. 220 с.
7. Данилов А.И., Лагун В.Е. Полярная метеорология (результаты работ за 2003–2006) // Известия РАН. Сер. Физика атмосферы и океана. 2009. Т. 45. № 4. С. 54–61.
8. Данилов А.И., Лагун В.Е., Клепиков А.В., Катцов В.М., Вавулин С.В. Текущие изменения климата Антарктики и сценарии его будущих изменений // Арктика и Антарктика. М.: Наука, 2003. Вып. 2 (36). С. 114–125.
9. Лагун В.Е., Клепиков А.В., Данилов А.И., Коротков А.И. О потеплении в районе Антарктического полуострова // Проблемы Арктики и Антарктики. 2010. № 2 (85). С. 90–101.
10. Foster T.D., Middleton J.H. Bottom water formation in the western Weddell Sea // J. Deep-Sea Res. 1980. Vol. 27A. P. 367–381.
11. Gordon A.L., Huber B.A., Hellmer H.H., Field A. Deep and Bottom Water of the Weddell Sea's Western Rim // Science. 1993b. Vol. 262. P. 95–97.
12. Jacobs S.S., Amos A.F., Bruchhausen P.M. Ross Sea oceanography and Antarctic Bottom Water formation // J. Deep-Sea Res. 1970. Vol. 17. P. 935–962.

13. *Legeais J., Speich S., Arhan M., Ansorge I., Fahrbach E., Garzoli S., Klepikov A.* The baroclinic transport of the Antarctic Circumpolar Current south of Africa // *Geophys. Res. Lett.* 2005. Vol. 32. L24602. 5PP. doi:10.1029/2005GL023271.

14. *Rintoul S.R., Sokolov S., Church J.* A 6 year record of baroclinic transport variability of the Antarctic Circumpolar Current at 140°E derived from expendable bathythermograph and altimeter measurements // *J. Geophysical Res.* 2002. Vol. 107, 3155, 22PP. doi:10.1029/2001JC000787

N.N.ANTIPOV, A.V.KLEPIKOV, A.I.DANILOV

RUSSIAN OCEANOGRAPHY STUDIES IN THE SOUTHERN OCEAN DURING IPY 2007/08

The article provides an overview of Russian oceanographic studies in the Southern Ocean, made during the IPY 2007/08 within the projects «Synoptic Antarctic Shelf Slope Interaction Study» and «Climate of the Antarctic and Southern Ocean». The AARI works were conducted from the r/v «Akademik Fedorov», scientists from Shirshov Institute of Oceanology worked onboard r/v «Akademik Ioffe» and «Akademik Sergey Vavilov». When combining the data of Russian expeditions to other countries that participated in these projects can be obtained fairly detailed picture of the processes in the Southern Ocean. Coordinated work on these projects are the first step to establishing a Southern Ocean Observing System.

Keywords: Antarctic, climate, International Polar Year, oceanography observations, Southern Ocean.