

Термохалинная структура вод у берегов Антарктиды в марте — апреле 2019 г. по данным измерений в 64-й Российской антарктической экспедиции

Ю. В. Артамонов*, Е. А. Скрипалева*,
А. Ю. Артамонов**, С. А. Шутов*

По данным многочасовых зондирований, выполненных в марте — апреле 2019 г. в ходе 64-й Российской антарктической экспедиции на научно-экспедиционном судне “Академик Федоров”, проанализирована термохалинная структура вод в прибрежных районах Антарктики, прилегающих к станциям Молодежная, Новолазаревская и Беллинсгаузен. Выделены типичные для антарктической зоны водные массы (антарктическая поверхностная, антарктическая шельфовая, антарктическая зимняя, шельфовая модификация верхней циркулярной глубинной воды, поверхностная вода пролива Брансфилд) и описаны особенности их временной изменчивости. Показано, что в период проведения измерений прослеживались внутрисуточные и межсуточные колебания температуры и солености воды. Изменения структуры вод в районах станций Молодежная, Новолазаревская и Беллинсгаузен происходили при изменениях синоптических атмосферных условий, а их периодичность была близка к периодичности приливных процессов.

Ключевые слова: Антарктика, гидрологические зондирования, температура и соленость воды, скорость и направление ветра, температура воздуха, приливы, внутрисуточная и межсуточная изменчивость.

Введение

Одним из основных направлений океанографических исследований в рамках Государственной программы Российской Федерации “Охрана окружающей среды” (подпрограмма “Организация и обеспечение работ и научных исследований в Антарктике”) является изучение особенностей проявления внутрисуточной и межсуточной изменчивости термохалинных полей в прибрежных районах Антарктики. Результаты предшествующих исследований на антарктическом шельфе [1, 5, 6, 11, 12] показали, что внутрисуточная и межсуточная изменчивость термохалинной структуры вод была связана с переносом вод дрейфовыми течениями, изменяющимися в зависимости от преобладающих ветров под воздействием синоптических процессов. На эту сложную картину накладывалась адвекция вод прилив-

* Морской гидрофизический институт Российской академии наук; e-mail: artam-ant@yandex.ru (Артамонов Юрий Владимирович).

** Институт физики атмосферы им. А. М. Обухова Российской академии наук.

ными течениями с суточной и полусуточной периодичностью. В целом по данным многосуточных зондирований у разных станций вокруг Антарктиды вертикальная структура вод характеризовалась двумя основными типами: прибрежным шельфовым с квазимонотонным понижением температуры и океаническим с хорошо выраженным подповерхностным минимумом температуры, характерным для антарктической зимней водной массы (АЗВ). При этом в течение периода выполнения станций могла происходить замена одного типа вод другим [6, 11].

К сожалению, многосуточные гидрологические станции выполнялись эпизодически и распределены на акватории вокруг Антарктиды неравномерно [11]. Даже при близком расположении точек зондирования в разных экспедициях измерения в них проводили, как правило, в разные месяцы при различных гидрометеорологических условиях и типах приливов. В связи с этим накопленных данных пока недостаточно для статистически достоверных оценок связи изменчивости структуры вод с атмосферными процессами и приливами. Тем не менее с каждой новой экспедицией в прибрежные районы Антарктики объем информации о структуре и временной изменчивости гидрологических полей увеличивается. Новые данные позволяют дать феноменологическое описание структуры вод и ее изменчивости и на качественном уровне подтвердить и уточнить полученные ранее закономерности. В настоящей работе проанализирована термохалинная структура вод на участках, прилегающих к антарктическим полярным станциям, по данным многочасовых зондирований, проведенных в ходе 64-й Российской антарктической экспедиции (РАЭ) на научно-экспедиционном судне “Академик Федоров”.

Материалы и методы исследования

В ходе 64-й Российской антарктической экспедиции во время стоянок научно-экспедиционного судна “Академик Федоров” у станций Молодежная, Новолазаревская и Беллинсгаузен были выполнены три многочасовые гидрологические станции. Измерения осуществляли через каждые 2,5—3,5 ч, что позволило оценить изменения структуры вод как на межсуточном, так и на приливном временных масштабах. Зондирования проводили минизондом RBRduo/RBRconcerto RBR 111A–A4, предназначенным для измерения температуры и солености с погрешностью по температуре $\pm 0,002^\circ\text{C}$ и разрешением $0,00005^\circ\text{C}$. Соленость рассчитывали по данным измерений электропроводности и температуры воды, при этом корректировали механическое влияние и влияние температуры и давления. Проводимость измеряется до глубины 6000 м в диапазоне 0—85 мСм/см с погрешностью $\pm 0,003$ мСм/см при солености 35‰ и температуре 15°C и разрешением 1 мкСм/см. Для защиты от попадания мелких обломков льда внутрь датчика электропроводности, которые могли бы повлиять на показания солености, нижняя часть корпуса зонда, где расположены датчики, была закрыта мелкоячеистой сеткой. Давление (глубина) измеряется в диапазоне 0—2000 дбар (м) с погрешностью $\pm 0,05\%$ и разрешением 0,001% полной шкалы. При проведении зондирований судно у станций Молодежная и Новолазаревская стояло, врезавшись в припайный лед, а у станции Беллинсгаузен — на якоре, поэтому влияния работающих винтов не было, измерения течений, на которые мог повлиять корпус судна, не проводили,

сбросов балластной и сточной воды с борта в период стоянок не происходило. Измерения у станций делали с кормы судна с помощью ручной лебедки, которую в зависимости от ледовой обстановки перемещали вдоль борта в место с наиболее благоприятными условиями для опускания зонда, вследствие чего глубина места зондирования могла несколько изменяться. У станции Молодежная (рис. 1а) работы были проведены с 28 марта по 2 апреля 2019 г. (было выполнено 31 зондирование). Точка зондирования находилась на шельфе вблизи береговой линии на значительном удалении от бровки шельфа. Непосредственно в районе стоянки судна глубина дна, согласно данным GEBCO, была примерно 350 м; по данным судового эхолота, фактическая глубина составляла около 300 м, такое различие могло быть связано с резким уклоном дна (сгущение изобат на рис. 1а) в районе измерений. Учитывая расхождения показаний глубины по данным GEBCO и по данным судового эхолота, перед началом работ было проведено пробное зондирование с опусканием груза, который лег на грунт при показаниях счетчика на лебедке 270 м. К сожалению, ответчика глубины на зонде не было, поэтому во избежание порчи прибора сначала зондирования проводили до глубины 200—210 м, затем до 270—277 м. В конце периода измерений у кормы появились плотные припайные льды, и рабочая лунка закрылась. В связи с этим лебедку пришлось перемещать вдоль борта в другое место — глубина точки зондирования снова уменьшилась до 200—220 м.

У станции Новозаревская (см. ниже рис. 3а) измерения были проведены с 8 по 14 апреля 2019 г. (выполнено 34 зондирования). Точка зондирования также располагалась вблизи берега на значительном расстоянии от бровки шельфа, при этом в районе стоянки наблюдался относительно ровный рельеф дна (рис. 3а). Глубина места здесь, по данным GEBCO, по показаниям судового эхолота и счетчика на лебедке, составляла около 210—220 м, зондирования проводились практически до дна (до 195—215 м). Отметим, что у станций Молодежная и Новозаревская измерения на шельфе до глубины более 200 м были выполнены впервые.

У станции Беллинсгаузен (см. ниже рис. 5а) зондирования были сделаны с 28 по 30 апреля 2019 г. во время стоянки судна на якоре в районе мелководного залива Максвелл. Глубина варьировалась от 45 до 95 м в зависимости от изменения положения заякоренного судна под воздействием ветра. Вследствие кратковременности стоянки удалось выполнить только 16 зондирований.

Для анализа атмосферных условий использованы данные измерений метеорологических параметров (температура воздуха, скорость и направление ветра), выполнявшихся с помощью судовой автоматической станции MILOS-500, и факсимильные синоптические карты погоды.

Результаты и обсуждение

Анализ обобщенных T , S -кривых на изопикнических поверхностях (рис. 1б и далее рис. 3б, 5б) и профилей температуры, солёности и плотности по данным отдельных зондирований позволил выделить водные массы, характерные для антарктического шельфа [1—4, 8, 10, 13, 14]. При этом вследствие орографических особенностей (глубины и рельефа дна, угла наклона и направления склона, конфигурации береговой линии) и ме-

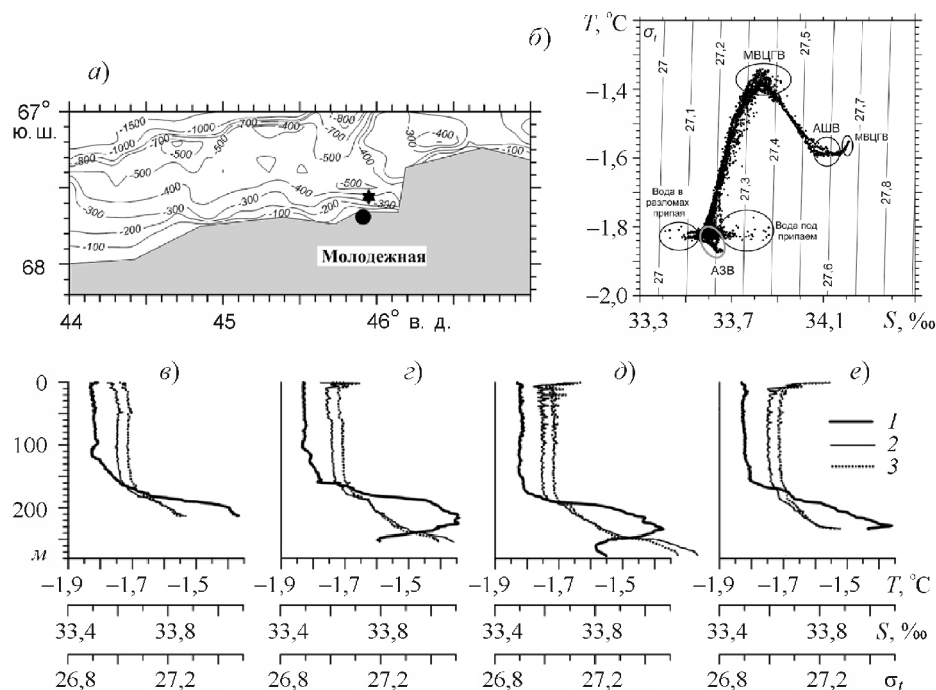


Рис. 1. Положение точки выполнения многочасовых гидрологических измерений (звездочка) у станции Молодежная 28 марта — 2 апреля 2019 г. (а), обобщенная T, S -кривая на изопикнической поверхности σ_t (усл. ед.) по данным зондирований (б), а также профили температуры (1), солености (2) и условной плотности (3) по данным отдельных зондирований (в—е).

в) № 1, 28 марта, 12 ч 26 мин; г) № 7, 29 марта, 13 ч 48 мин; д) № 20, 31 марта, 13 ч 49 мин; е) № 28, 1 апреля, 22 ч 54 мин. На рис. 1а и далее на рис. 3а и 5а тонкими линиями показаны изобаты по данным GEBCO (<http://www.gebco.net>).

теорологических условий структура вод и ее изменчивость у разных станций существенно различались.

У станции Молодежная на обобщенной T, S -кривой (рис. 1б) выделялась трансформированная антарктическая зимняя водная масса с минимальной температурой до $-1,86^{\circ}\text{C}$, относительно низкими значениями солености ($33,6\text{—}33,65\text{‰}$) и условной плотности ($27,15\text{—}27,2$ усл. ед.). Подповерхностный минимум температуры, соответствующий зимней водной массе, наблюдался не на всех профилях. Там, где он прослеживался (например, зондирования № 1 и 7, рис. 1в, г), его глубина варьировалась в пределах от 70 до 130 м. Соленость и плотность в слое зимней водной массы практически не изменялись с глубиной. Другой водной массой, выделяющейся на T, S -кривой, была модификация верхней циркумполярной глубинной водной массы (МВЦГВ) с максимумом температуры $-1,34\text{—}-1,4^{\circ}\text{C}$, соленостью $33,75\text{—}33,95\text{‰}$ и условной плотностью $27,3\text{—}27,45$ усл. ед. Максимум температуры, характеризующий МВЦГВ, четко прослеживался на всех профилях на глубине 190—230 м (рис. 1в—е). На распределениях солености и плотности в слое МВЦГВ наблюдались галоклин и пикноклин, верхняя граница которых залегала на глубине 160—200 м. Под

слоем МВЦГВ выделялась водная масса с низкой температурой ($-1,58...-1,6^{\circ}\text{C}$) и большими значениями солености ($34,05-34,2\text{‰}$) и плотности ($27,55-27,65$ усл. ед.). Согласно работам [1, 6, 10, 12], она представляет собой антарктическую шельфовую водную массу (АШВ). На вертикальных профилях шельфовая водная масса характеризовалась минимумом температуры и увеличением значений солености и плотности на глубине $250-260$ м (зондирования № 7 и 20, рис. 1з, д). Глубже при солености $34,2-34,25\text{‰}$ и плотности $27,65-27,67$ усл. ед. отмечалось некоторое повышение температуры до $-1,56...-1,58^{\circ}\text{C}$, которое могло быть связано с еще одной прослойкой модифицированной верхней циркумполярной глубинной воды, проникающей на шельф в придонном слое. Судя по полученным профилям небольшое повышение температуры, обусловленное присутствием верхней циркумполярной глубинной воды, отмечалось на глубине более 260 м (зондирование № 20, рис. 1д). Примеры такого проникновения МВЦГВ в виде теплых интрузий-языков на шельф в море Содружества, наблюдаемых от глубины $200-300$ м до дна, представлены в работе [8], поэтому на вертикальных профилях слой шельфовой водной массы иногда может подстилаться относительно тонким слоем более теплой и соленой глубинной воды.

Помимо вышеперечисленных водных масс на T , S -кривой выделялись воды с очень малой соленостью ($33,4-33,55\text{‰}$), низкой температурой (ниже $-1,82^{\circ}\text{C}$) и минимальной плотностью ($27,0-27,1$ усл. ед.) (рис. 1б). Эти воды фиксировались непосредственно в лунке, которая была заполнена смесью мелкобитого льда и воды. Учитывая, что в период наблюдений не было сбросов пресных вод с борта судна, а также не происходило разрушение снежниц и таяние снега, находящегося на льду, то наиболее вероятной причиной образования этих вод в приповерхностном слое ($1-2$ м) является разрушение судном припайного льда. Под припаем (слой $2-3$ м) при низкой температуре соленость повышалась до $33,85\text{‰}$ из-за нарастания льда и выпадения солей у нижней кромки припая, при этом плотность увеличивалась до $27,4$ усл. ед. Зондирования фиксировали эту воду в момент ее формирования, когда она еще не успевала опуститься на глубину и располагалась в приповерхностном слое выше слоя зимней водной массы. На профилях подприпайная вода проявлялась в виде понижения температуры, увеличения солености и плотности в верхнем слое до глубины $5-10$ м (зондирования № 7, 20, 28, рис. 1з-е). Отметим, что наличие прослойки холодной, соленой и плотной воды на глубине $0,7-1,3$ м от нижней границы припайного льда было выявлено ранее в заливе Прюдс (бухта Саннефьорд), при этом, по мнению авторов, причины ее возникновения до сих пор не совсем ясны [9].

Во временном ходе температуры (рис. 2а) и солености (рис. 2б) воды в подповерхностном слое до глубины $100-130$ м можно отметить несколько случаев появления антарктической зимней водной массы с минимальной температурой и большей по сравнению с окружающими водами соленостью. В слое $200-230$ м в ядре МВЦГВ периодически наблюдались пятна самой высокой температуры ($-1,34...-1,38^{\circ}\text{C}$). Появление зимней водной массы и повышение температуры в ядре МВЦГВ с временным интервалом около суток могли быть связаны с проникновением в точку измерений с суточным приливом вод со стороны открытого океана, характеризующихся подповерхностным минимумом температуры антарктической

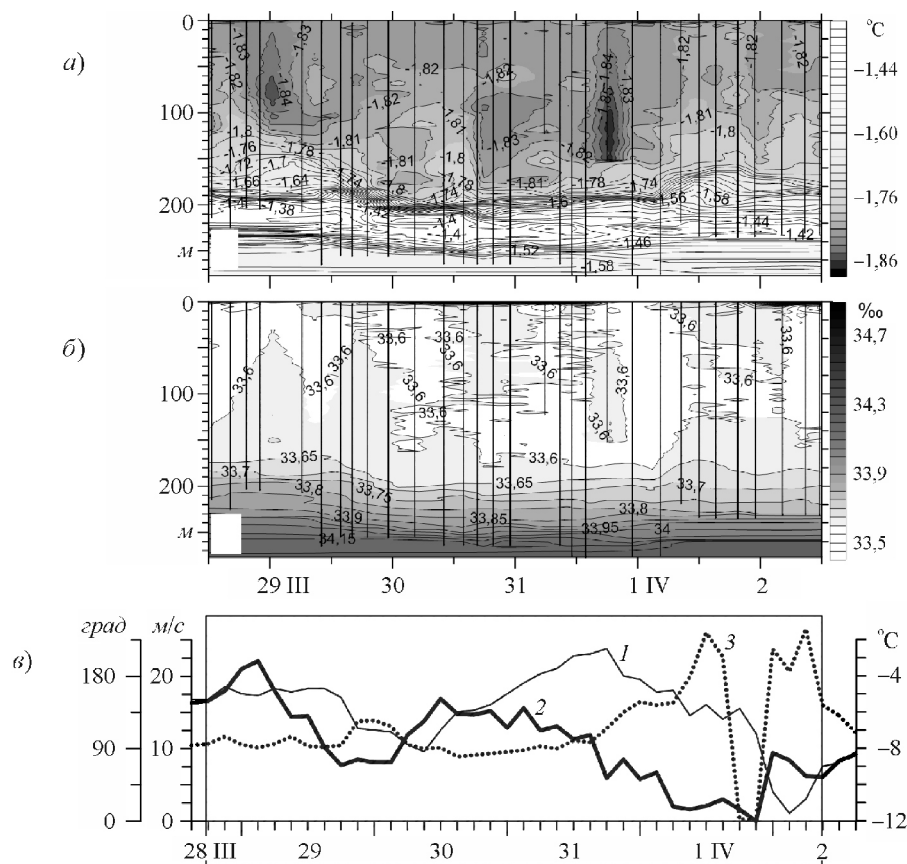


Рис. 2. Временной ход температуры воды (а), солёности (б), температуры воздуха (1), скорости (2) и направления (3) ветра (в) в период измерений у станции Молодежная.

зимней водной массы и промежуточным максимумом глубинной воды [1, 2, 10, 13, 14]. Кроме того, происходившие изменения в гидрологической структуре вод наблюдались на фоне интенсивных синоптических процессов в атмосфере. Анализ карт погоды показал, что в периоды наиболее интенсивного проникновения зимней водной массы в точку измерения 28—29 и 31 марта в районе станции Молодежная располагалась южная периферия мощных циклонов, при этом отмечались повышение температуры воздуха и усиление скорости восточного ветра (рис. 2в). Можно предположить, что появление зимней водной массы в точке измерений обусловлено не только приливами, но и течениями, вызванными атмосферными процессами. К сожалению, небольшой временной период измерений (около 5 сут), отсутствие данных о течениях и уровне моря, а также полигонных съемок на акватории в районе станции пока не позволяют дать количественные оценки связи изменений в структуре вод с приливами и атмосферными процессами.

У ледового барьера вблизи станции Новолазаревская, где глубина дна в районе точки измерений была почти на 100 м меньше, структура вод отличалась от структуры у станции Молодежная. На обобщенной T , S -кривой

(рис. 3б) выделялась водная масса с повышенной температурой ($-1,82...-1,87^{\circ}\text{C}$), низкой соленостью ($33,75-33,9\text{‰}$) и минимальной плотностью ($27,25-27,4$ усл. ед.). Согласно работам [10, 14], эти параметры близки к характеристикам антарктической поверхностной водной массы (АПВ). На профилях температуры в слое поверхностной водной массы наблюдался приповерхностный максимум на глубине до $5-7$ м (зондирования № 1, 8, 16, рис. 2в—д). Так же, как у станции Молодежная, в районе станции Новолазаревская прослеживалась трансформированная зимняя водная масса с низкой температурой $-1,88...-1,92^{\circ}\text{C}$, относительно низкими значениями солености ($33,92-33,98\text{‰}$) и условной плотности ($27,43-27,48$ усл. ед.). Подповерхностный минимум температуры, соответствующий АЗВ, прослеживался на ряде профилей на глубине $40-80$ м (зондирования № 8 и 30, рис. 3в, е). Ниже антарктической зимней водной массы наблюдалась антарктическая шельфовая вода, которая характеризовалась минимальной температурой ($-1,89...-1,95^{\circ}\text{C}$) и большими значениями солености ($34-34,2\text{‰}$) и плотности ($27,5-27,65$ усл. ед.). Промежуточный минимум температуры шельфовой воды присутствовал на всех профилях на глубине $140-200$ м. Верхняя граница слоя шельфовой воды ($140-160$ м) совпадала с хорошо выраженными галокклином и пикноклином. Под слоем шельфовой воды прослеживались более теплые ($-1,86...-1,9^{\circ}\text{C}$) воды с максимальными значениями солености ($34,2-34,28\text{‰}$) и плотности ($27,65-27,75$ усл. ед.). Наиболее вероятно, что так же, как и на станции Молодежная, эти воды являлись проникающей на шельф в придонном слое циркум-

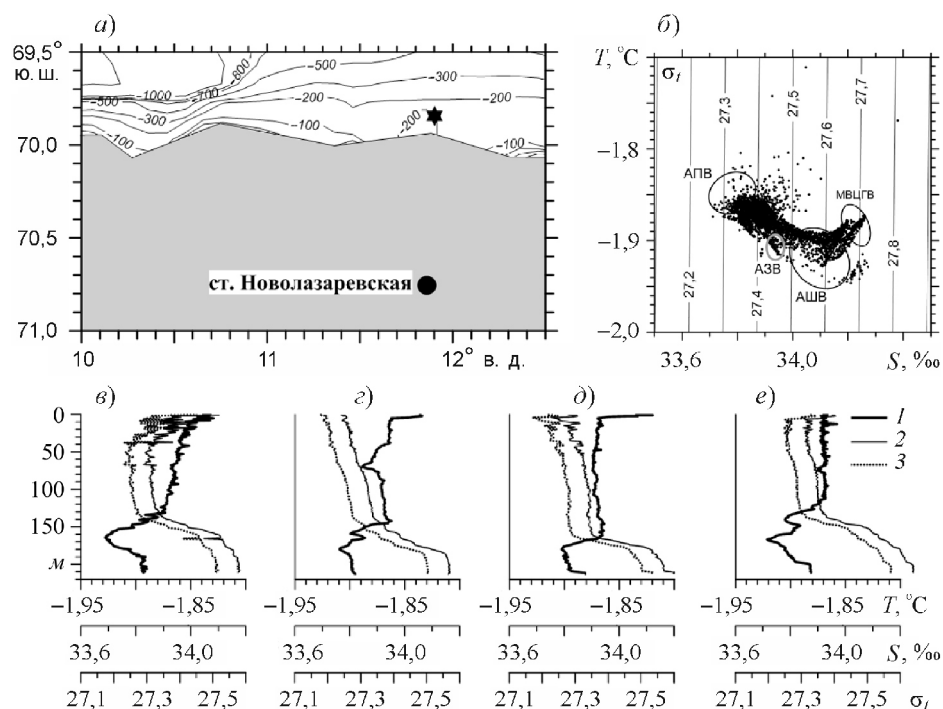


Рис. 3. То же, что на рис. 1, для измерений у станции Новолазаревская 8—14 апреля 2019 г.

в) зондирование № 1, 8 апреля, 21 ч 23 мин; г) № 8, 10 апреля, 8 ч 42 мин; д) № 16, 11 апреля, 17 ч 41 мин; е) № 30, 14 апреля, 5 ч 45 мин.

полярной глубинной водой. При этом в отличие от станции Молодежная, где над слоем шельфовой воды четко фиксировался слой модифицированной глубинной воды в течение всего периода измерений, у станции Новолазаревская модификация верхней циркумполярной глубинной воды была выделена лишь на некоторых зондированиях в тонком придонном слое. На профилях она выделялась по слабому повышению температуры глубже температурного минимума антарктической шельфовой воды (рис. 3*в—е*). Соленость и плотность под галоклином и пикноклином ниже 180—200 м практически не изменялись.

Анализ временной изменчивости температуры (рис. 4*а*) и солености (рис. 4*б*) на станции Новолазаревская показал, что в подповерхностном слое до глубины 100—120 м отмечалось проникновение холодной зимней водной массы в точку измерений с периодичностью примерно сутки (10, 11, 13 и 14 апреля), что может быть связано с ее поступлением из открытого океана с суточным приливом. Более четко влияние приливов проявлялось в слое шельфовой воды, где отмечалось периодическое появление ядер пониженной температуры (рис. 4*а*). Хотя интервал их появления несколько изменялся, в среднем он составлял около суток (8—9, 11—12, 13 и 14 апреля), что также можно связать с влиянием суточного прилива. Понижение температуры в слое антарктической шельфовой воды сопровождалось увеличением его вертикальной мощности и подъемом галоклина ближе к поверхности на 20—30 м (рис. 4*а, б*). Отметим, что наиболее интенсивное понижение температуры слоя шельфовых вод происходило в начале и в конце периода зондирований, при этом по вертикали наблюдалось два ядра с минимальной температурой (рис. 4*а*). Эти одинаковые гидрологические события происходили на фоне качественно схожих метеорологических событий.

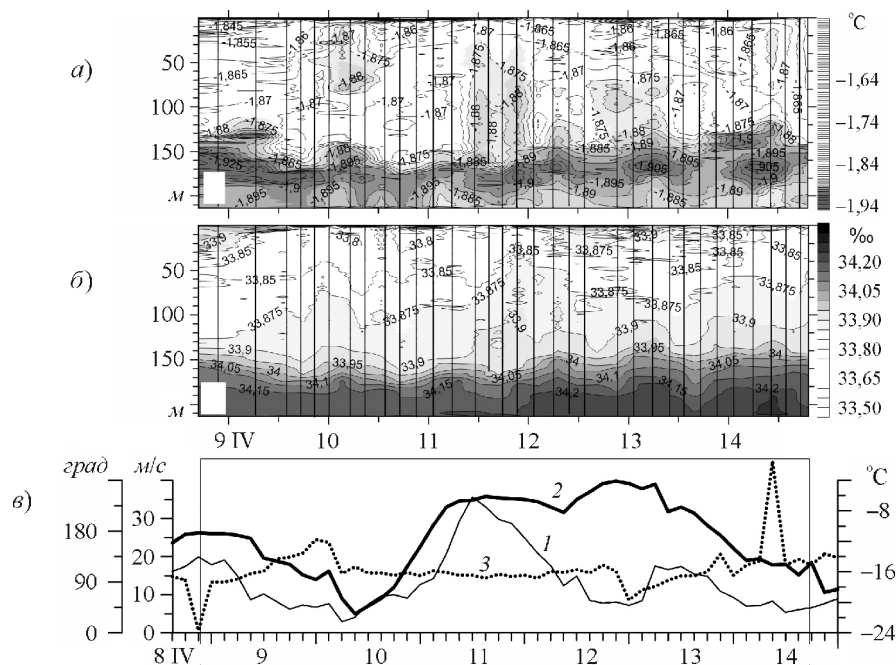


Рис. 4. То же, что на рис. 2, в период измерений у станции Новолазаревская.

рологических условий в районе станции. Судя по синоптическим картам в начале и в конце периода зондирований на метеорологические условия в точке измерений влияла южная периферия циклонов, которые смещались в восточном направлении. В это время наблюдалось постепенное уменьшение температуры воздуха и скорости ветра, при этом восточный ветер, за исключением отдельных выбросов, постепенно сменялся юго-восточным (рис. 4в). В целом представленные временные распределения гидрологических характеристик отражают влияние приливных явлений и крупномасштабных синоптических процессов в атмосфере в окрестностях станции на изменчивость структуры вод.

По данным измерений в районе станции Беллинсгаузен на T , S -кривой (рис. 5б) наиболее четко выделялась одна водная масса с характеристиками $0,3\text{—}0,4^\circ\text{C}$, $34,2\text{—}34,3\text{‰}$, $27,6\text{—}27,65$ усл. ед., близкими к параметрам поверхностной водной массы пролива Брансфилд (ПВБ) [15]. Более низкая ее температура, чем по данным работы [15], может быть обусловлена трансформацией поверхностной водной массы пролива на мелководье (глубина менее 100 м) в заливе Максвелл в условиях начала осеннего выхолаживания в конце апреля.

Профили температуры, солёности и плотности (рис. 5в—е) характеризовались сильной изрезанностью, наблюдающейся практически во всем слое измерений. Это можно объяснить интенсивным горизонтальным перемешиванием, связанным с активным водообменом между открытой частью пролива Брансфилд и мелководным заливом Максвелл. Минимальная изрезанность отмечается на профилях зондирований № 7 и 8, которые были выполнены при максимальной глубине (90—95 м), когда судно было

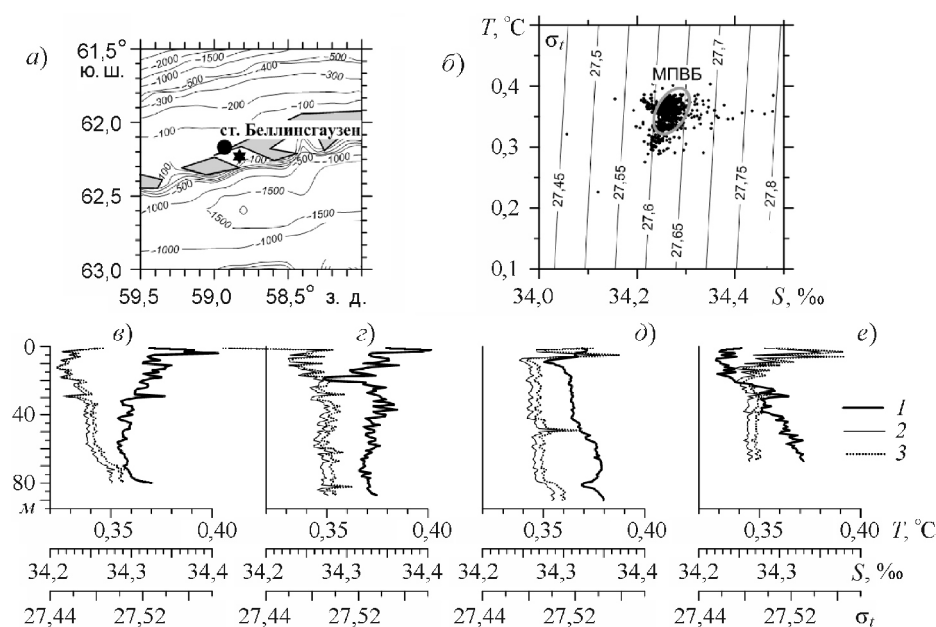


Рис. 5. То же, что и на рис. 1, для измерений у станции Беллинсгаузен 28—30 апреля 2019 г.

в) зондирование № 1, 28 апреля, 18 ч 58 мин; г) № 5, 29 апреля, 8 ч 11 мин; д) № 7, 29 апреля, 14 ч 40 мин; е) № 12, 30 апреля, 4 ч 5 мин.

смещено ближе к мористой границе залива Максвелл. Можно предположить, что здесь течения были слабее, чем внутри залива ближе к берегу, что, в свою очередь, повлияло на интенсивность горизонтального водообмена и степень изрезанности профилей.

Несмотря на “зашумленность” профилей, анализ их временной изменчивости (рис. 6а, б) позволил выявить некоторые особенности, проявляющиеся в слоях в несколько десятков метров. В первую половину периода измерений в приповерхностном слое до глубины 10–15 м наблюдалась теплая вода (0,37–0,40°C) повышенной солености (34,3–34,4‰). В начале измерений под этим слоем практически до дна прослеживались более холодные (0,35–0,36°C) и пресные (34,25–34,26‰) воды. С течением времени они сменялись относительно теплой (0,37–0,38°C) и более соленой (34,265–34,28‰) водой, причем максимум температуры (до 0,385°C) фиксировался почти у дна в слое 80–85 м (рис. 6а). В конце периода измерений во всем верхнем 50-метровом слое прослеживалась более холодная (0,30–0,35°C) и менее соленая (34,24–34,25‰) вода (рис. 6а, б).

Наблюдаемая перестройка структуры вод может быть связана с совместным влиянием приливов и синоптической изменчивости атмосферы. Согласно работе [7], в период измерений наблюдалось два основных минимума уровня моря, моменты наступления которых (21 ч 28 апреля и 22 ч 29 апреля) качественно совпадали со временем перестройки структуры

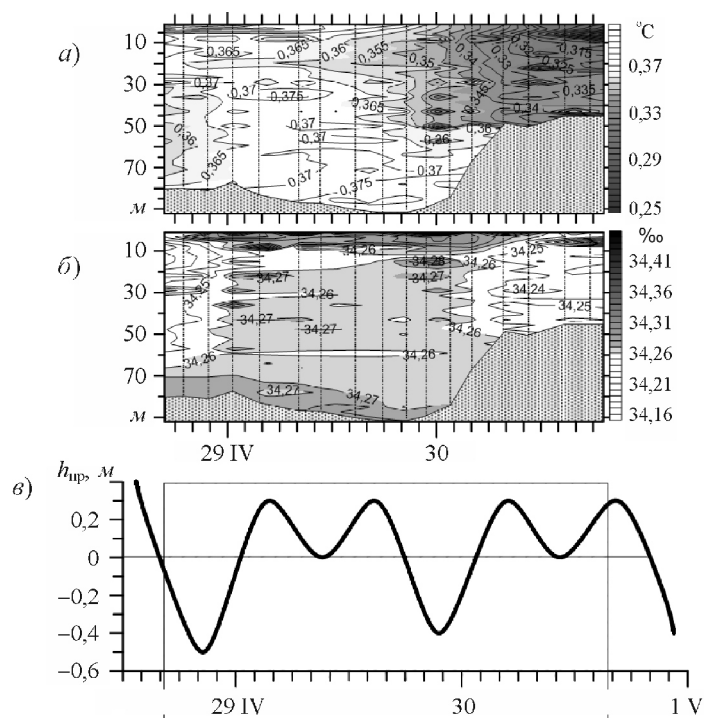


Рис. 6. Временной ход температуры воды (а), солености (б) и высоты предвычисленных приливов (в) в период измерений у станции Беллинсгаузен.

Верхняя граница заштрихованной области на рисунках а, б показывает максимальную глубину зондирования.

вод (рис. 6в). Вместе с тем ожидаемая цикличность, вызываемая одинаковым приспособлением структуры вод к одним и тем же фазам прилива, в распределении гидрологических характеристик не прослеживалась. Это можно объяснить существенным влиянием на структуру вод синоптической изменчивости атмосферы, которая формирует течения, способствующие поступлению в бухту вод из пролива Брансфилд. Как показал анализ синоптических карт, даже на таком коротком интервале времени происходили заметные изменения метеорологических величин. В начале измерений (28 апреля) в регионе Южных Шетландских островов дул сильный северо-западный ветер, который в течение 29 апреля заметно ослабевал и сменялся южным, а в конце периода измерений снова усиливался и сменялся северным. По-видимому, атмосферные процессы формировали синоптические течения, усиливающие водообмен между заливом Максвелл и проливом Брансфилд, что ослабляло влияние приливов на структуру вод.

Выводы

Многочасовые гидрологические измерения в марте — апреле 2019 г., впервые проведенные в районах станций Молодежная и Новозазаревская до глубины 200—280 м, позволили выделить основные водные массы, характерные для антарктической зоны: антарктическую поверхностную, антарктическую шельфовую, антарктическую зимнюю, модификацию верхней циркумполярной глубинной воды. У станции Беллинсгаузен выделена прибрежная модификация поверхностной воды пролива Брансфилд.

Показано, что структура вод и ее временная изменчивость у разных станций существенно различались. У станции Молодежная с периодичностью около суток отмечались появление ядер антарктической зимней водной массы с минимальной температурой в подповерхностном слое до глубины 100—130 м и повышение температуры в ядре модифицированной верхней циркумполярной глубинной воды в слое 200—230 м. Под слоем глубинной воды наблюдалась тонкая прослойка антарктической шельфовой воды, глубже которой на некоторых зондированиях фиксировалось небольшое повышение температуры, характерное для еще одной прослойки глубинной воды.

У станции Новозазаревская, где глубина дна была почти на 100 м меньше, циркумполярная глубинная вода была выделена лишь на некоторых зондированиях в тонком придонном слое. Так же как и на станции Молодежная, в подповерхностном слое до глубины 100—120 м отмечались ядра холодной зимней водной массы, появление которых происходило с периодичностью примерно сутки, что может быть связано с ее поступлением из открытого океана с суточным приливом. На глубине 140—200 м хорошо прослеживался слой шельфовой воды, в котором отмечалось периодическое появление ядер пониженной температуры, сопровождающееся увеличением вертикальной мощности этого слоя и подъемом галоклина ближе к поверхности на 20—30 м.

Как показало сопоставление временных рядов термохалинных и метеорологических параметров по данным многочасовых гидрологических зондирований, изменения структуры вод в районах станций Молодежная, Новозазаревская и Беллинсгаузен происходили при смене синоптических атмосферных условий. Несмотря на то что эти изменения были связаны не только с проникновением антарктической зимней водной массы в точку

измерений, а наблюдались в слоях различных водных масс (в слое циркулярной глубинной воды у станции Молодежная и в слое шельфовой воды у станции Новолазаревская), их периодичность была близка к периодичности приливных процессов. Это позволяет подтвердить вывод (к сожалению, только на качественном уровне), что внутрисуточные и межсуточные колебания температуры и солености воды в разных районах Антарктики обусловлены совместным влиянием приливов и синоптических атмосферных процессов.

Работа выполнена в рамках тем государственного задания Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра “Морской гидрофизический институт Российской академии наук” № 0827-2019-0003 “Океанологические процессы” и № 0555-2019-0003 “Антарктика”.

Литература

1. Антипов Н. Н., Артамонов А. А., Артамонова К. В., Духова Л. А., Масленников В. В. Гидролого-гидрохимические исследования в водах Антарктики в 57-й Российской антарктической экспедиции. — *Океанология*, 2013, т. 53, № 3, с. 421—424; doi: 10.7868/S0030157413030015.
2. Антипов Н. Н., Клепиков А. В. Циклонические круговороты окраинных морей Восточной Антарктиды. — *Арктика и Антарктика*, 2003, вып. 2(36), с. 126—148.
3. Антипов Н. Н., Клепиков А. В. Особенности океанографического режима залива Прюдс по данным экспедиций ААНИИ. — *Проблемы Арктики и Антарктики*, 2007, № 76, с. 36—48.
4. Антипов Н. Н., Клепиков А. В. Особенности формирования и распространения водных масс на шельфе и материковом склоне вокруг Антарктиды. — *Лед и снег*, 2014, т. 54, № 4, с. 81—94; doi: 10.15356/2076-6734-2014-4-81-94.
5. Артамонов Ю. В., Булгаков Н. П., Ващенко В. Н., Ломакин П. Д. Океанографические исследования Украины в Атлантическом секторе Антарктики (1997—2004). — Киев, Наукова думка, 2006, 164 с.
6. Артамонов А. Ю., Репина И. А., Артамонов Ю. В. Исследования изменчивости термической структуры вод по данным многочасовых зондирований в районах Антарктических станций. — *Украинский Антарктический журнал*, 2010, № 9, с. 144—157.
7. Ашик И. М., Дворкин Е. Н. Предвычисленные приливные колебания в районе станции Беллинсгаузен в апреле — мае 2019 г. Справочное пособие. — СПб, ААНИИ, 2019.
8. 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. 1—15.
9. Иванов Б. В., Безгрешнов А. М. Характеристики припайного льда в заливе Прюдс (на примере бухты Саннефьорд). — *Проблемы Арктики и Антарктики*, 2014, № 2(100), с. 33—40.
10. Саруханян Э. И., Смирнов Н. П. Водные массы и циркуляция Южного океана. — Л., Гидрометеиздат, 1986, 288 с.
11. Artamonov Yu. V., Artamonov A. Yu., Skripaleva E. A., Shutov S. A., and Shishov E. A. Study of mesoscale and synoptic variability of the thermohaline structure of water in Antarctic coastal areas (from materials of Russian Antarctic expeditions). — *Oceanology*, 2018, vol. 58, No. 5, pp. 763—768; doi: 10.1134/S0001437018050016.
12. Artamonov Yu. V. and Skripaleva E. A. Oceanographic research of Marine Hydrophysical Institute in the Southern Ocean. — *Phys. Oceanogr.*, 2016, No. 6, pp. 56—66; doi: 10.22449/1573-160X-2016-6-56-66.
13. Jacobs S. S. and Georgi D. T. Observations in the southwest Indian / Atlantic Ocean. /In: *A Voyage of Discovery, George Deacon 70th Anniversary Volume*. — Oxford, Pergamon Press, 1977, pp. 43—84.
14. Stramma L. and England M. H. On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean. — *J. Geophys. Res.*, 1999, vol. 104, No. C9, pp. 20.863—20.883.
15. Zhou M., Zhu Yi., Dorland R. D., and Measures C. I. Dynamics of the current system in the southern Drake Passage. — *Deep-Sea Res.*, Part I, 2010, vol. 57, No. 9, pp. 1039—1048; doi: 10.1016/j.dsr.2010.05.012.