

УДК 551.465(267)

ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЧИВОСТИ ТЕРМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ВОД ПО ДАННЫМ МНОГОЧАСОВЫХ ЗОНДИРОВАНИЙ В РАЙОНАХ АНТАРКТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

А.Ю. Артамонов¹, И.А. Репина¹, Ю.В. Артамонов²

¹*Институт физики атмосферы им. Обухова РАН, г. Москва, Россия, arseniy_ur@mail.ru*

²*Морской гидрофизический институт НАН Украины, г. Севастополь, Artam-ant@yandex.ru*

В работе представлены результаты исследований термической структуры вод на многочасовых станциях, выполненных на НЭС “Академик Фёдоров” в 2009-2010 гг. Показано, что внутрисуточная изменчивость поля температуры наблюдается на фоне межсуточных изменений, которые обусловлены смещениями границы между холодными шельфовыми водами и более теплыми океаническими водами. Перестройка структуры вод происходит под влиянием активных синоптических процессов в атмосфере над пограничными с Антарктидой океаническими акваториями.

Дослідження мінливості термічної структури вод за даними багатогодинних зондувань у районах антарктичних станцій.

А.Ю. Артамонов, І.А. Рєпіна, Ю.В. Артамонов

Реферат. У роботі представлено результати досліджень термічної структури вод на багатогодинних станціях, виконаних на НЕС “Академик Федоров” у 2009-2010 рр. Показано, що внутрішньодобова мінливість поля температури спостерігається на фоні міждобових змін, обумовлених зсувами границі між холодними шельфовими водами та більш теплими океанічними водами. Перебудова структури вод відбувається під впливом активних синоптичних процесів в атмосфері над прикордонними з Антарктидою океанічними акваторіями.

The investigations of thermal water structure by many-hours sounding data in the Antarctic stations regions.

A.Yu. Artamonov, I.A. Repina, Yu.V. Artamonov

Abstract. In the work the results of thermal water structure investigations at many-hours hydrological stations, carrying out R/V “Academic Fedorov” in 2009-2010 are presented. Shown, that the intra-daily variability of temperature field is observed against a background of inter-daily changes, which due to displacement of boundary between cold shelf water and more warm ocean water. The water structure reconstruction is result from the active synoptic processes in atmosphere above Antarctic adjacent oceans areas.

Key words: thermal water structure, tidal wave, wind speed, wind direction, solar radiation, relative humidity, atmosphere pressure, intra-daily variability, inter-daily changes, synoptic processes, Antarctic adjacent oceans areas.

1. Введение

Исследование проявлений глобальных климатических изменений в прибрежных областях Антарктического континента является фундаментальной проблемой, решение которой позволяет уточнить наши представления о механизмах формирования регионального климата, оптимизировать решение прикладных и экологических задач. Сложность проблемы заключается в том, что она требует комплексного многоуровневого подхода с изучением изменчивости характеристик океана и атмосферы на разных пространственно-временных масштабах. Ключевым вопросом является понимание

особенностей перераспределения энергии крупномасштабных межгодовых колебаний на сезонном, синоптическом и внутрисуточных уровнях. Современные теоретические модели взаимодействия океана и атмосферы пока далеки от совершенства и в силу грубости аппроксимации граничных условий не позволяют однозначно трактовать региональные особенности процессов в системе океан–атмосфера. Очевидно, что без изучения реальной высокочастотной изменчивости характеристик в пограничных слоях океана и атмосферы невозможно успешное развитие моделирования атмосферной циркуляции и создаваемых на его основе методов долгосрочного прогнозирования погоды. Вместе с тем экспериментальная база временных реализаций измерений гидрометеопараметров в Антарктике ограничена в основном стандартной метеорологией на полярных станциях, а высокочастотные измерения, направленные на изучение процессов энергообмена и изменчивости океанографических параметров, выполнялись крайне редко.

Исследования мезомасштабной структуры вод в прибрежных районах Антарктиды были предприняты в морских Украинских антарктических экспедициях (УАЭ) в период с 1997 по 2002 гг. [1–5]. В этих экспедициях на мелководье архипелага Аргентинские острова была выполнена серия многочасовых станций. В распределении T,S-характеристик для разных станций были обнаружены общие закономерности. Это хорошо выраженные термоклин и галоклин на глубинах 10–30 м, выше галоклина во всех случаях располагались менее соленые воды (рис. 1). В поверхностном слое 0–5 м на всех станциях в поле температуры хорошо прослеживался суточный ход, обусловленный изменчивостью метеопараметров. Наблюдались также и существенные отличия. Например, на двух многочасовых станциях, выполненных практически в одном и том же месте с интервалом в десять суток, T,S-структура вод коренным образом изменилась. На второй станции термоклин приподнялся примерно на 10 м к поверхности. Весь столб воды имел отрицательные температуры, причем выше термоклина располагались более холодные воды, тогда как на первой многочасовой станции они были более теплыми. Произошло также общее увеличение солености вод примерно на 0.3–0.5‰ (рис. 1, а–г). Метеорологические измерения на станции Академик Вернадский свидетельствовали об изменении синоптических условий, которое сопровождалось сменой направления переноса водных масс дрейфовыми течениями, что привело к перестройке вертикальной стратификации вод. Характерной особенностью распределения T,S-параметров во времени является эпизодическое появление аномально холодных и соленых вод (рис. 1, д, е). Эти события имели периодичность, близкую к периоду приливной волны, измеренной на станции Академик Вернадский.

Таким образом, многочасовые измерения на мелководье западного шельфа Антарктического полуострова, выполненные в ходе УАЭ, показали, что внутрисуточная и синоптическая изменчивость структуры вод связана с несколькими факторами: суточным ходом метеопараметров, адвекцией вод дрейфовыми течениями, изменяющимися в зависимости от преобладающих ветров под воздействием синоптических процессов. Данные факторы в зависимости от сезона и синоптической ситуации в атмосфере и океане могут играть различную роль в формировании T,S-структуры вод на шельфе. На эту сложную картину накладывается периодическая адвекция вод приливными течениями, которые, в свою очередь, могут носить как суточный, так и полусуточный характер.

Поскольку полученные в УАЭ результаты носят региональный характер, представляется важным оценить, как полученные закономерности проявляются в других районах Антарктики. В настоящей работе анализируются данные многократных гидрологических зондирований и попутных измерений метеорологических параметров, выполненных во время стоянок НЭС “Академик Фёдоров” у антарктических станций в ходе 55-й Российской антарктической экспедиции (РАЭ) в 2009–2010 гг.

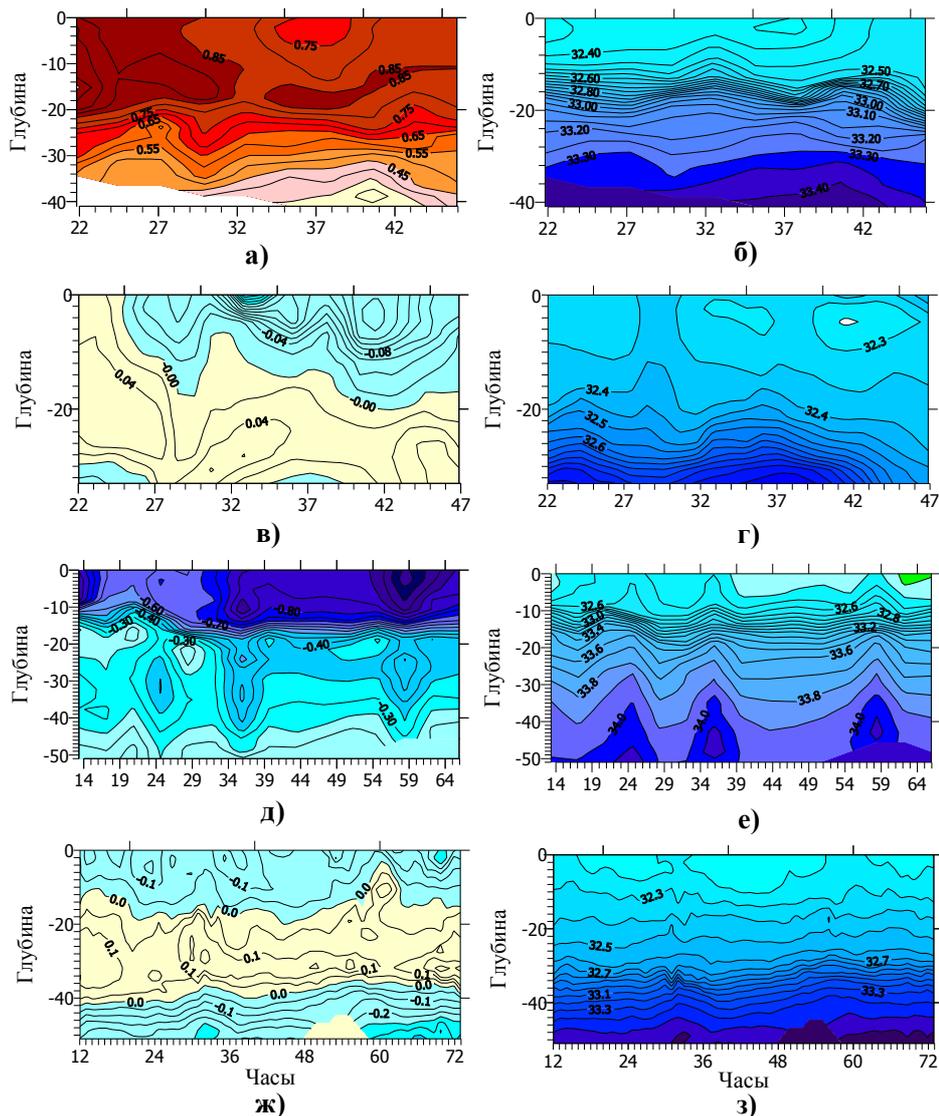


Рис. 1. Температура (а, в, д, ж) и соленость (б, г, е, з) на многочасовых станциях 6-7.03.97 (а, б), 16-18.03.97 (в, г), 15-16.03.98 (д, е) и 17-20.03.98 (ж, з).

2. Материалы и методика

В период стоянок судна на акваториях, прилегающих к антарктическим станциям, производились зондирования верхнего 100–200-метрового слоя океана с помощью программируемого измерителя температуры ПИРАТ-2001. Прибор разработан в лаборатории океанологических измерительных систем Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии и предназначен для автономного измерения температуры на глубинах до 2000 м с дискретностью от 1 минуты и выше (до 99 часов). Области применения: крабовые ловушки, донные и пелагические тралы, буйковые станции. Прибор использовался в режиме зондирования с выдержкой 3-5

минут на горизонтах 0, 2, 5, 10, 20 и т. д. через каждые 10 метров до глубин 100–200 м. Для зондирований использовалась мини-лебедка с тросом длиной 200 м, которая в зависимости от ледовой обстановки перемещалась вдоль борта судна в то место, где наблюдалась полынья. Зондирования производились через каждые 2-3 часа. Такой временной интервал был выбран с целью оценки влияния суточного и полусуточного приливов на гидрологическую структуру. Количество и положение точек зондирований на многочасовых станциях представлены на рис. 2.

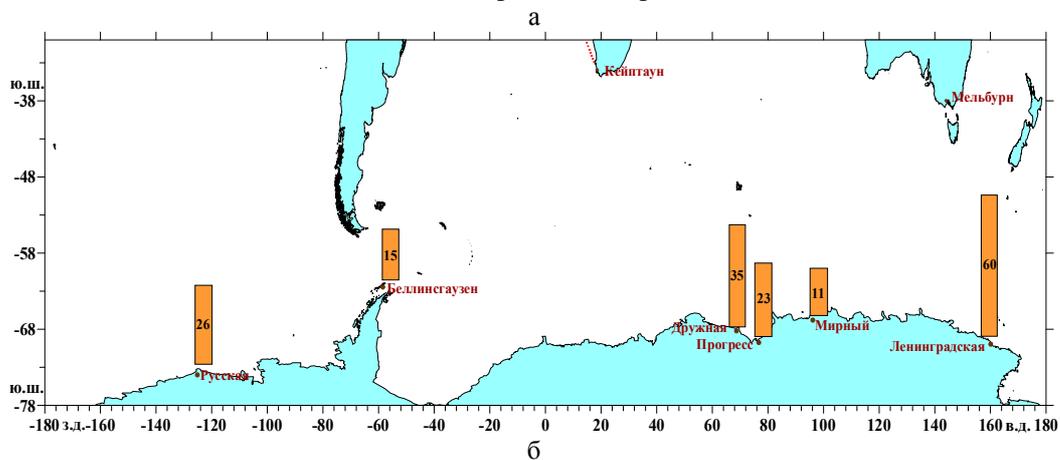
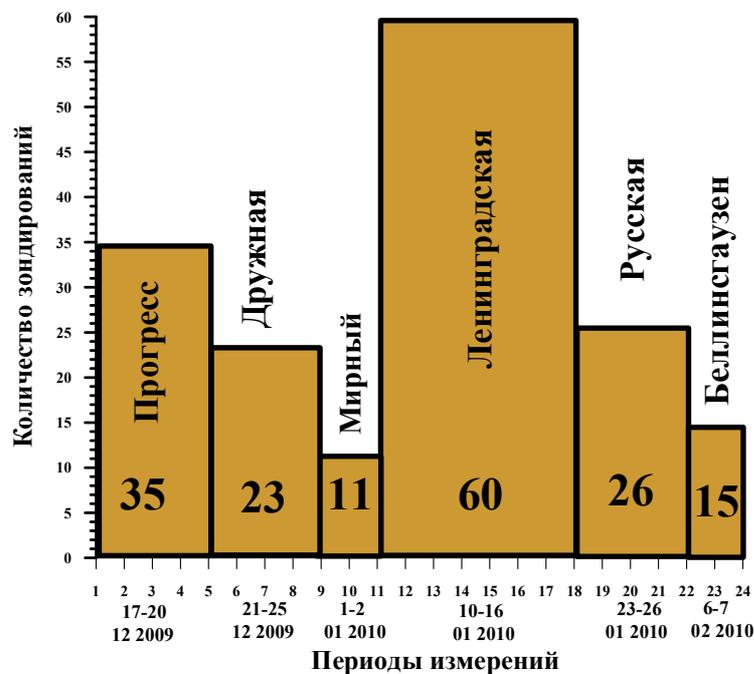


Рис. 2. Количество (а) и положение точек (б) зондирований на многочасовых станциях.

Прибор поверен 21.06.2009 г., кроме того, вблизи станции Русская было выполнено методическое зондирование для сличения показаний температуры разными приборами в верхнем 200-метровом слое. Было выявлено, что разница температуры, измеренной прибором ПИРАТ-2001 и судовым зондом Мир-1 (модификации зонда Sea-Bird SBE), не

превышала 0.05-0.08°C. Это в среднем на порядок меньше общего диапазона изменчивости температуры на поверхности.

Зондирования приходилось проводить при температуре воды, как правило, ниже -1.0°C и постоянном присутствии в районе работ плавающих льдин или мелкобитого льда и шуги. Когда позволяла ледовая обстановка, зондирования проводились до 200 м, по возможности в начале и конце многочасовой станции. При наличии больших полыней чистой воды часто происходил дрейф крупных льдин, поэтому в некоторых случаях зондирование приходилось прекращать из-за угрозы потери прибора. Несмотря на сложные ледовые условия, удалось собрать достаточно большой объем фактической информации о структуре, мезомасштабной и синоптической изменчивости поля температуры верхнего слоя в прибрежных водах Антарктики. Для анализа атмосферных условий, при которых формировалась структура вод в океане, привлекались измерения метеорологических параметров, выполнявшиеся с помощью судовой автоматической станции погоды MILOS-500, и факсимильные карты погоды.

3. Результаты

Типичные профили температуры, полученные на разных станциях, указывают на существенную пространственную изменчивость поля температуры вокруг Антарктиды, которая наиболее четко выражена в верхнем 100-метровом слое (рис. 3). У станций Прогресс, Дружная и Русская, где глубина не превышала 500 м, наблюдался шельфовый тип вертикальной термической структуры со слабым монотонным понижением температуры с глубиной. У станции Ленинградская, где глубина была больше 1000 м, прослеживался океанический тип структуры вод с подповерхностным минимумом температуры Антарктической зимней водной массы.

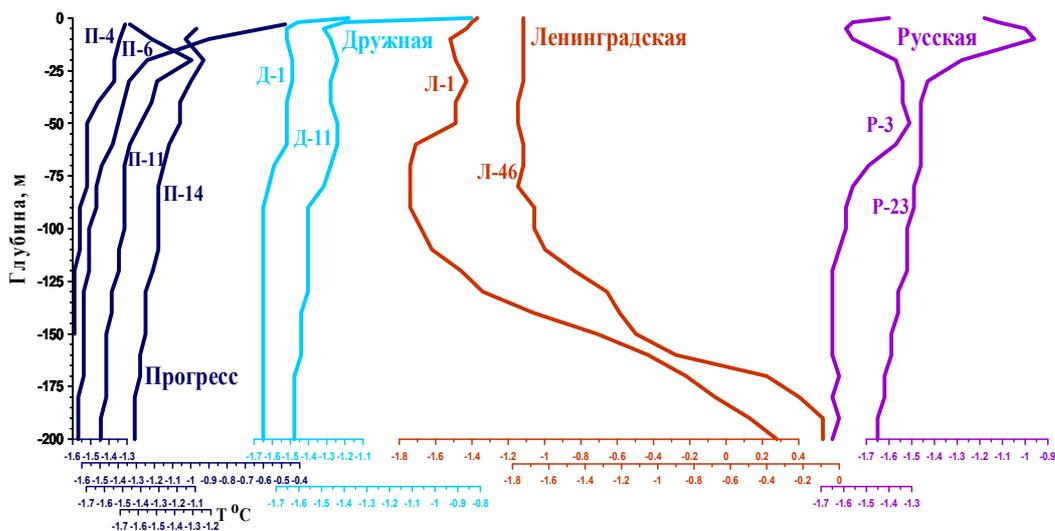


Рис. 3. Вертикальные профили температуры в слое 0–200 м, полученные вблизи станций Прогресс (П), Дружная (Д), Ленинградская (Л) и Русская (Р).

Временную изменчивость температуры воды на акватории у станции Прогресс иллюстрирует рисунок 4. Отсутствие данных в верхнем слое в первые двое суток наблюдений объясняется тем, что в это время судно было окружено плотным ледовым полем. Толщина льда достигала 1-1.5 м. Поэтому термометр опускался в лунку под лед, и

первый горизонт измерений был 5 м. В этом случае влияние суточного хода солнечной радиации практически исключалось. Тем не менее на этом горизонте амплитуда внутрисуточных колебаний температуры достаточно высока, что, по-видимому, связано с особенностями прохождения приливной волны под ледовым покровом. Ниже с глубиной амплитуда колебаний температуры быстро затухала. В целом временная изменчивость поля температуры формировалась под влиянием приливной волны, которая в рассматриваемом случае прослеживалась наиболее четко до глубин 70–80 м (рис. 4, а). Во второй половине периода наблюдений появилась обширная полынья, что дало возможность провести измерения температуры на поверхности и выявить ее высокоамплитудный суточный ход. На фоне приливной волны и суточных колебаний на поверхности наблюдались слабое похолодание верхнего слоя примерно до глубины 50 м и некоторое потепление на нижних горизонтах (рис. 4, б). Возможно, это связано с изменением синоптической ситуации в соседних, свободных ото льда районах океана, которое вызвало адвекцию более теплых вод со стороны океана в нижних слоях и отток холодных вод из прибрежной зоны в верхнем слое.

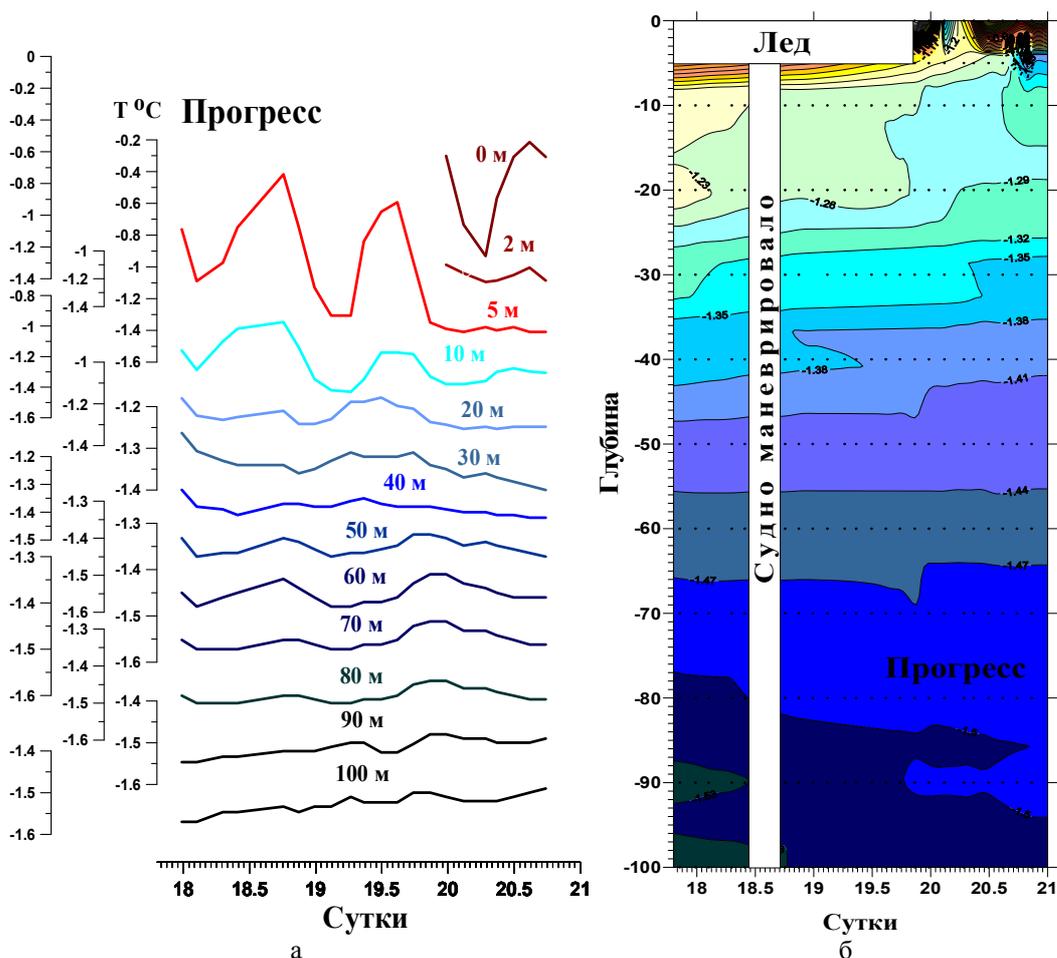


Рис. 4. Временной ход температуры воды на отдельных горизонтах (а) и пространственно-временное распределение температуры, сглаженное процедурой интерполяции Inverse Distance (б), в период многочасовой гидрологической станции у ст. Прогресс.

Измерения в заливе Thala Fjord (окрестности станции Дружная) также показали наличие приливных и синоптических вариаций термической структуры вод верхнего слоя (рис. 5). На поверхности амплитуда суточных колебаний температуры воды резко возрастала. Пока нельзя однозначно ответить на вопрос: являются ли большие амплитуды суточных колебаний ТПО чистым эффектом выраженного суточного хода солнечной радиации, или значительный вклад вносят интенсивные вертикальные движения и адвекция более прогретых вод приливными волнами из соседних районов? В дальнейшем анализ данных о приливах позволит дать ответ на поставленный вопрос.

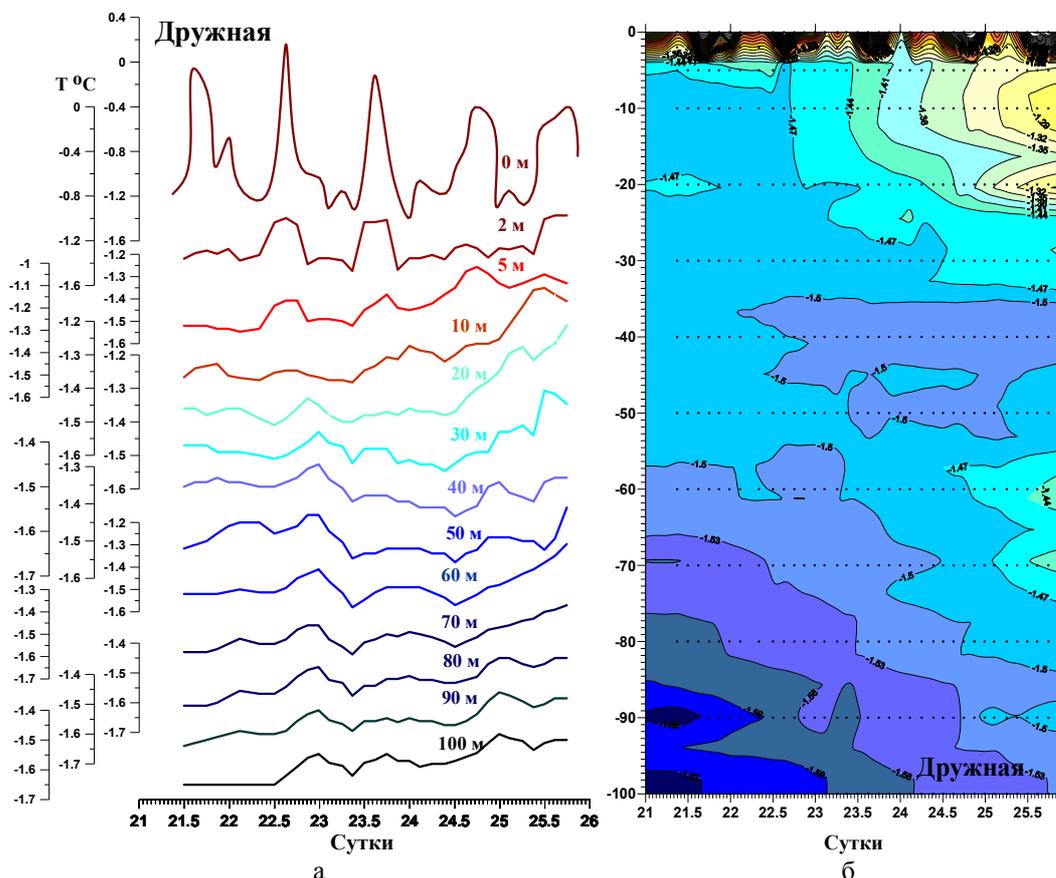


Рис. 5. Временной ход температуры воды на отдельных горизонтах (а) и пространственно-временное распределение температуры, сглаженное процедурой интерполяции Inverse Distance (б), в период многочасовой гидрологической станции у ст. Дружная.

По данным судовых метеорологических измерений, в районе исследований прослеживался хорошо выраженный суточный ход температуры воздуха, суммарной солнечной радиации, относительной влажности, скорости и направлений ветра (рис. 6, а). При этом выявлены следующие закономерности. Наступление максимума суммарной солнечной радиации обычно отмечалось в первой половине суток (рис. 6, б). Примерно через 4-6 часов наблюдался максимум температуры воздуха, в это же время или с запаздыванием примерно на 1-2 часа наступали минимум скорости ветра и максимумы относительной влажности и температуры воды.

К концу периода измерений в связи с изменением синоптической ситуации эти закономерности нарушались. Наблюдалось изменение нормального суточного хода метеопарамет-

ров и незначительное потепление (до 0.1-0.2°C) верхнего 100-метрового слоя. Характерно, что на горизонтах 35–45 м во вторую половину периода наблюдений прослеживался слабый минимум температуры, являющийся признаком вод открытого океана, вертикальная структура которых характеризуется подповерхностным минимумом температуры Антарктической зимней водной массы.

Об изменении метеорологических условий на станции Дружная свидетельствуют ход атмосферного давления, наблюдаемый в точке измерений (рис. 6), и синоптические карты приводного давления (рис. 7), которые позволили дать качественную интерпретацию изменений пространственной структуры атмосферного поля. В целом район работ характеризовался ложбиной низкого давления, которая выступала в сторону материка и граничила к юго-западу и юго-востоку с областями относительно высокого давления. В начале измерений (21-22.12.2009 г.) атмосферное давление росло за счет смещения на восток гребня высокого давления, располагавшегося к юго-западу от района работ (рис. 7, а). Очередной рост атмосферного давления отмечался примерно через двое суток (рис. 7, б). Несколько позднее, 26.12.2009 г., судовые измерения показали падение атмосферного давления.

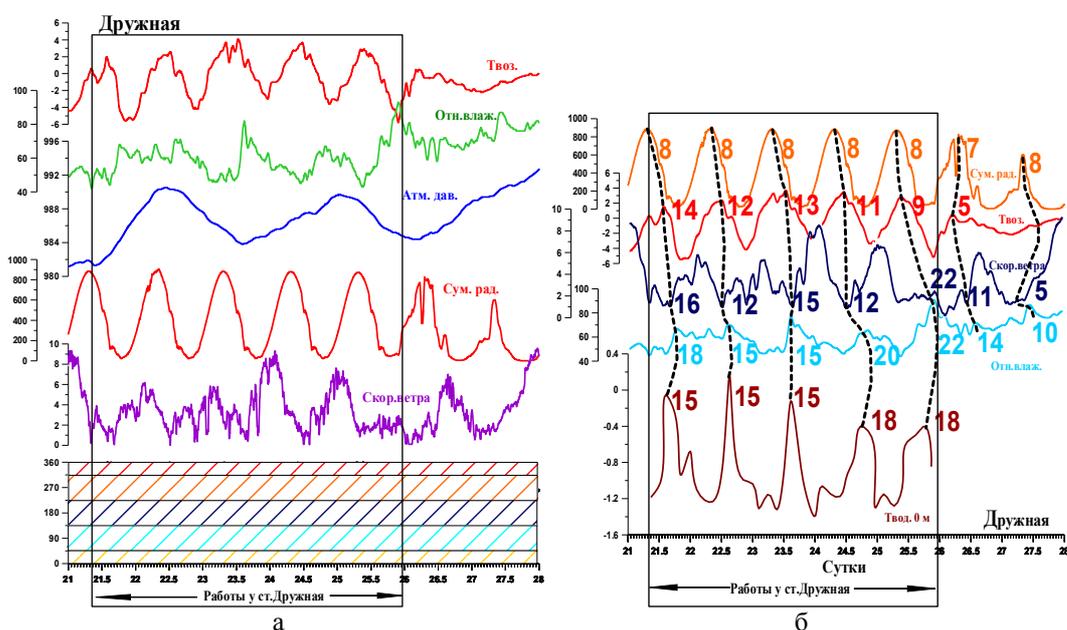


Рис. 6. Временной ход: а – температуры воздуха, относительной влажности, атмосферного давления, суммарной радиации, скорости и направления ветра; б – временной ход тех же параметров (кроме атмосферного давления и направления ветра) и температуры воды в период многочасовых зондирований у станции Дружная. Цифры на рисунке (б) обозначают время (в часах) наступления максимумов разных параметров.

На карте за 26.12.2009 видно, что ложбина низкого давления, судя по изобаре 988 мб, проникает далеко на сушу (рис. 7, в). На следующей карте за 27.12.2009 в районе станции наблюдался хорошо выраженный циклон, который сопровождался нарушением суточного хода метеопараметров (рис. 7, г). В районе работ преобладали ветра западных и южных румбов, которые обычно наблюдаются на северной и западной перифериях циклона. По судовым измерениям 27.12.2009 отмечался рост атмосферного давления, который мог свидетельствовать о быстром заполнении циклона или смещении его в восточном направлении.

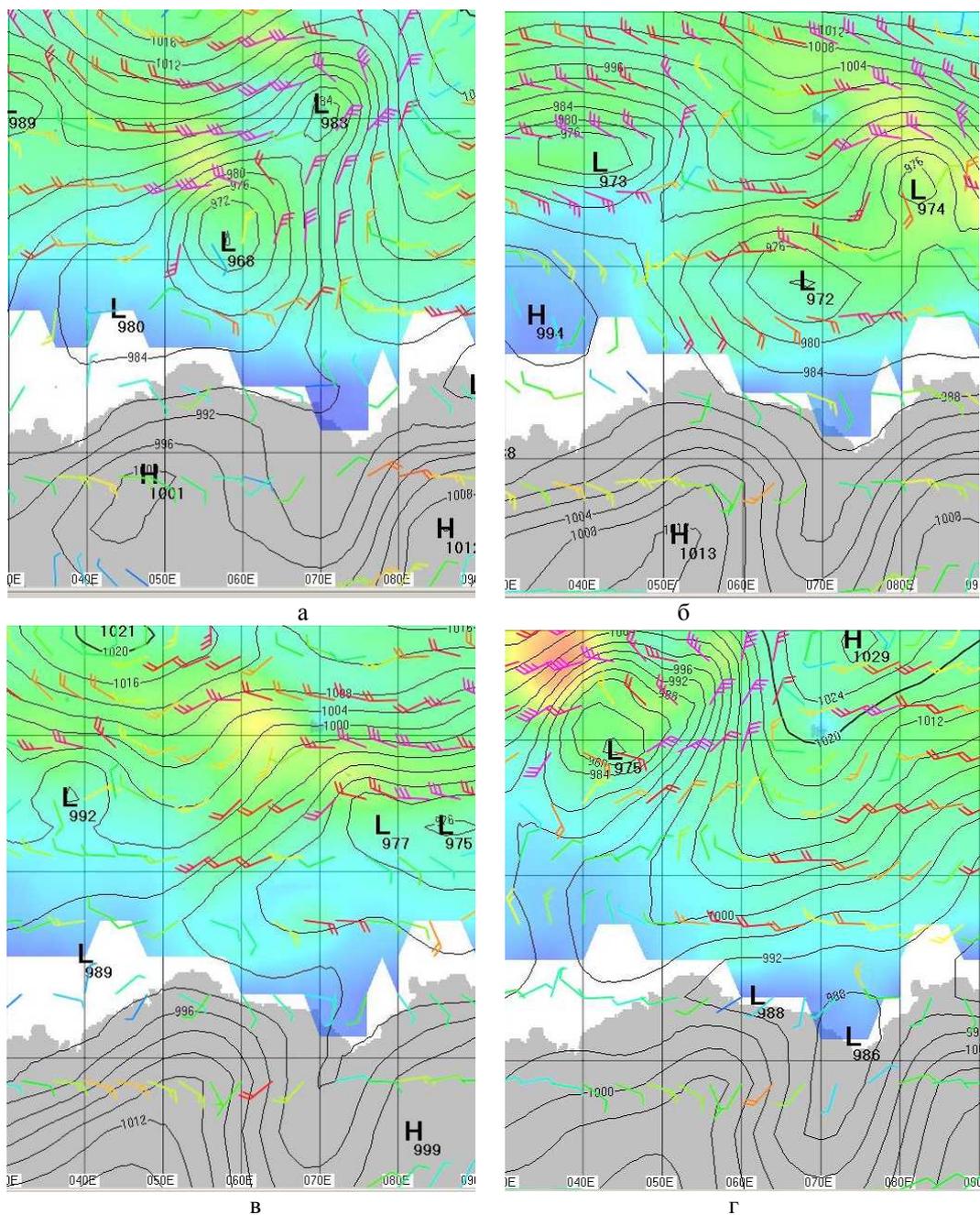


Рис. 7. Карты приведенного давления в период многочасовых гидрологических измерений у станции Дружная: а – 2009.12.22. 00:00, б – 2009.12.24. 00:00, в – 2009.12.26. 00:00, г – 2009.12.27. 18:00.

Низкая дискретность получения синоптических карт (1 карта в сутки) не позволила более детально проследить эволюцию синоптических образований, но даже имевшийся набор карт дал возможность сделать предварительный вывод о том, что метеорологические

условия в районе станции Дружная, влияющие на гидрологическую структуру вод, формируются в результате меридиональных смещений атмосферной ложбины низкого давления, глубоко проникающей на континент и развивающейся на атмосферном фронте, который образуется в этом регионе в летний период.

У станции Мирный из-за крайне тяжелых ледовых условий, движения мелкобитых льдин, которые часто грозили зацепами, из-за чего была большая вероятность потери прибора, удалось выполнить только 10 зондирований. Предварительный анализ результатов показал, что вертикальная термическая структура вод типична для мелководья вокруг Антарктического континента в период начального летнего прогрева. Весь верхний 100-метровый слой был занят переохлажденной водой с температурой ниже -1.0°C . На поверхности в результате дневного прогрева температура повышалась до $-0.7 - -0.8^{\circ}\text{C}$. Основная изменчивость, вызванная суточным ходом и приливными явлениями, прослеживалась в верхнем 10-метровом слое.

Наиболее длительные измерения были выполнены у станции Ленинградская, где судно простояло в течение семи суток. Это позволило достаточно качественно охватить наблюдениями суточный, приливной и синоптический периоды изменчивости структуры вод. На поверхности, особенно во вторую половину периода измерений, четко проявлялся суточный ход (рис. 8, а). Глубже, практически на всех горизонтах, на фоне синоптического сигнала хорошо прослеживался суточный прилив.

Синоптическая изменчивость в поле температуры в районе станции Ленинградская проявлялась в виде похолодания 100-метрового слоя океана на $0.1-0.3^{\circ}\text{C}$. В первую половину периода измерений вертикальная структура характеризовалась океаническим типом с подповерхностным минимумом Антарктической зимней воды, который прослеживался на глубинах 55–65 м (рис. 8, б).

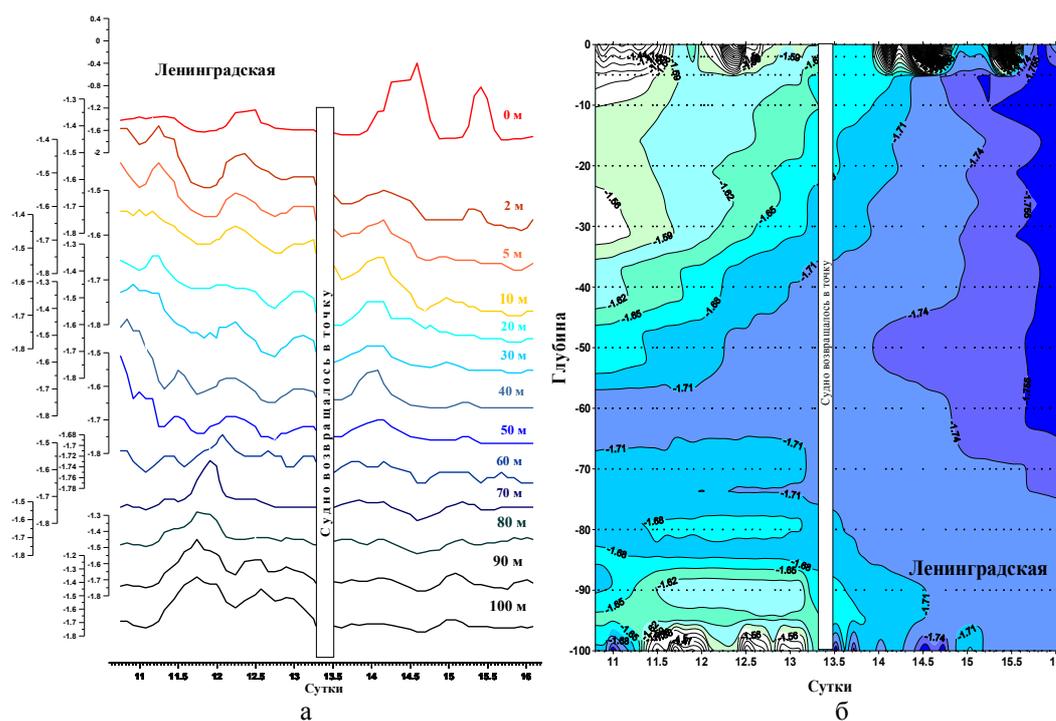


Рис. 8. Временной ход температуры воды на отдельных горизонтах (а) и пространственно-временное распределение температуры, сглаженное процедурой интерполяции Inverse Distance (б), в период многочасовой гидрологической станции у ст. Ленинградская.

На глубинах более 80–90 м наблюдался некоторый рост температуры, который можно объяснить присутствием здесь следов трансформированной Глубинной циркумполярной водной массы. Вторая половина периода наблюдений характеризовалась понижением температуры воды во всем слое измерений. Подповерхностный минимум температуры исчез, а наиболее холодные воды занимали слой от поверхности до глубины примерно 60 м. Можно предположить, что точка измерений находилась где-то в пограничной зоне между водами шельфового и океанического типа и что смена синоптической ситуации и направления течений привела к перестройке структуры вод.

Метеорологическая обстановка характеризовалась следующими особенностями. По данным судовых наблюдений, суточный ход температуры воздуха был незначительный, и только в конце периода измерений амплитуда суточных колебаний увеличилась. В это время заметно возросли суточные колебания суммарной радиации и относительной влажности. Атмосферное давление сначала понижалось, достигнув минимума 14.01.2010, при этом наблюдался рост скорости ветра юго-восточного направления (рис. 9).

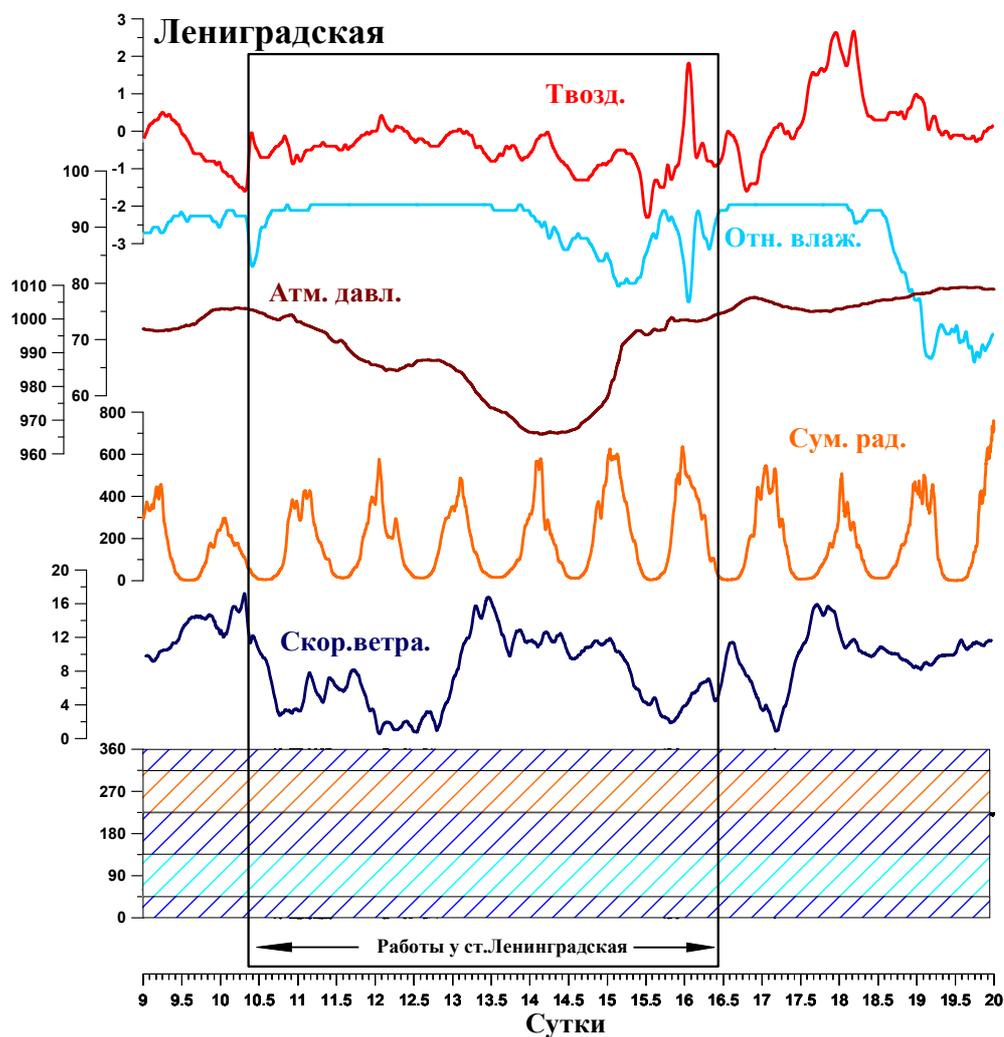


Рис. 9. Временной ход метеопараметров в период многочасовых зондирований у станции Ленинградская.

Анализ синоптических карт показывает, что понижение атмосферного давления по судовым измерениям связано с присутствием севернее района работ мощного циклонического образования. Юго-восточная периферия этого циклона была вытянута в виде ложбины низкого давления вдоль Антарктического континента, захватывая район работ (рис. 10). С этим было связано и усиление юго-восточных ветров (13-15.01.2010). Затем отмечался рост атмосферного давления, а ветер изменил направление на северное, а затем на северо-западное, против часовой стрелки, что характерно для смены циклонической циркуляции на антициклоническую. Таким образом, в районе станции Ленинградская отступление границы вод океанического типа и замещение их водами прибрежной структуры происходило на фоне смены синоптических процессов в атмосфере.

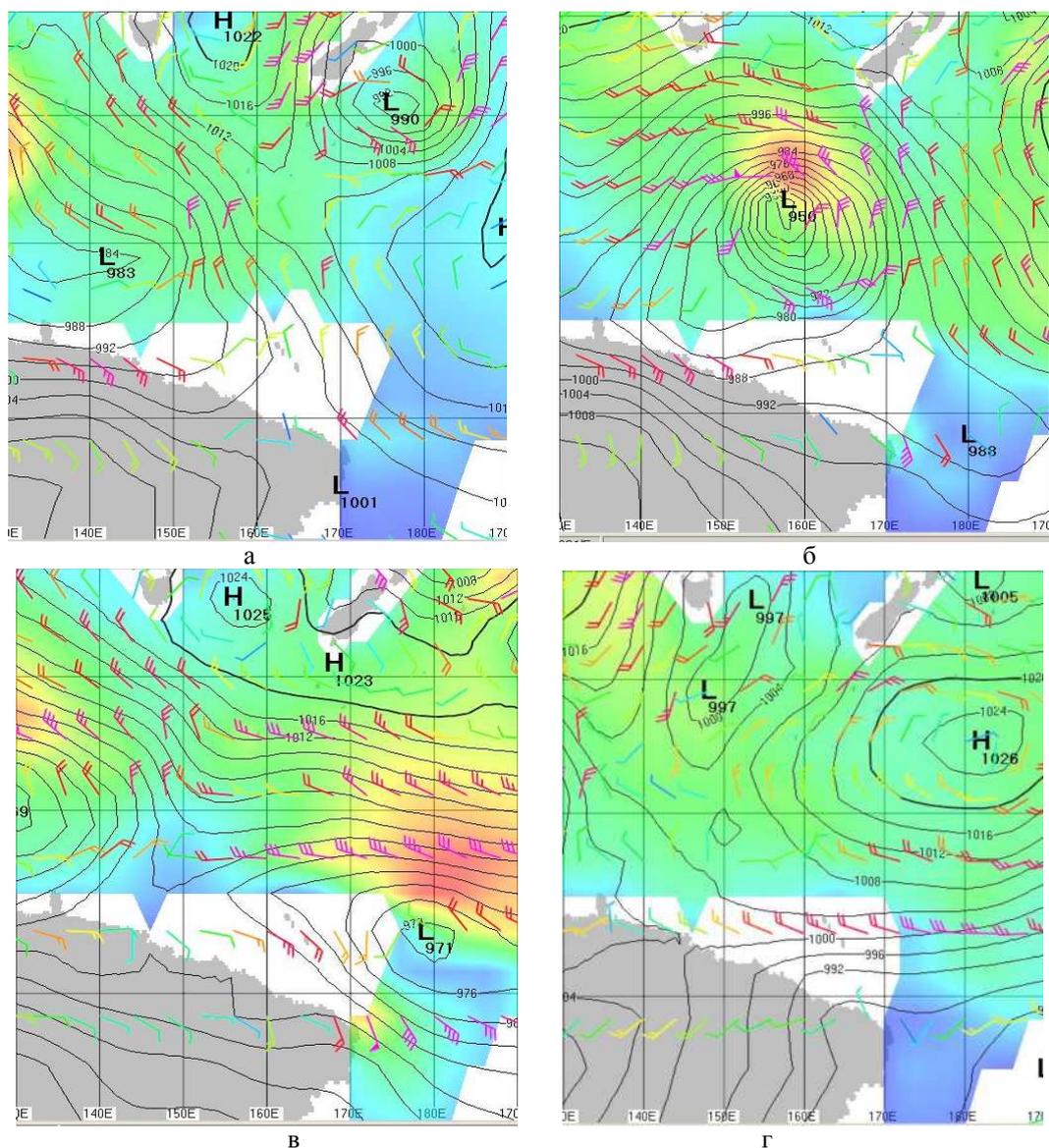


Рис. 10. Карты приводного давления в период многочасовых гидрологических измерений у станции Ленинградская: а – 2010.01.11. 00:00, б – 2010.01.13. 00:00, в – 2010.01.15. 00:00, г – 2010.01.17. 06:00.

У станции Русская приливная изменчивость и суточный ход температуры также прослеживались на фоне более крупномасштабного синоптического сигнала. В отличие от станции Ленинградская, здесь вначале наблюдались более холодные воды (рис. 11). В это время на глубинах 30–50 м прослеживался относительно теплый подповерхностный слой, свидетельствующий о присутствии сильно трансформированных вод открытого океана. На вторые и третьи сутки этот слой заметно поднялся ближе к поверхности, а температура в нем начала повышаться и к концу периода измерений в верхнем 20-метровом слое увеличилась почти на 0.2-0.3°C.

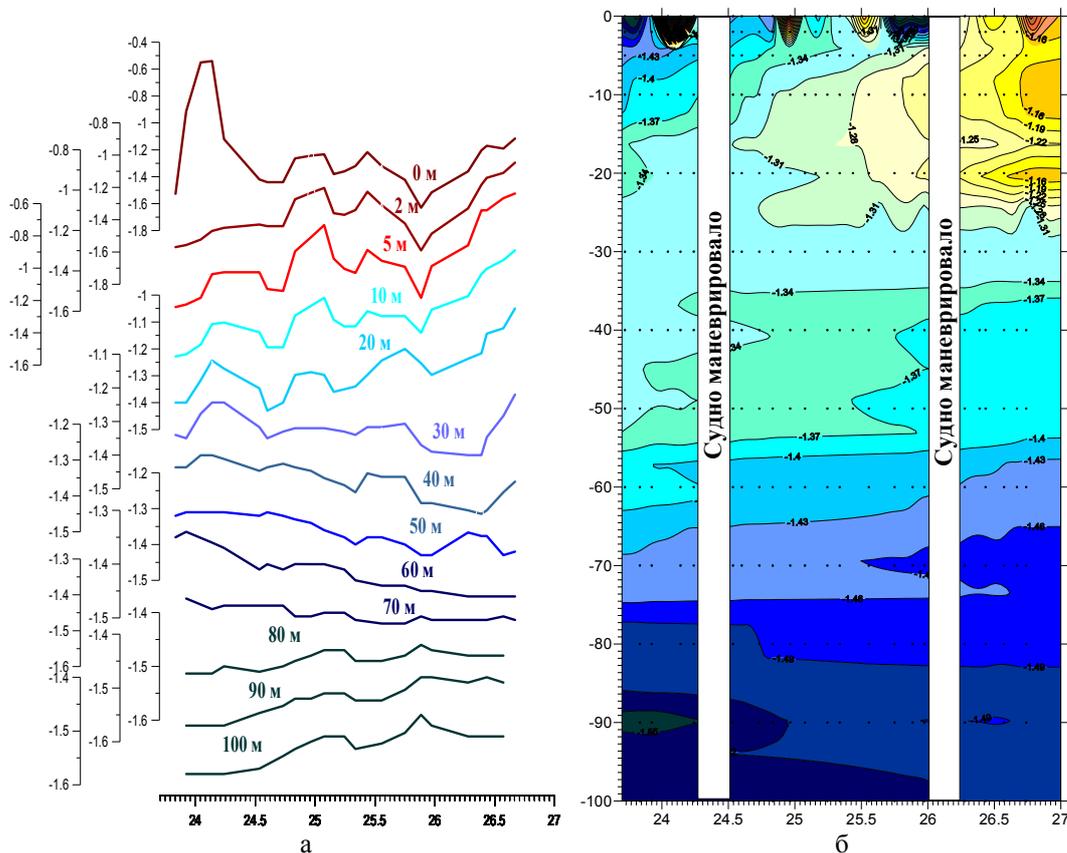


Рис. 11. Временной ход температуры воды в период многочасовой гидрологической станции у ст. Русская: а – на отдельных горизонтах, б – пространственно-временное распределение температуры, сглаженное процедурой интерполяции Inverse Distance.

На картах атмосферного давления в районе станции Русская наблюдалось слабое градиентное поле, а северо-западнее располагался крупномасштабный атмосферный фронт, который сформировался на границе Южно-тихоокеанского антициклона и полярной депрессии. К концу периода измерений данный фронт заметно сместился на запад. Это изменение синоптической ситуации повлияло на крупномасштабные течения и, вероятно, вызвало адвекцию более теплых океанических вод в приповерхностном слое по направлению к берегу.

Наблюдения в заливе у станции Беллинсгаузен проводились на мелководье. Глубина места не превышала 52 м. Из-за кратковременной стоянки судна ряд измерений составил немногим более полусуток. Тем не менее полученные временные изменения можно объяснить с позиции суточного хода, приливной и сезонной изменчивости. Гидрометеорологи-

ческие условия в Западной Антарктике (в районе станции Беллинсгаузен) существенно отличались от погоды в других районах. Здесь уже произошел прогрев всей водной толщи, и температура воды, за исключением двух нижних горизонтов, превышала 1°C. На поверхности наблюдались два максимума и один минимум температуры, связанные с суточным ходом. Интенсивное ветровое перемешивание привело к тому, что воды были квазиоднородны по вертикали. Интенсивному перемешиванию вод способствовали также приливные волны.

Из рисунка 12, а видно, что примерно с недельной периодичностью в районе станции Беллинсгаузен наблюдается смена суточного прилива на полусуточный. В нашем случае период работ (6-7 февраля) совпал со временем перехода полусуточного прилива к суточному. 6-го февраля наблюдались два максимума: относительно слабый в первую половину суток и более мощный – во вторую. Время наших измерений совпало со вторым, более сильным подъемом уровня моря. Фрагмент приливной кривой и изменений температуры воды на горизонтах 2 и 5 м показан на рисунке 12, б. Видно, что изменения температуры с запаздыванием около 2-3 часов повторяют ход приливной кривой, что подчеркивает заметное влияние прилива на внутрисуточную изменчивость поля температуры.

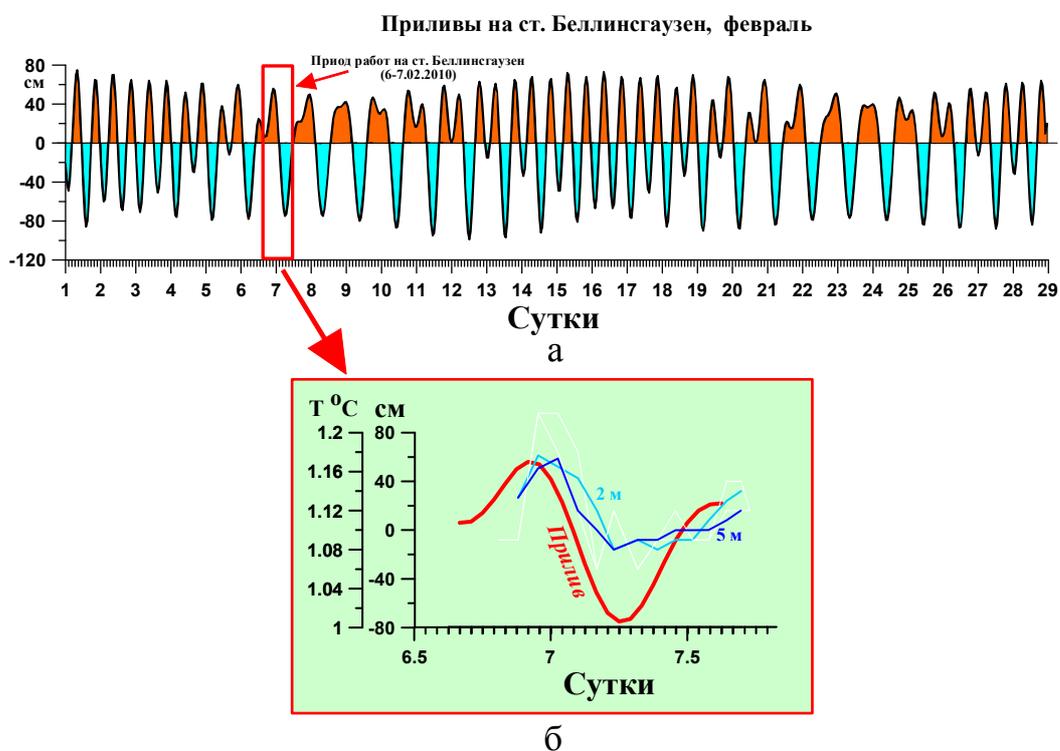


Рис. 12. Изменение предвычисленного уровня океана (см) в районе станции Беллинсгаузен в феврале 2010 г. по [6] (а), предвычисленный уровень в период измерений и временной ход температуры воды на горизонтах 2 и 5 м (б).

4. Заключение

Во время стоянок НЭС “Академик Фёдоров” у антарктических станций в период 55-й РАЭ 2009-2010 гг. были выполнены шесть многочасовых гидрологических станций (170 зондирований) у станций Прогресс, Дружная, Мирный, Ленинградская, Русская и

Беллинсгаузен. По результатам многочасовых гидрологических зондирований установлено, что в районах антарктических станций наблюдались как прибрежный тип структуры вод с квазимонотонным понижением температуры в верхнем 100–200-метровом слое, так и океаническая структура вод с хорошо выраженным подповерхностным минимумом температуры, характерным для Антарктической зимней водной массы. Показано, что временная изменчивость поля температуры верхнего 100-метрового слоя проявлялась во внутрисуточных и межсуточных колебаниях значений температуры. Внутрисуточная изменчивость температуры воды определялась суточным ходом метеопараметров и приливными процессами. Межсуточные колебания температуры вызываются меандрированием фронтальной зоны между шельфовыми и океаническими водными массами и адвекцией более теплых или холодных водных масс, вызываемой приливными волнами и атмосферными синоптическими процессами в прилегающих районах.

Анализ новых данных в целом подтвердил выводы, сделанные на основе измерений в Украинских антарктических экспедициях, и показал, что основные механизмы формирования синоптической и мезомасштабной изменчивости структуры вод универсальны для всех прибрежных районов Антарктиды.

Литература

1. **Артамонов Ю.В., Алексеев А.П., Бузанов Б.В.,** Гайский П.В., Неверовский И.П. Структура вод к западу от Антарктического полуострова и в южной части моря Скотия // Бюл. УАЦ. – 1997. – 1. – С. 116–124.
2. **Булгаков Н.П., Украинский В.В., Попов Ю.И.,** Ломакин П.Д., Артамонов Ю.В. Структура и кинематика вод в районе Аргентинских островов осенью 1998 года // МГЖ. – 1999. – № 5. – С. 41–50.
3. **Булгаков Н.П., Ломакин П.Д., Артамонов Ю.В.,** Кондратьев С.И., Чепыженко А.И. Структура и кинематика вод в районе архипелага Аргентинские острова в марте-апреле 2000 года // МГЖ. – 2002. – № 6. – С. 35–41.
4. **Артамонов Ю.В., Романов А.С., Внуков Ю.Л.,** Ломакин П.Д., Перов А.А., Степура И.И. Особенности гидрологической и гидрохимической структуры вод в районе архипелага Аргентинские острова в феврале-марте 2002 года // УАЖ. – 2003. – 1. – С. 17–24.
5. **Артамонов Ю.В., Булгаков М.П., Ващенко В.М.,** Ломакин П.Д. Океанографічні дослідження України в Атлантичному секторі Антарктики (1997–2004). – Київ: Наукова думка, 2006. – 164 с.
6. **Ашик И.М., Дворкин Е.Н.** Предвычисленные приливные колебания в районе станции Беллинсгаузен в феврале 2010 г. Справочное пособие. – ААНИИ, отдел океанологии, Санкт-Петербург, 2010.