

УДК 551.465

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕЗОМАСШТАБНОЙ И СИНОПТИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ТЕРМОХАЛИННОЙ СТРУКТУРЫ ВОД В ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНАХ АНТАРКТИКИ (ПО МАТЕРИАЛАМ РОССИЙСКИХ АНТАРКТИЧЕСКИХ ЭКСПЕДИЦИЙ)

© 2018 г. Ю. В. Артамонов<sup>1</sup>, \*, А. Ю. Артамонов<sup>2</sup>, Е. А. Скрипалева<sup>1</sup>,  
С. А. Шутов<sup>1</sup>, Е. А. Шишов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь, Россия

<sup>2</sup>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия

\*e-mail: artam-ant@yandex.ru

Поступила в редакцию 07.04.2017 г.

DOI: 10.1134/S0030157418050015

Изучение изменчивости гидрологической структуры вод в прибрежных районах Антарктики на разных временных масштабах имеет важное значение для уточнения механизмов формирования шельфовых водных масс, способствует решению экологических и промысловых задач, уточнению региональных лций. Эти исследования были начаты Морским гидрофизическим институтом (МГИ) в ходе антарктических экспедиций на НИС “Эрнст Кренкель” и “Горизонт” в период с 1997 по 2002 гг. на западном шельфе Антарктического п-ова в районе архипелага Аргентинские о-ва. Результаты зондирований на многочасовых гидрологических станциях показали, что мезомасштабная (внутрисуточная) и синоптическая (межсуточная) изменчивость термохалинной структуры вод в этих районах была связана с переносом вод дрейфовыми течениями, изменяющимися в зависимости от преобладающих ветров под воздействием синоптических процессов. На эту сложную картину накладывалась адвекция вод приливными течениями, которые, в свою очередь, характеризовались как суточной, так и полусуточной периодичностью [1]. Полученные результаты носили региональный характер, поэтому представлялось важным оценить, как выявленные закономерности проявляются в других районах Антарктики.

Исследования изменчивости термохалинной структуры вод в прибрежных районах Антарктиды были продолжены океанологами МГИ совместно с сотрудниками Института физики атмосферы им. А.М. Обухова (ИФА РАН) в ходе 53-, 55-, 57-, 60- и 61-й Российских антарктических экспедиций (РАЭ) на НЭС “Академик Федоров” (2007–2016 гг.). В силу логистической направленности РАЭ прибрежные исследования в основ-

ном выполнялись на акваториях, прилегающих к антарктическим полярным станциям, и проводились только в летне-осенний период Южного полушария. Во время стоянок судна выполнялись гидрологические зондирования верхнего 100–200-метрового слоя океана. Всего было выполнено 29 многосуточных станций, которые включали 742 зондирования (рис. 1). На всех станциях измерения осуществлялись через каждые 1.5–2 часа, что позволяло выявить в изменении гидрологической структуры вод периоды, близкие к суточному и полусуточному приливам. Зондирования выполнялись разными приборами: в 53-й РАЭ – автономным измерителем мутности ИМП-2А, в 55-й РАЭ – программируемым измерителем температуры ПИРАТ-2001, в 57-й РАЭ – ПИРАТ-2001 и мини-зондом FSU 2D-ACM, в 60-й РАЭ – зондом CastAway-CTD, в 61-й РАЭ – зондом RBRduo/RBRconcerto RBR 111A–A4. В ходе каждой экспедиции выполнялись методические станции по сличению показаний температуры, полученных мини-зондами и судовым океанографическим CTD-комплексом Sea-Bird SBE19plus. Максимальные расхождения данных разных приборов находились в пределах 0.005–0.01°C и наблюдались в верхнем 5-метровом слое, где существенным образом сказывались методические неточности сравнения (начальная глубина датчика, скорость погружения и т.д.). В среднем расхождение в показаниях приборов были почти на порядок меньше диапазона изменчивости температуры в пределах слоя измерений.

Многосуточные гидрологические станции на акватории вокруг Антарктиды распределены крайне неравномерно и выполнялись нерегулярно (рис. 1). Даже при близком расположении точек зондирований в разных РАЭ измерения в них

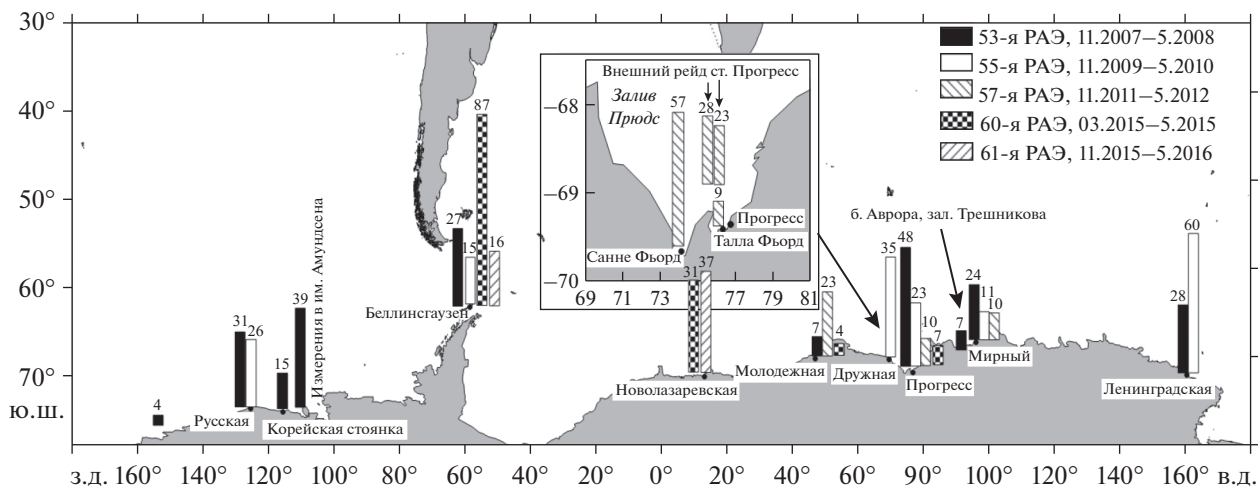


Рис. 1. Положение многосерийных гидрологических станций, выполненных в ходе РАЭ у берегов Антарктиды. Цифры – количество зондирований.

выполнялись, как правило, в разные месяцы при различных гидрометеорологических условиях и типах приливов. Отсутствие длительных непрерывных временных рядов наблюдений в точках измерений пока не дает возможность статистически оценить степень достоверности выявленных закономерностей. Интерпретацию результатов затрудняет также отсутствие полигонных съемок в районах зондирований, что не позволяет связать особенности вертикального распределения гидрологических характеристик в точках измерений с их пространственной структурой.

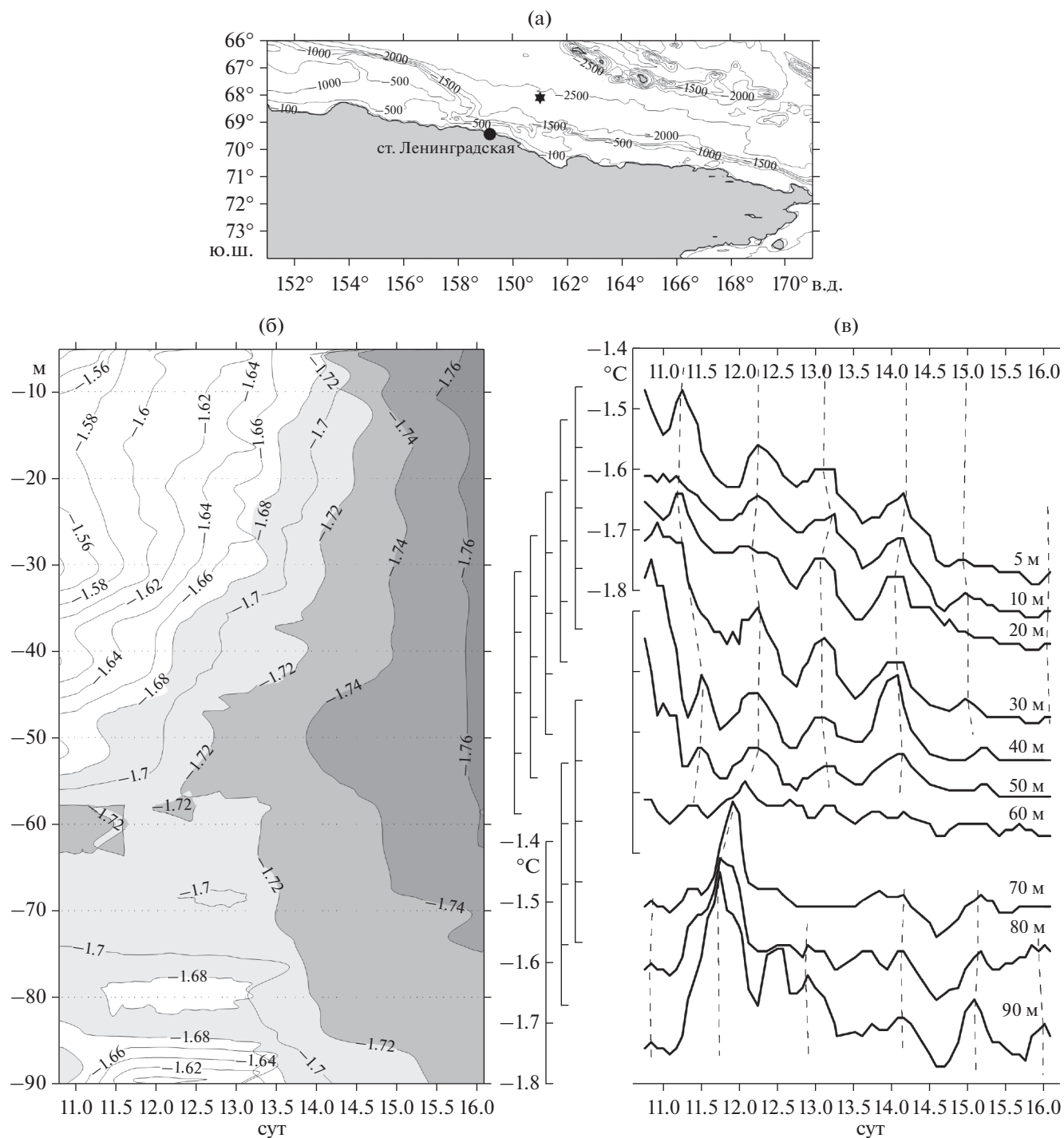
При всей сложности проведения (логистические операции, ледовые и погодные условия и т.д.) прибрежные исследования в Антарктике продолжаются, и с каждой новой экспедицией увеличивается объем информации о временной изменчивости гидрологических полей. Феноменологическое описание результатов измерений на отдельных многосуточных станциях уже сейчас позволяет выявить некоторые закономерности, показывающие, что ранее установленные факторы, влияющие на синоптическую и мезомасштабную изменчивость структуры вод на шельфе Антарктического п-ова, действуют во всех прибрежных районах Антарктиды.

Зондирования верхнего 200-метрового слоя у разных станций вокруг Антарктиды показали, что вертикальная структура вод в точках зондирования 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 многосуточной

станции могла происходить замена одного типа вод другим [2].

Так, по результатам измерений в течение 7 суток (10–16 января 2010 г., 55-я РАЭ, точка зондирования показана звездочкой на рис. 2а) у ст. Ленинградская вертикальная структура вод в первую половину периода наблюдений характеризовалась океаническим типом с подповерхностным минимумом АЗВ, который прослеживался на глубинах 55–65 м (рис. 2б). Во вторую половину периода измерений наблюдалось общее понижение температуры воды на 0.1–0.3°C во всем слое измерений и исчезновение ее подповерхностного минимума, т.е. прослеживался уже прибрежный тип вертикальной структуры вод. Перестройка структуры вод происходила на фоне изменения синоптической ситуации в атмосфере. Атмосферное давление сначала понижалось, достигнув минимума в середине периода измерений, при этом наблюдался рост скорости юго-восточного ветра. Это было связано с прохождением над районом работ юго-западной периферии циклона. Затем отмечались рост атмосферного давления и смена ветра на северный и северо-западный, что характеризовало переход от циклонической циркуляции к антициклонической. На фоне синоптического сигнала в изменении температуры на отдельных горизонтах проявлялись более высокочастотные колебания, связанные с суточным приливом, которые были наиболее четко выражены в верхнем 50-метровом слое (рис. 2в).

В ходе 57-й РАЭ у ст. Молодежная (17–20 декабря 2011 г.) наблюдалась противоположная перестройка структуры вод. В первую половину периода измерений прослеживался прибрежный тип с монотонным понижением температуры с

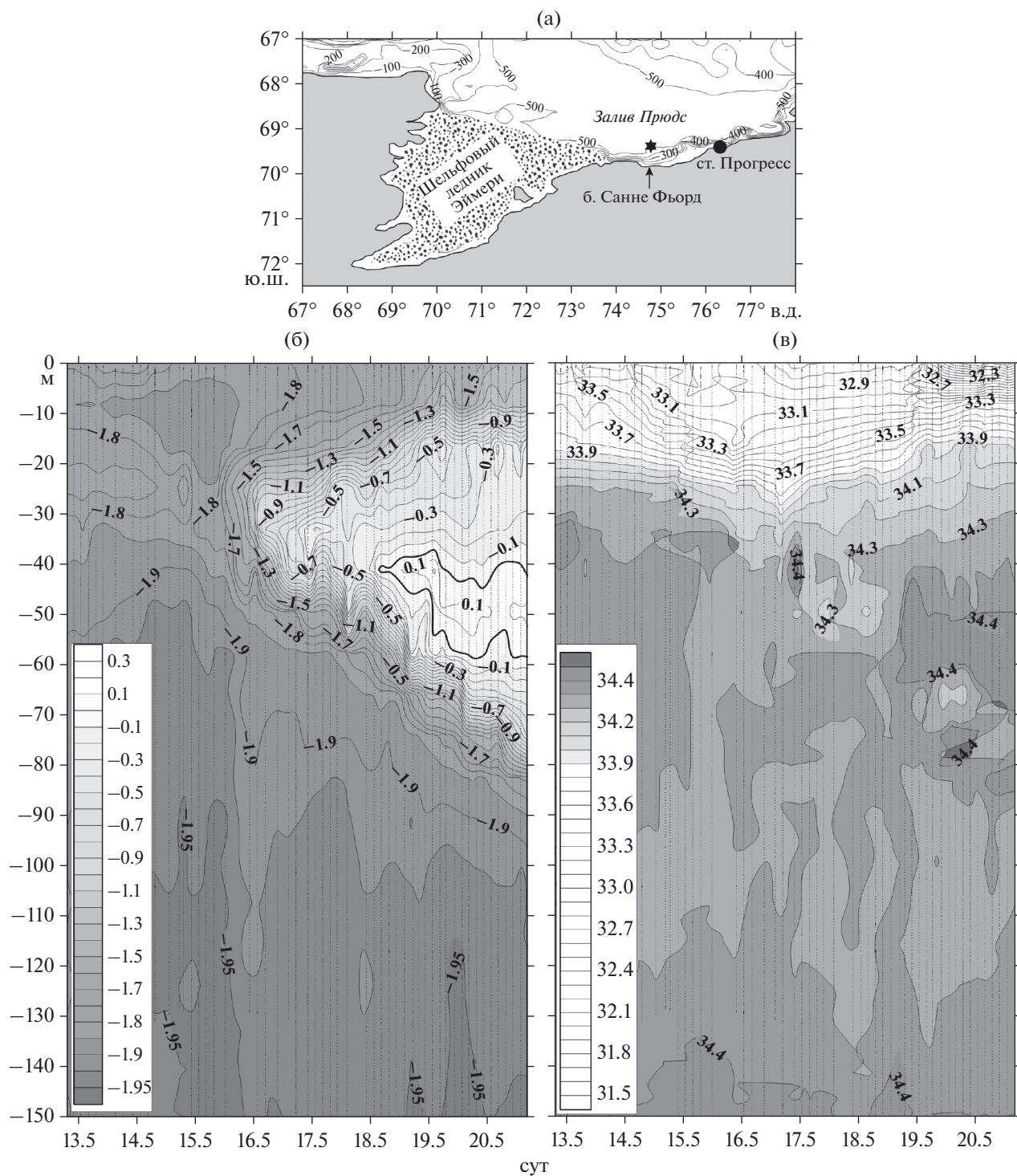


**Рис. 2.** Положение многосуточной гидрологической станции (а), пространственно-временное распределение (б) и временной ход температуры воды на отдельных горизонтах (в) по данным измерений у ст. Ленинградская.

глубиной, а во вторую половину — океанический тип с минимумом температуры в слое 25–80 м, характерным для АЗВ. Появление АЗВ в точке измерений также происходило на фоне смены синоптической ситуации в атмосфере — отмечалось падение атмосферного давления, ослабление скорости ветра и изменение его направления: во-

сточный ветер сменился северо-восточным, а затем северным.

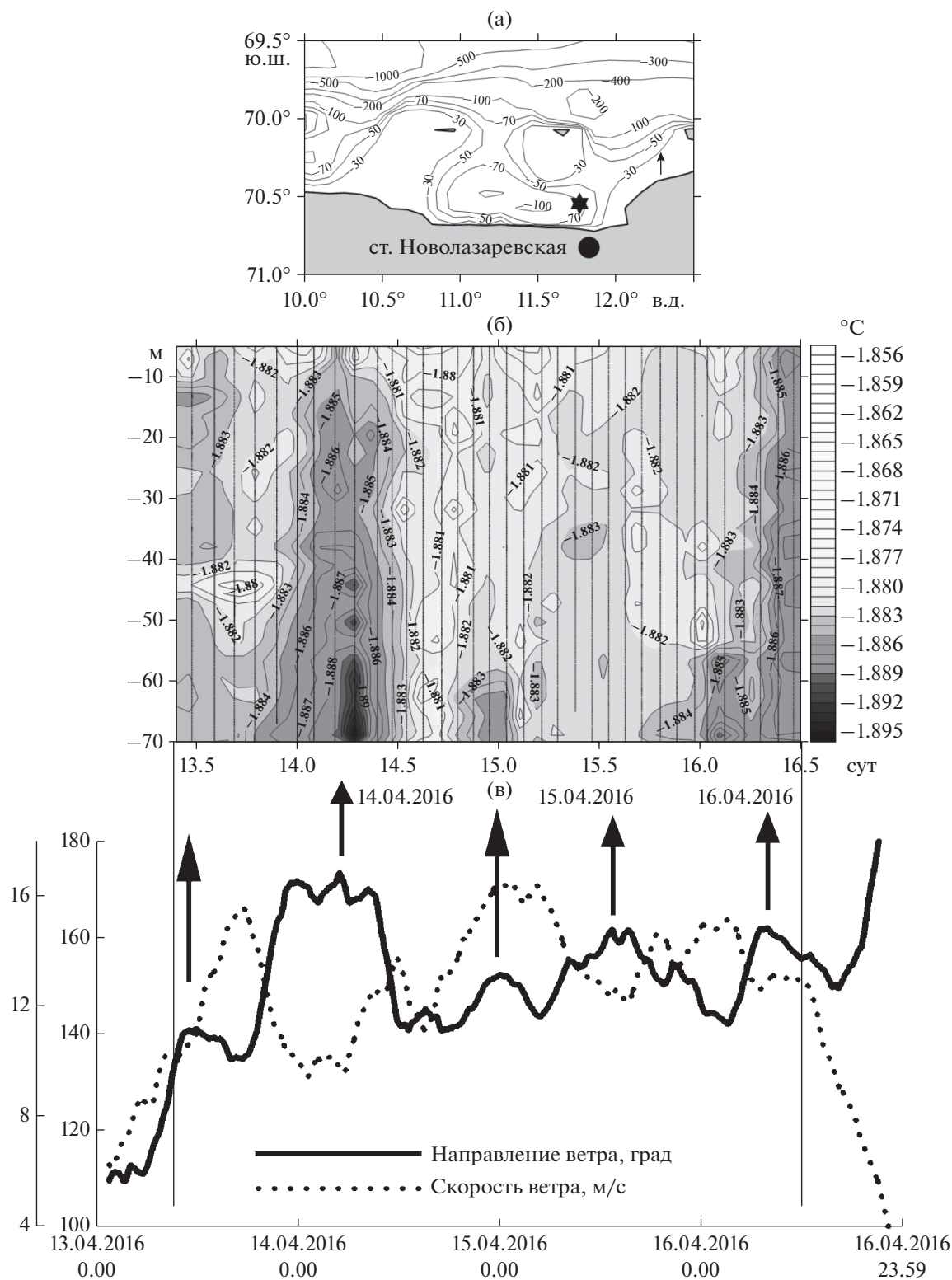
Качественно иной характер изменения вертикальной структуры вод наблюдался 13–21 января 2012 г. в б. Санне Фьорд, расположенной в глубине зал. Приудс (рис. 3а). В распределении температуры прослеживалась подповерхностная про-



**Рис. 3.** Положение многосуточной гидрологической станции (а), временной ход температуры (°C) (б) и солёности (‰) (в) в период измерений в б. Санне Фьорд (13–21 января 2012 г.).

слойка относительно теплых вод, которая в начале периода измерений располагалась в слое 15–25 м (рис. 3б). В середине периода наблюдений температура в этой прослойке повысилась почти на 1°C. Резкое повышение температуры сопровож-

далось заглублением нижней границы поверхностных распределенных вод и галоклина (рис. 3в). Во вторую половину периода измерений прослойка вод повышенной температуры расширялась и в конце измерений охватывала слой 15–75 м,



**Рис. 4.** Положение многочасовой гидрологической станции (а), временной ход температуры воды (б), скорости и направления ветра (в) в период зондирований у барьера ст. Новолазаревская (13–16 апреля 2016 г.).

а ядро самых теплых вод с температурой почти на 1.5°C выше, чем в начале измерений, располагалось в слое 40–60 м (рис. 3б). Одной из возмож-

ных причин появления прослойки аномально теплых вод в б. Санне Фьорд была их адвекция из восточных шельфовых районов зал. Прюдс под

воздействием преобладающего в период измерений восточного ветра.

Квазисинхронная реакция температуры воды на изменения поля ветра была зафиксирована в ходе 61-й РАЭ (13–16 апреля 2016 г.) у ледового барьера вблизи ст. Новолазаревская (рис. 4а). Периоды появления в точке измерений вод с пониженной температурой соответствовали периодам действия южного ветра (рис. 4б и 4в). Когда ветер изменял направление и становился юго-восточным, а скорость его возрастала, температура воды в точке измерений повышалась. Понижение температуры всего слоя воды при южном ветре, несмотря на тенденцию к уменьшению его скорости, может быть связано со сгонными процессами, быстро развивающимися при малой глубине моря в точке зондирования (порядка 70 м).

В целом результаты многосуточных зондирования в разных точках прибрежных районов Антарктики показали, что на всех выполненных станциях в период проведения измерений в структуре вод прослеживались внутрисуточные и межсуточные колебания температуры и солёности. При всех региональных особенностях проявления этих колебаний, обусловленных орографи-

ей районов, они были вызваны разнонаправленной адвекцией шельфовых и океанических водных масс, наиболее вероятными причинами которой могут быть приливные явления и изменения атмосферных процессов. Подтвердить высказанные предположения и получить количественные оценки связи изменчивости структуры вод и атмосферных процессов позволит только дальнейшее накопление данных измерений в прибрежных районах Антарктики.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН МГИ по темам № 0827-2015-0001 и № 0827-2018-0003.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артамонов Ю.В., Булгаков М.П., Ващенко В.М., Ломакін П.Д. Океанографічні дослідження України в Атлантичному секторі Антарктики (1997–2004). Київ: Наукова думка, 2006. 164 с.
2. Артамонов А.Ю., Репина И.А., Артамонов Ю.В. Исследования изменчивости термической структуры вод по данным многочасовых зондирования в районах Антарктических станций // Украинский Антарктический журнал. 2010. № 9. С. 144–157.