

логистических операций требуются: оценки изменений потоков тепла из океана, режима припайного льда и полыней, проведение специальных комплексных научных морских исследований в ранние сроки. Для обоснованного прогноза изменения состояния вод и льдов региона целесообразно расширить спектр получения данных за счет применения автоматизированных средств измерений, таких как автоматические ледовые дрейфующие буи, передающие информацию в оперативном круглогодичном режиме.

В сочетании с рекордным уменьшением ледовитости после 2022 года и значительно более ранним наступлением сроков начала деградации площади морского дрейфующего льда в море Содружества появляется уникальная возможность расширения периода навигации для выполнения специальных научных исследований на значительно более ранний период. Анализ спутниковых снимков и опыт навигаций последних лет, в том числе российских и китайских НЭС, показывает, что доступ в полыни залива Прюдс возможен с середины ноября при условии хорошего технического состояния судов,

опытных судоводителей и широкого использования спутниковой и БПЛА информации, включая РЛС-снимки.

В 2025 году океанографические исследования в сезонный период 70-й РАЭ проводились в рамках выполнения темы 5.2 «Океанологические, климатологические, гляциологические и геофизические исследования в Антарктике и Южном океане» 2025–2029 гг. НИТР/ОПР Росгидромета. Полевые работы выполнены за счет средств субсидии на финансовое обеспечение государственного задания на выполнение работ по проведению 70-й Российской антарктической экспедиции. Экспедиция ICCE финансировалась швейцарским фондом Fondation Albedo pour la Cryosphere, при поддержке бразильской антарктической программы (PROANTAR) через Бразильский национальный совет по научному и технологическому развитию (CNPq).

*М.С. Молчанов, Н.Н. Антипов, С.В. Кашин,
Н.А. Куссе-Тюз, Я.В. Швед, С.В. Яговкина (ААНИИ),
А.А. Федотова (ААНИИ, ИО РАН)*

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ЛЕДОВЫХ ЯВЛЕНИЙ В 2025 ГОДУ В РАЙОНЕ РОССИЙСКОЙ АНТАРКТИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ ПРОГРЕСС

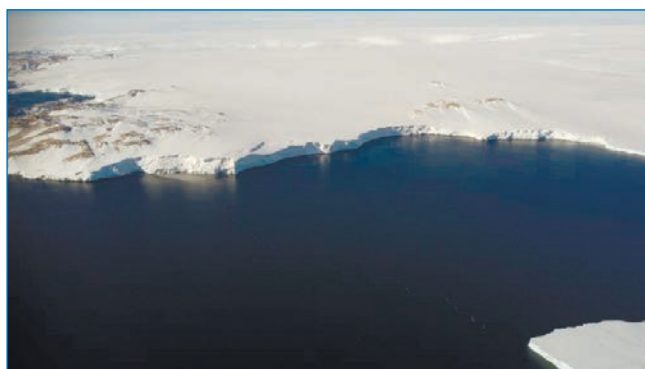
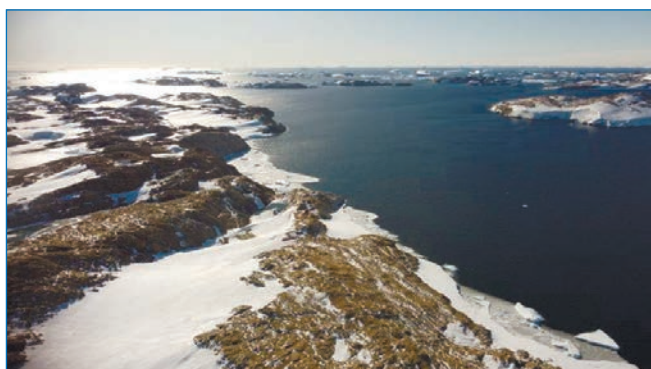
Среди особых отличительных черт ледовой обстановки в 2025 году в районе станции Прогресс в первую очередь следует отметить, что в конце 2024 года и в первом квартале 2025 года ледовые процессы в Антарктиде происходили на фоне значительных положительных аномалий температуры воздуха в периоды таяния и накопления морского льда. В регулярно публикуемых Информационных материалах по мониторингу морского ледяного покрова Арктики и Южного океана за 3–11 марта 2025 года № 10 (701) Мирового центра данных по морскому льду (МЦД-МЛ ААНИИ) отмечалось сильное разрушение припайного (неподвижного льда), что привело «к минимальному за последние 10 лет значению его площади — 129 тыс. кв. км» (http://wdc.aari.ru/datasets/d0042/2025/aari_20250303-20250311.pdf). За летний сезон с ноября–декабря 2024 года по март 2025 года площадь неподвижного льда в Антарктиде уменьшилась на 75 %. Сообщалось также, что резкое сокращение площади дрейфующих и припайных льдов обусловило свободное проникновение волн зыби к бе-

регам материка в антарктических морях атлантического и индийского секторов.

Особенностью летних процессов явилось раннее начало таяния льда и взлома припая на всех объектах наблюдения в районе оазиса Холмы Ларсеманн. Особо выделяется в этом отношении бухта Тала, в которой впервые за много лет наблюдался взлом и вынос многолетнего припайного льда в течение февраля 2025 года. В начале февраля здесь произошло разрушение припая и первое полное очищение акватории ото льда, в третьей декаде отмечено окончательное очищение бухты ото льда на срок до 25 дней (рис. 1), что в целом на месяц раньше ее частичного очищения в 2024 году.

В мае 2025 года впервые за эту зиму в заливе Прюдс была отмечена тенденция к расширению зоны разводий по линии горизонта. Уже к июлю можно было с большой определенностью отметить, что к особенностям этой зимы относится появление зоны разводий за границей припая в бухте Восточная (дальность видимости до 30 км) и севернее ее границ в заливе Прюдс,

Рис. 1. Вид бухты Тала летом 2025 года в период полного очищения от многолетнего льда (снимки с БПЛА выполнены 10 марта с высоты 400–500 м)



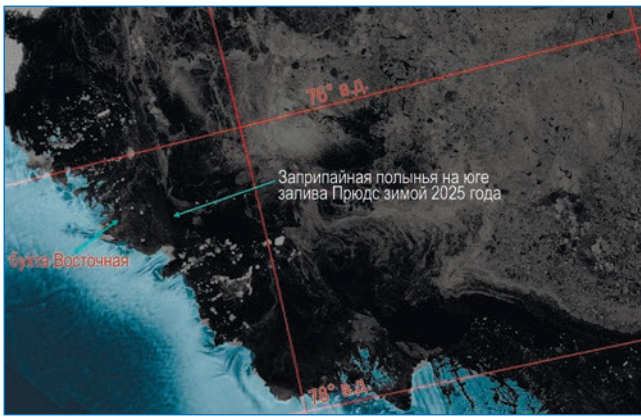


Рис. 2. Снимок с ИСЗ Sentinel-1 (26 июля 2025 года), стрелками показано вероятное положение заприпайной полыньи в южной части залива Прюдс в 2025 году

которая позднее сформировалась как стационарная заприпайная полынья. На рис. 2 приведено ее изображение на снимке с ИСЗ Sentinel-1 (<https://www.polarview.aq/antarctic>).

При этом характерной особенностью этой зимы были низкие температуры воздуха (ниже $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$), отмечавшиеся длительное время с апреля до сентября (см. таблицу). С 15 августа 2025 года лед везде, кроме бухты Тала, перешел в возрастную градацию однолетнего толстого льда. Однако ледовые измерения в центре бухты Тала 17 августа подтвердили общую тенденцию отставания в целом по району в приросте толщины ледяного покрова в первой половине зимы. При этом во второй половине зимы толщина льда установилась около нормы. Возможно, большую роль в первоначальном отставании прироста толщины ледяного покрова сыграло накопление океаном высокого теплозапаса вод в 2024 году и в начале 2025 года, которое и привело к минимальному значению за последние 10 лет площади ледяного покрова в Антарктике к началу 2025 года.

Таблица

Температура воздуха на станции Прогресс по месяцам в 2025 году

Температура, $^{\circ}\text{C}$	Месяцы				
	II	III	IV	V	VI
Т возд. средн.	-1,2	-8,8	-15,8	-16,5	-14,5
Т возд. мин.	-4,8	-18,8	-29,3	-33,2	-33,5
Т возд. макс.	+3,6	-0,1	-4,5	-5,0	-1,9
	VII	VIII	IX	X	XI
Т возд. средн.	-18,5	-16,5	-13,6	-7,7	-2,1
Т возд. мин.	-32,8	-28,7	-26,6	-22,5	-10,1
Т возд. макс.	-6,7	-4,0	-2,2	+3,0	+6,3

Выделены низкие температуры воздуха (ниже $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$), отмечавшиеся длительное время с апреля до сентября

В третьей декаде июля 2025 года было установлено, что припай в заливе Прюдс расположен с азимутом на север, который, по-видимому, образовался из зоны разводий, отмечавшейся с конца апреля и в течение мая. При этом ветром были вынесены поля льда с грядками торосов, имевшиеся там ранее. Но в заливе сохранились вмержшие в лед крупные айсберги южнее полыньи — они хорошо видны на снимке с БПЛА, выполненном 24 июля 2025 года, и на изображении со спутника Sentinel-1, размещенном на сайте <https://www.polarview.aq/antarctic> (рис. 3).

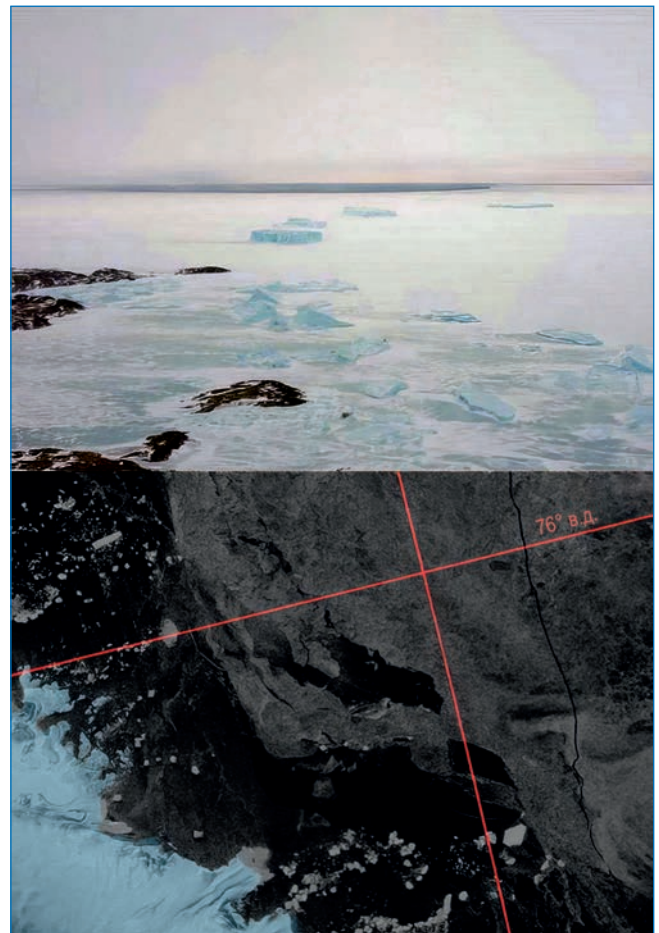


Рис. 3. Полынья на снимке с БПЛА (сверху) и на снимке со спутника (внизу) (азимут на север от станции)

В середине первой декады августа при обзоре с высоты посадочной полосы аэродрома «Зенит» обнаружилось значительное расширение за припаем в заливе Прюдс большого разводья, неоднократно уже отмеченного там ранее. Это теперь четко подтверждалось контрастной картиной водяного неба, а также снимком ИСЗ Sentinel-1 от 7 августа (рис. 4). В итоге был сделан вывод о появлении заприпайной полыньи на юге залива Прюдс.

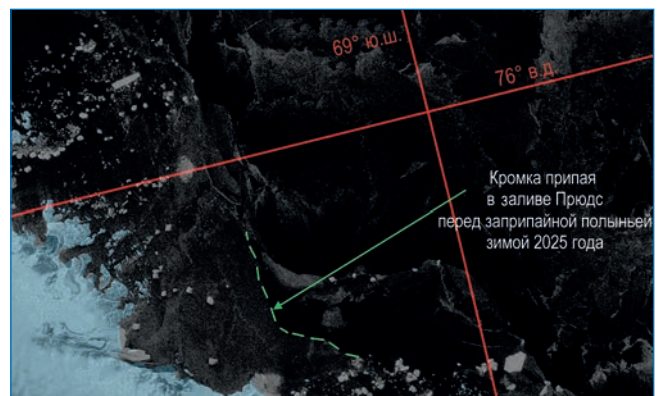


Рис. 4. Снимок с ИСЗ Sentinel-1 от 7 августа 2025 года, на котором видно расширение большого разводья за припаем в заливе Прюдс

В октябре окончательно оформился переход от зимней формы циркуляции к весенней — с периодической сменой выхода глубоких ложбин низкого давления с Индийского океана и антициклональных гребней высокого давления. Следствием этого стала большая заснеженность региона из-за частых снеговых осадков

и метелей и слабый прирост толщины припая в начале месяца, а затем прекращение его нарастания. Температура воздуха несколько раз переходила к положительным значениям, но общая ледовая обстановка оставалась без изменений. Средняя толщина льда в районе станции Прогресс достигла 148 см при среднемноголетнем значении 155 см, средняя высота снега — 52 см при норме 8 см. В прилегающих бухтах припай был укрыт снежным покровом высотой более 1 м, с сугробами и рядами заструг. Характерным для этого месяца стало увеличение осадки припая под тяжестью снежного покрова, осадка припая ниже уровня воды и прекращение нарастания льда в бухтах.

В ноябре в связи с изменением характера дрейфа ледяного покрова произошло постепенное закрытие заприпайной полыньи на юге залива Прюдс. Дрейфующие сплоченные льды вплотную приблизились к границе припая. Припай шириной до 35 км от дрейфующих гигантских и обширных ледяных полей на юге залива отделяло только узкое разводье. Динамика этой ситуации хорошо прослеживается на двух последовательных изображениях с ИСЗ Landsat (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) от 17 октября и 3 ноября (рис. 5 и 6).

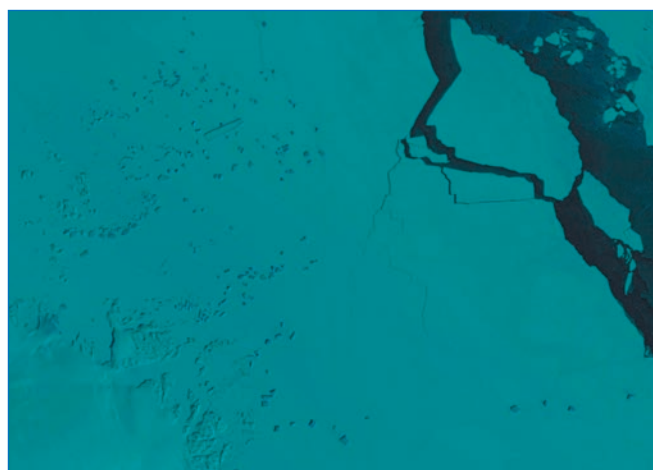


Рис. 5. Снимок ИСЗ Landsat от 17 октября 2025 года: заприпайная полынья, просуществовавшая на юге залива Прюдс весь зимний период

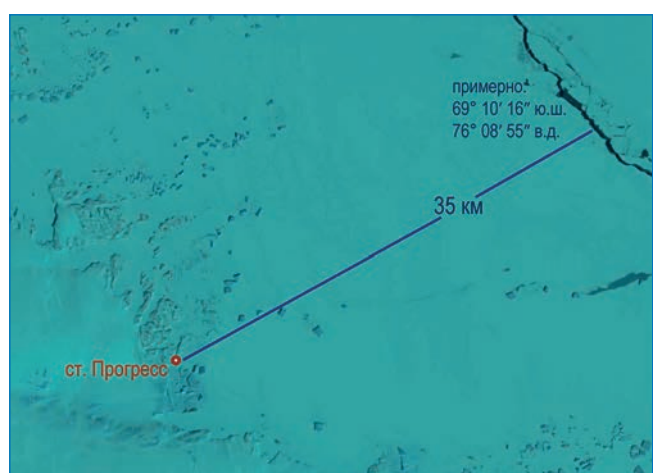


Рис. 6. Снимок ИСЗ Landsat от 3 ноября 2025 года: тот же район после сжатия льда в зоне бывшей полыньи до состояния 10-балльного припая с открытой крупной трещиной на расстоянии 35 км от станции

Важной частью работы ледовых гидрологов является наблюдение за движением айсбергов в прилегающих заливах и бухтах, их постепенным разрушением, откола-

ми ледяных стенок и выпуск предупреждений о возможности этих событий. На перемещении айсбергов оказывает влияние комплекс факторов, наиболее значимые из которых — преобладающие в данном районе морские течения, ветер и приливо-отливные течения. В сентябре 2025 года крупные деформации ледовых объектов отмечались дважды.

Первое событие было отмечено 10 сентября в местный полдень, когда произошел разлом столообразного айсберга, простоявшего всю зиму вблизи станции в районе бухт Пляжная и Бункерная — рис. 7а (до разлома) и 7б (после разлома айсберга). Разлом прошел по центру с переворотом на бок ближней к берегу части айсберга. В дальнейшем наблюдалось смещение обеих частей и появление 5–6 закрытых трещин. Нарушений в инфраструктуре станции при этом не последовало.



Рис. 7. Снимки с БПЛА столообразного айсберга: в 11 ч 12 мин до разлома (а), в 13 ч 36 мин после разлома (б). 10 сентября 2025 года

Второе значимое событие произошло 28 сентября 2025 года. За период зимовки 70-й РАЭ с января до конца сентября не было случаев катастрофических изменений в конфигурации фронта ледника Долк — выводного ледника в оазисе Холмы Ларсеманн. Однако происходило постепенное перемещение вперед фронтальной линии с рассчитанной нами высокой скоростью 0,97 м/сут, с частичным проседанием и обсыпанием стенок и появлением боковых трещин. Эти события описывались в декадных отчетах для РАЭ. Было очевидно, что выводной ледник Долк накопил значительные внутренние напряжения, сильно выдвинулся вперед в бухту Восточная и может произвести откол передней стенки при стечении критических условий в следующие переходные сезоны.

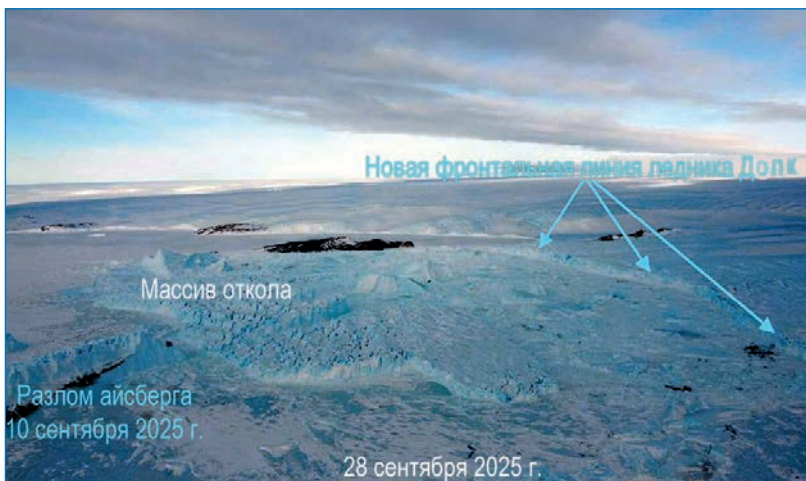


Рис. 8. Снимок с БПЛА после откола фронтальной части ледника Долк. 28 сентября 2025 года

Данное событие произошло 28 сентября 2025 года, но без нарушения инфраструктуры станции. Ночью в штормовую погоду откололась вся передняя фронтальная часть ледника Долк в режиме ее медленного проседания, без звукового эха, с частичным надломом узкой полосы прибрежного припая. Позже при облете района с БПЛА стало видно, что произошел разворот восточного крыла массива льда на 90 градусов вплотную к расколотому ранее 10 сентября столообразному айсбергу, обе части которого сомкнулись (рис. 8). При этом не было забросов обломков льда на берег и нарушений структуры трубопроводных коллекторов в бухте Гостиная, изменилась только форма грядовой торосистости вблизи берега малых бухточек бухты Восточная — Пляжная и Бункерная.

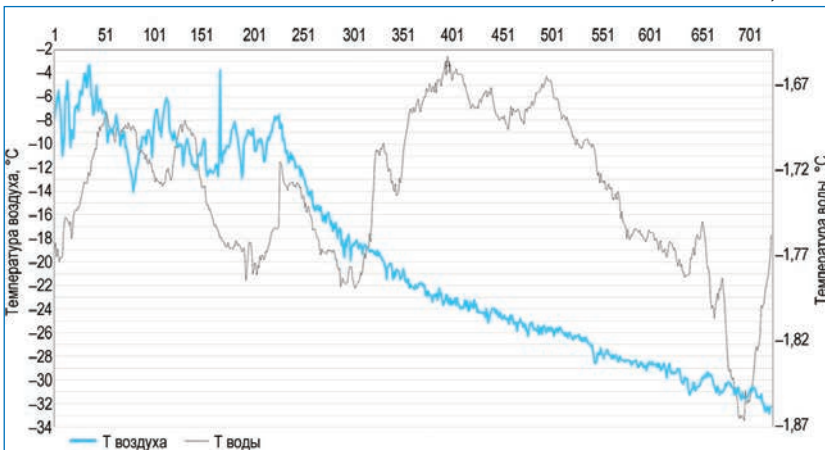


Рис. 9. Сравнительные графики хода температуры морской воды и воздуха в бухте Нелла в июне 2025 года (лед в бухте 10 баллов, однолетний средней толщины)

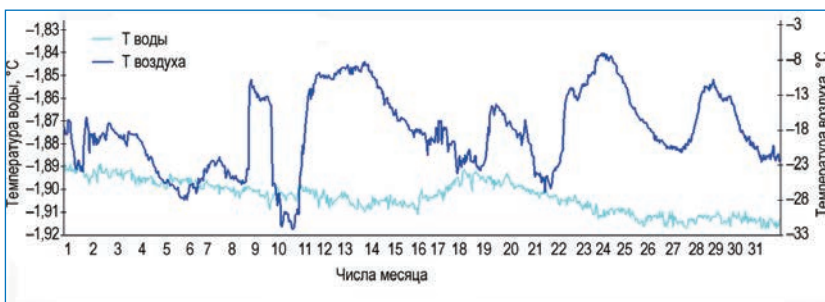


Рис. 10. Сравнительные графики хода температуры морской воды по уровнемеру и воздуха в бухте Нелла в июле 2025 года (лед в бухте 10 баллов, однолетний средней толщины)

Важными результатами проведенных наблюдений представляются также итоги анализа данных мареографа Levelogger 5 model 3001 (выпуск 2022 года) — регистрирующего устройства для измерения высоты уровня и температуры воды. Прибор был установлен на несколько зимних месяцев (с мая по начало августа) на дно в южной оконечности бухты Западная (Нелла) (на глубине 7 м, на расстоянии 25 м от берега, мористее зоны приливных трещин, в 35 м к северозападу от основного высотного репера района станции Прогресс «ПП-16», относительно которого в дальнейшем проводились прямые измерения уровня океана для определения поправки). Последующий анализ графиков колебаний уровня моря показал их сходство с колебаниями уровня в предыдущие годы.

В этом году было также обращено внимание на сравнение хода температуры морской воды и температуры воздуха. По ежечасным значениям с датчика устройства температуры воды за июнь–июль 2025 года и по данным температуры воздуха из станционного архива (МЕТы) за эти месяцы, осредненных также до ежечасных значений в приложении ExcelASAP-Utilites, были построены сравнительные графики хода этих параметров (рис. 9).

На графике за июнь (рис. 9) отмечается выраженный тренд на понижение температуры воды у дна бухты со второй декады, который не коррелирует с ходом температуры воздуха, повышающейся в это время. Так, 17 июня было отмечено резкое потепление,

когда температура воздуха повысилась с $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ (см. таблицу). Температура морской воды у дна при этом продолжала понижаться. Ее значение по данным температурного датчика устройства снизилось с начала мая к августу с $-1,660\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-1,916\text{ }^{\circ}\text{C}$. В июле выраженного тренда на понижение не наблюдалось (рис. 10), но температура воды оставалась в пределах прежних низких значений $-1,88... -1,91\text{ }^{\circ}\text{C}$, с тенденцией на понижение в течение всего месяца.

Полагаем, что в целом это может быть связано с возможным постепенным проникновением на юг к антарктическому побережью, в малые бухты оазиса Холмы Ларсеманн и, в частности, в бухту Тала ультрахолодных шельфовых вод, которые зимой поднимаются с глубины южных акваторий залива Прюдс и моря Содружества. Обнаружение и подтверждение этого процесса является одной из научных задач океанографических наблюдений в зимовочный период на станции Прогресс.

А.И. Куцуруба (АНИИ)