

## БЕСПРЕЦЕДЕННОЕ СОКРАЩЕНИЕ ТИХООКЕАНСКОГО ЛЕДЯНОГО МАССИВА В ЮЖНОМ ОКЕАНЕ

Современный ледяной покров Северного Ледовитого океана летом, как известно, уменьшился вдвое — с 7,0 млн км<sup>2</sup> в сентябре в конце 1970-х годов до 4,3 млн км<sup>2</sup> в 2007 году, а затем до 3,3 млн км<sup>2</sup> в 2012 году. В Антарктике в то же самое время происходило, как летом, так и зимой, постепенное увеличение морского льда, которое заметно усилилось после 2000 года. В феврале 2008 года количество остаточного льда, не растаявшего летом, возросло до 3,9 млн км<sup>2</sup> против 3,1 млн км<sup>2</sup> по норме. В сентябре 2014 года ледяной покров достиг максимальных размеров зимой — около 19,7 млн км<sup>2</sup> при среднемноголетнем значении 18,6 млн км<sup>2</sup>. В итоге к 2015 году площадь распространения льда в Южном океане выросла в среднем на 0,5 млн км<sup>2</sup> (16 %) летом и на 0,7 млн км<sup>2</sup> (4 %) зимой. С позиций естественных, природных причин это объяснялось различным отражением на гидрометеорологических условиях Северного и Южного полушарий изменений интенсивности полярных вихрей (зональных переносов в атмосфере), происходящих в рамках 60-летнего климатического цикла. Усилению зональности, которое в Антарктике тождественно ослаблению циклонической активности (похолоданию и замедлению результирующего выносного дрейфа), закономерно соответствовало разрастание примерно в 1,5 раза Атлантического массива и заметное увеличение количества старого льда в окраинных морях индоокеанского сектора из-за отдаления сроков разрушения местного припая вплоть до сохранения его невзломанным. На этом фоне резко выделялась прямо противоположная, «арктическая» тенденция прогрессирующего очищения летом тихоокеанского сектора (150° в.д.–180° — 60° з.д.) Южного океана.

Сокращение тихоокеанского ледяного массива началось с моря Беллинсгаузена, которое летом 1989 года впервые очистилось. Сплошной дрейфующий лед до этого почти всегда преграждал судам путь к побережью Земли Александра I, начиная с момента ее открытия русскими моряками 29 января 1821 года. Так, он воспрепятствовал подходу д/э «Обь» к п-ову Шарко в конце января 1968 года. Возглавлявший тогда 13-ю САЭ А.Ф. Трешников, по-видимому, до последнего не исключал возможности организации здесь станции Беллинсгаузен, согласно первоначальному плану ААНИИ. Кстати, по данным этой станции, функционирующей уже 50 лет в районе Южных Шетландских о-вов, зимой 1989 года ледообразование началось экстремально поздно, 2 сентября против 12 мая по норме, и лед сохранялся в бухте Ардли рекордно короткое время — всего 11 суток вместо обычных 5–6 месяцев. В середине марта 1992 года произошло никогда ра-

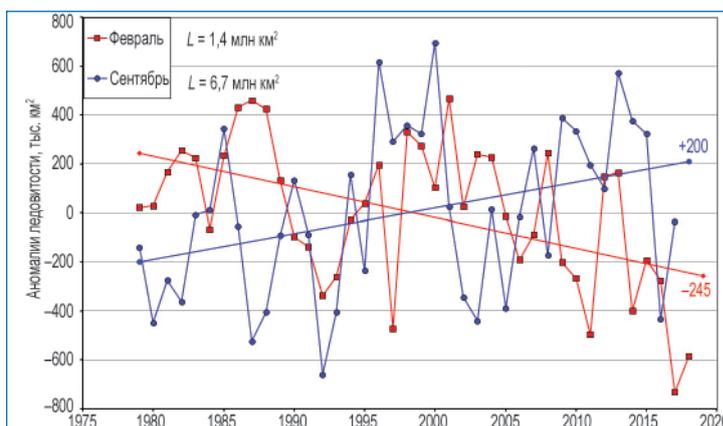
нее не наблюдавшееся очищение так же очень ледовитого моря Амундсена. Впервые достичь его побережья в районе м. Флайинг-Фиш на п-ове Терстон смогли лишь 15 февраля 1960 года два американских ледокола «Глетчер» и «Бертон Айленд».

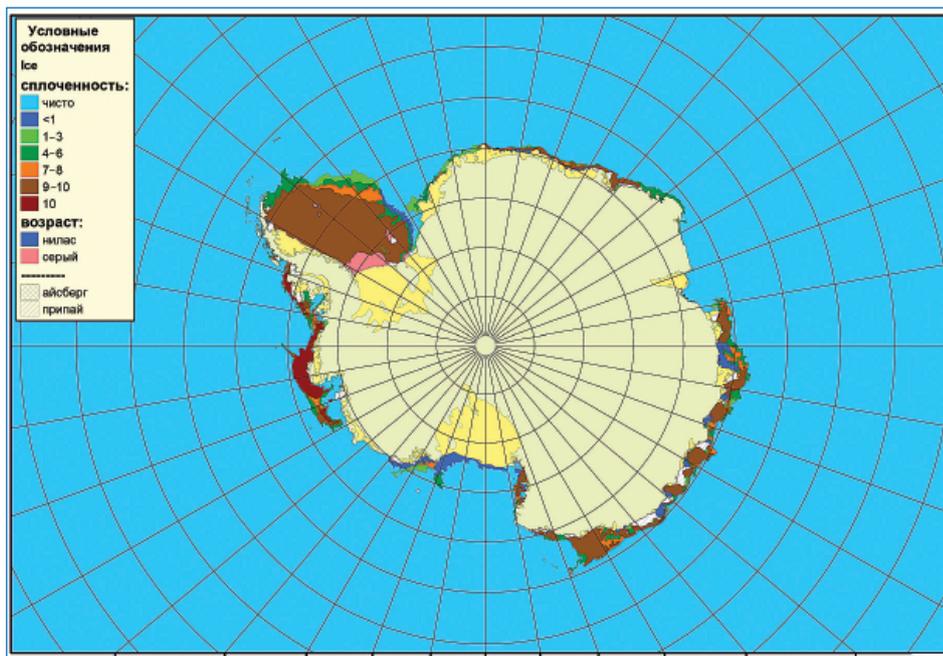
В дальнейшем ситуации очищения возникли все чаще, а в 2007–2015 годах море Беллинсгаузена стало освобождаться ото льда ежегодно. При этом за предшествовавшие 20 лет полностью взломался многолетний припай площадью около 10 тыс. км<sup>2</sup> в излучинах западного и северного побережья Земли Александра I, который, наверное, уже превратился в шельфовый лед, а затем в течение 2008–2009 годов скоротечно разрушился и почти весь шельфовый ледник Уилкинса, скреплявший данный островной архипелаг. В итоге ледовый режим здесь кардинально изменился, особенно в зал. Маргерит, прежде периодически покрывавшемся многолетним припаем. История регулярных плаваний в заливе английских, американских и аргентинских экспедиционных судов, которые начались после организации экспедицией Джона Римилла летом 1936 года первой научной базы в районе прибрежных о-вов Дебенема (68° 08' ю.ш. 67° 05' з.д.), изобилует многочисленными безуспешными попытками пробиться к ним вплоть до попадания в вынужденные дрейфы. НЭС «Михаил Сомов» в конце апреля 1988 года удалось приблизиться лишь на 15 миль к самой северной оконечности Земли Александра I — м. Русский для организации сезонной базы Народной Республики Болгария, которой помешали нелетные погодные условия и начавшееся интенсивное осеннее ледообразование. Зато в середине февраля 2013 года НЭС «Академик Трешников» абсолютно беспрепятственно, по чистой воде пересекает весь зал. Маргерит и, пройдя траверз м. Русский, входит в зал. Симонова (прол. Георга VI), где только на 69° 45' ю.ш. 68° 50' з.д. встречает кромку ординарного припая, углубляясь в него до 70-й параллели.

Наконец, в феврале 2011 года «волна» очищения достигает района Русской (120–160° з.д.). Впервые за полувековой период спутниковых наблюдений с конца 1960-х годов была зафиксирована экстремальная ситуация практически полного исчезновения к концу лета прибрежного пояса дрейфующего льда между мысами

Дарт и Колбек. Обстановка полного очищения повторилась в 2017 году и длилась фантастически долго — с конца февраля до конца апреля. При этом остаточная ледовитость тихоокеанского сектора в феврале 2017 года достигла абсолютного минимума 0,6 млн км<sup>2</sup>, сократившись вдвое по сравнению с нормой (1,4 млн км<sup>2</sup>). Летом 2018 года внешний пояс дрейфующего льда в районе Русской

Изменение сезонных экстремумов ледовитости тихоокеанского сектора Южного океана (в отклонениях от нормы их среднемесячных значений в феврале и сентябре) за период 1979–2018 гг. по данным <http://wdc.aari.ru/datasets/ssmi/data/south/extent/>





Ледовая обстановка в Южном океане в конце февраля 2017 года

вновь отсутствовал, но только в течение одного месяца — с середины февраля до середины марта. Следует напомнить, что речь идет о районе, все попытки достичь побережья которого в первой половине XX века, начиная с экспедиций Р. Скотта, Э. Шеклтона и Р. Берда, оказывались безуспешными вплоть до 1965 года, когда американские экспедиционные суда, по-видимому, впервые достигли зал. Ригли. Здесь в середине марта 1985 года начался 135-суточный ледовый плен флагмана САЭ д/э «Михаил Сомов». Ситуация едва не повторилась в марте 1990 года и завершилась вынужденным закрытием станции Русская.

Катастрофическое сокращение вдвое Тихоокеанского массива «по арктическому сценарию» чрезвычайно диссонирует с наблюдавшимся разрастанием морского льда в масштабах всей Антарктики — исключительно целостной и взаимосвязанной области. Представляется, что первопричиной могло стать неожиданное вмешательство неординарного местного фактора. За счет его воздействия произошло существенное повышение температуры поверхностных вод в прибрежной, шельфовой зоне района Русской, морей Амундсена и Беллинсгаузена. Таковым может быть резко усилившийся поток подземного тепла вследствие общей активизации на Земле на рубеже XX–XXI веков сейсмической и вулканической активности. В этом отношении особо выделяется именно тихоокеанская Антарктика — Земля Мэри Бэрд с ее молодыми, кайнозойскими вулканами и части Антарктического п-ова, включая Землю Александра I.

Вулканическая провинция Земли Мэри Бэрд протянулась вдоль всего побережья преимущественно между 74° 77' ю.ш. и 95° 150' з.д., начиная с хребта Эдсел-Форд в районе зал. Салзбергер и кончая горами Хадсон в юго-восточном углу зал. Пайн-Айленд. По данным радарного сканирования области основания шельфового ледника Туэйтса (107° з.д.), где находится вроде бы потухший вулкан Такахе (76° 17' ю.ш. 112° 05' з.д.), выделяемый скальными породами поток тепла, по косвенным оценкам сотрудников Техасского университета, достигает 0,2 Вт/м<sup>2</sup>, что по меньшей мере в 4 раза выше обычного. В расположенном неподалеку районе гор Хадсон геотермальный прогрев, очевидно, намного выше, отчего со-

седствующий выводной ледник Пайн-Айленд быстрее всех других в Антарктиде скользит по коренному ложу, обильно «смазанному» интенсивным таянием нижней поверхности ледника, а возможно — и непосредственно геотермальными водами. Решающую роль в местной подземной «печке», вероятно, играет обнаруженный здесь британскими учеными в 2008 году подледниковый вулкан. Он извергался около двух тысячелетий назад, пробив над собой километровый ледниковый панцирь, а в настоящее время, возможно, пребывает в сольфатарной стадии. Аналогичный подледниковый вулкан, но активный — предположительно извергавшийся в 2010 и 2011 годах — обнару-

жен американскими исследователями в горном массиве хребта Исполнительного Комитета, в 30 милях южнее самого высокого потухшего антарктического вулкана Сидли.

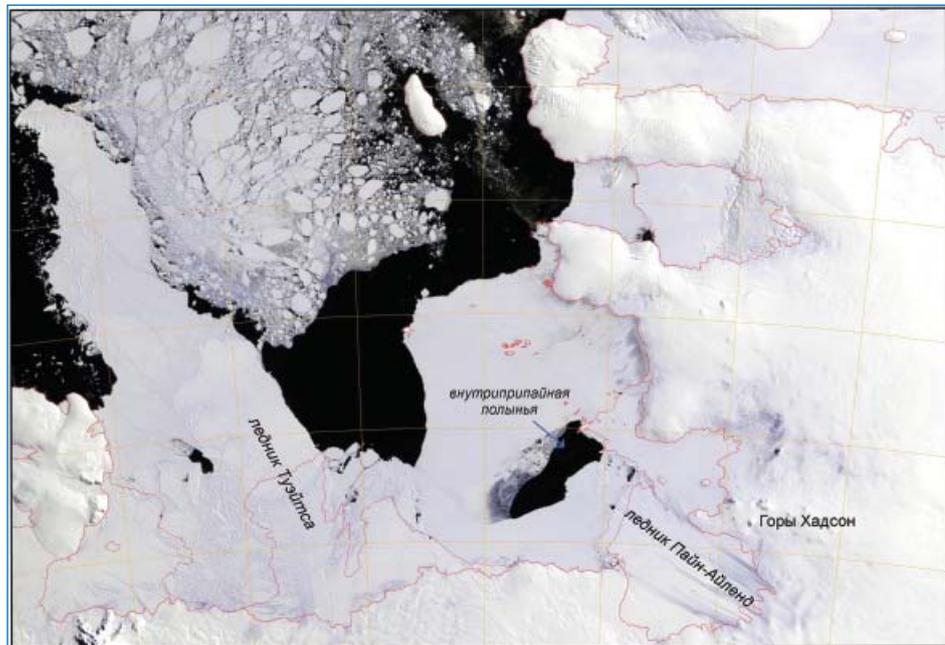
Заслуживает также внимания проявляющий фумарольную активность вулкан Берлин в горном хребте Фалд, откуда, возможно, берет начало выводной ледник Корделла Халла. Ледник впадает в одноименный залив, на восточном берегу которого находится станция Русская. Отличительной особенностью зал. Халла является тот удивительный факт, что температура поверхностного слоя моря вблизи м. Беркс даже в период полярной ночи никогда не опускается ниже  $-1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , тогда как в других прибрежных районах Антарктики регулярно отмечается переохлаждение воды вплоть до  $-2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Поэтому у самой высокоширотной прибрежной станции РАЭ образуется, как это ни парадоксально, самый тонкий однолетний припай. Не исключено, что это связано с подогревыми тальми или даже собственно геотермальными водами, которые могут поступать сюда из района г. Берлин. Не исключено также одновременное влияние очень теплых циркумполярных глубинных вод (ЦГВ) с температурой  $+1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , которые достигают бровки местного шельфа.

Особенно впечатляюще совокупное отепляющее воздействие теплых континентальных и океанических вод проявляется в зал. Пайн-Айленд, которого ЦГВ достигают по дугообразному внутришельфовому желобу глубиной около 1 км лишь незначительно модифицированными — с температурой у дна до  $+1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  и соленостью 34,7 ‰. При этом заток ЦГВ в желоб является своего рода компенсацией поверхностного стока пресных вод из под ледника Пайн-Айленд. В результате, по данным единственного пока посещения данного района НЭС «Академик Федоров» в середине февраля 2008 года, здесь формируется антарктическая поверхностная вода с аномальными характеристиками верхнего однородного слоя — сильно распресненная до 32,8 ‰, но сравнительно теплая от  $-1,4$  до  $-1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Превышение ее над температурой замерзания может составлять до  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Это, безусловно, способствует развитию огромной стационарной полыньи под западным берегом п-ова Терстон, достигающей в феврале свыше 40 тыс. км<sup>2</sup>.

Однако самым убедительным подтверждением наличия потока необычно теплых поверхностных вод из-под ледника Пайн-Айленд служит частое возникновение здесь, иногда даже зимой, внутриприпайной полыньи. Она образуется по типу проталины–промоины и напоминает так называемые «пропарины» на озере Байкал, но несравнимо больше их по площади. За период 1994–2009 годов таяние ледника Пайн-Айленд возросло примерно на 50 %, по оценкам известного американского океанографа Стенли Джейкобса, принимавшего участие в исследованиях с борта исследовательского ледокола «Натаниэль Палмер». Он связывает это как с зафиксированным повышением температуры местных вод на 0,2 °С, так и с увеличением из-за усиления ветра потока ЦГВ, проникающего под ледник.

Зал. Пайн-Айленд являет яркий пример существенной особенности Антарктики. Это универсальный характер взаимодействия природных сред, когда причина и следствие постоянно меняются местами и обратные связи – реакции сред оказываются столь же значимыми, как и вызвавшие их прямые воздействия. Инициированные усилением потока подземного тепла процессы подледникового таяния привели к увеличению стока в русле выводного ледника талых вод, что интенсифицировало нижележащий заток ЦГВ и, вероятно, всю циркуляционную систему бассейна. Сопутствующее повышение температуры поверхностного слоя моря способствовало разрастанию полыньи. Развитие в ней апвеллинга из-за доминирования отжимных ветров в прибрежной зоне Антарктиды в еще большей степени задействовало глубинное океаническое тепло. Наконец, все возрастающий отепляющий эффект полыньи приводит к углублению приуроченного ней климатического циклона, что закономерно сказывается в усилении ветрового режима, и т.д.

В значительной степени сказанное выше можно отнести и к соседнему морю Беллингаузена. В его юго-восточном углу, в зал. Ронне располагается тождественных размеров стационарная полынья, также притягивающая к себе циклоны. О существовании в архипелаге Земли Александра I скрытых вулканов косвенно свидетельствовали гигантские провалы в «теле» шельфового ледника Уилкинса диаметром до 1,5 км с почти отвесными стенками и нагромождениями глыб льда на дне. Эти «ледяные вулканы», по свидетельству А.Ф. Трёшникова, были обнаружены еще летом 1947 года экспедицией «Хайджамп» во время рекогносцировочных полетов ее восточной группы. Подобные провалы связаны, вероятно, с обрушением сводов пустот внутри ледника, которые возникают под воздействием геотермального тепла. Вытапливаемые в леднике скрытые полости, каверны и, возможно, целая сеть стоковых русел исподволь подготавливают разрушение ледника путем его дробления на мелкие части. Именно такому разрушению, совершенно нетипичному для шельфовых ледников — без образо-



Внутриприпайная полынья площадью около 800 км<sup>2</sup> в вершине зал. Пайн-Айленд между 74° 30'–75° ю.ш. и 102–104° з.д. в середине декабря 2006 года

вания гигантских айсбергов, подвергся ледник Уилкинса в 2008–2009 годах. Кстати, аналогичным образом раскрошились (!) в 1995 и 2002 годах участки шельфового ледника Ларсена А и В, располагавшиеся по обе стороны от Нунатаков Сил (65° ю.ш. 60° з.д.) в море Уэдделла. Во времена открытия капитаном К.А. Ларсеном в 1893 году эти горы демонстрировали признаки вулканической активности. Примечательно, что всего в 200 км напротив Нунатаков Сил по другую сторону Антарктического п-ова находится действующий вулкан о. Десепшен, извергавшийся в 1967–1970 годах.

Сможет ли южнополярная климатическая система противостоять столь губительному для криосферы фактору, как спонтанно усилившийся поток подземного тепла, если он не ослабнет, покажут самые ближайшие годы. Одним из индикаторов послужит состояние Тихоокеанского ледяного массива: продолжение деградации или реставрации, причем в условиях, по-видимому, начавшейся в рамках 60-летнего цикла ветви спада общей ледовитости Южного океана. Обнадеживающим обстоятельством в плане восстановления массива является продолжение скомпенсированности его летнего сокращения повышенным в среднем на 0,4 млн км<sup>2</sup> разрастанием ледяного покрова зимой в тихоокеанском секторе (рис. 1). Благодаря его решающему вкладу (около 90 %) и обеспечивалось до 2015 года увеличение ледовитости Южного океана в холодный период года. Данная антарктическая закономерность сезонной смены знака ледовых аномалий, установленная А.А. Романовым, означает, что чем больше льда вытает летом, тем больше образуется его зимой, и наоборот. Механизмом реализации данной закономерности является регулирующая поток глубинного океанического тепла степень развитости местного галоклина (пикноклина). Она зависит почти исключительно от интенсивности образования и таяния самого морского льда, на порядок превышающего все иные источники распреснения антарктической зоны Южного океана.

*А.И. Коротков (АНИИ)*