

## ДЕТАЛИЗИРОВАННАЯ СХЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АЙСБЕРГОВ В ЮЖНОМ ОКЕАНЕ

*ст. науч. сотр. А.И. КОРОТКОВ, ст. науч. сотр. В.Е. ФЕДЯКОВ,  
гл. спец. РАЭ В.Е. КОРАБЛЕВ*

*ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, e-mail: korotkov@aari.ru*

Основой для построения схемы послужила созданная в ААНИИ база данных наблюдений за айсбергами по маршрутам плавания судов САЭ–РАЭ за полувековой период. Начиная с 1957 г. и до наших дней наблюдения выполняются по методике, главные приемы которой были разработаны Морским отрядом 2-й САЭ на д/з «Лена» (Гордиенко и др., 1960). Они включают круглосуточную оценку с помощью судовой РЛС числа айсбергов в радиусе 15 миль каждые 20 миль пути, пройденного в айсберговых водах. На практике это соответствует преимущественно двухчасовой дискретности наблюдений и обеспечивает оптимальное покрытие ими «коридора» следования судна шириной 30 миль. Кроме того, в дневное время, используя локатор и секстант, измеряют размеры (длину и высоту) визуально наблюдаемых айсбергов. Одновременно регистрируется их форма по трем главным генетическим типам, согласно классификации В.Х. Буйницкого (1973): столообразные, наклонные (в виде пологой односкатной крыши) и куполообразные айсберги, которые откололись, соответственно, от шельфовых, материковых (покровных) и выводных ледников. Дополнительно отмечается, что айсберг разрушающийся (старый). Таковыми автоматически считаются айсберги пирамидальной формы. Особое внимание уделяется фиксированию координат встречи первого и последнего айсбергов на меридиональных трассах плавания судов в Антарктику.

База данных насчитывает свыше 41 тыс. радиолокационных определений количества айсбергов и 3 тыс. измерений размеров их различных форм, которыми освещена почти вся акватория Южного океана. Это позволило произвести осреднение количества айсбергов в ячейках сеточной области никогда ранее не практиковавшегося небольшого размера, площадью около 600 км<sup>2</sup> — 15' по широте и 30' по долготе. В результате детализированная схема (см. рис. 1 на цв. вклейке) воспроизводит реальное, «ленточное» распределение айсбергов в Южном океане, подмеченное еще В.И. Шильниковым (Гордиенко и др., 1960). Это обусловлено струйным характером поля местных течений, в стрежнях которых концентрируется основная масса айсбергов.

Следует упомянуть, что на этих же данных основываются многочисленные публикации Ю.А. Романова с соавторами, которые посвящены пространственно-временной изменчивости антарктических айсбергов. Используемые им размеры ячейки осреднения 2° по широте и 5° по долготе сильно загроубляют действительную

картину распределения айсбергов, отражая только ее генеральные черты. Вместе с тем безусловно заслуживающим внимания является обнаруженный любопытный факт увеличения количества айсбергов и проникновения их дальше на север в море Беллинсгаузена в годы Эль-Ниньо (Кошляков и др., 1998).

Детализированная схема представляет комбинацию из 1150 зон, различающихся сплоченностью айсбергов. Сплоченность оценивается в баллах, согласно шкале В.И. Шильникова (1959), в зависимости от количества наблюдаемых айсбергов и лишь при невозможности их подсчета — от расстояния между айсбергами. Зоны на схеме были выделены по преобладанию во входящих в них ячейках осредненного количества айсбергов, которое соответствует определенному баллу сплоченности. Это означает, что при нахождении судна в изображенной на схеме зоне сплоченностью, например, 2 балла на 16-мильной шкале судового локатора в радиусе 15 миль в большинстве случаев должно обнаруживаться от 2 до 7 айсбергов.

С целью достоверного подсчета среднемноголетней численности айсбергов в Южном океане, во-первых, претерпела некоторые изменения упомянутая шкала сплоченности. Для внешней, северной периферии айсберговых вод, где даже единичные айсберги встречаются редко, их средняя плотность была принята равной 0,1 (1 айсберг на 10 наблюдений), которой присвоено значение сплоченности «менее 0,5

Таблица 1

**Средние размеры основных типов айсбергов по данным инструментальных измерений в долготном секторе 110° в.д. — 180–160° з.д. Южного океана**

Долгота	Характеристика	Типы айсбергов						
		Ш	В	М	П	Р	Все типы	
110–170° в.д.	К северу от 65° ю.ш.							
	Средняя длина	936	1292	440	235	181	465	
	Средняя высота	57	54	84	84	38	72	
	Кол-во измерений	7	1	8	12	4	32	
	%	24	3	24	49			
	К югу от 65° ю.ш.							
	Средняя длина	687	1150	396	278	230	775	
	Средняя высота	45	72	86	87	39	59	
	Кол-во измерений	33	36	5	7	8	89	
	%	37	41	5	17			
	170° в.д. – 160° з.д.	К северу от 70° ю.ш.						
		Средняя длина	506	840	303	145	101	239
		Средняя высота	41	48	74	62	28	39
		Кол-во измерений	7	1	4	1	19	32
%		22	3	13	62			
К югу от 70° ю.ш.								
Средняя длина		748	554	396	315	140	671	
Средняя высота		45	40	78	93	34	48	
Кол-во измерений		18	2	1	1	1	23	
%		79	9	4	8			

Примечание. Условные обозначения типов айсбергов: Ш — шельфовых ледников (столообразные); В — выводных ледников (куполообразные); М — материкового (покровного) оледенения (наклонные); П — пирамидальные; Р — разрушающиеся.

балла». Сплоченность 6 баллов (32–86 айсбергов) подразделена на два вида: 6<sup>1</sup> (32–50) и 6<sup>2</sup> (51–86). Приравнено 100 количество айсбергов при сплоченности 7–9 баллов. Во-вторых, для акваторий морей Беллинсгаузена и Амундсена, которые пока еще не освещены необходимыми наблюдениями, использовано допущение о таком же, как в районе Русской, соотношении 1:5 плотности айсбергов между океанической и прибрежными областями с разграничительной линией по 70° ю.ш. Наконец, рассчитанная площадь каждой из выделенных зон делилась на площадь круга радиусом 15 миль (около 2400 км<sup>2</sup>) и частное умножалось на среднее значение диапазона количества айсбергов, согласно присвоенному данной зоне баллу сплоченности.

Полученные результаты суммировались отдельно по прибрежным и океаническим районам основных циркуляционных структур Антарктики — гигантских круговоротов Росса и Уэдделла и бассейнов окраинных морей, которые в основном также охвачены относительно самостоятельными циклоническими циркуляциями вод и льдов. В рамках этих районов производились ориентировочные оценки среднегодового баланса количества айсбергов и обработка данных их инструментальных измерений, пример которой приведен в табл. 1. Расчет айсберговой массы осуществлялся по максимально упрощенной методике (Шильников, 1960) — с использованием единого айсберга усредненных размеров (469 × 49 м), имеющего якобы «правильную» форму.

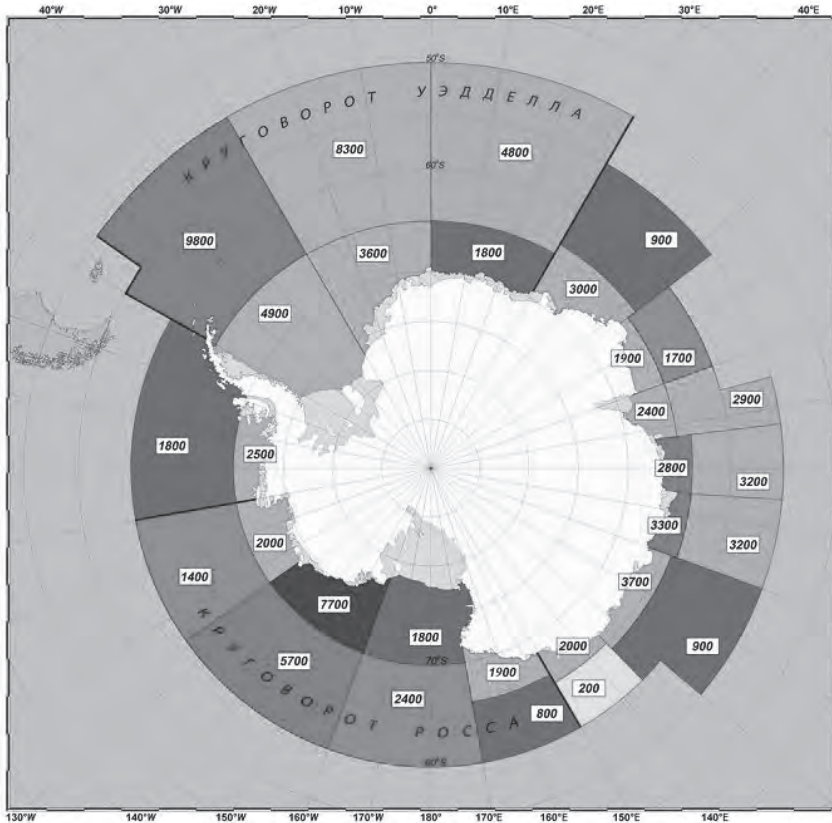


Рис. 2. Среднегодовое количество айсбергов в отдельных районах Антарктики за период 1956–2005 гг.

В итоге, согласно произведенным расчетам, в Южном океане в течение года постоянно присутствует в среднем 93,3 тыс. айсбергов (рис. 2), содержащих 4,2 тыс. км<sup>3</sup> глетчерного льда или 3,8 тыс. км<sup>3</sup> пресных вод. Площадь их максимального распространения в современный период оценивается в 32,5 млн км<sup>2</sup>. За вычетом периферийной области, где изредка встречаются лишь единичные айсберги общим числом не более 1 тыс., основной ареал айсбергов гораздо меньше — около 22 млн км<sup>2</sup>. Прежние отечественные оценки количества, объема и площади распространения антарктических айсбергов были следующими: первая оценка (Шильников, 1969) — соответственно 218,3 тыс., 17,9 тыс. км<sup>3</sup>, 34,2 млн км<sup>2</sup> и последняя (Романов, 1996) — 100,4 тыс., 4,7 тыс. км<sup>3</sup>, 35,7 млн км<sup>2</sup>.

В абсолютном большинстве прибрежных районов преобладают шельфовые, столовые айсберги. Только в морях Амундсена, Сомова, Дюрвиля, районах Русской (125–160° з.д.) и Земли Уилкса (110–135° в.д.) наравне с ними (примерно по 40 %) представлены куполообразные айсберги выводных ледников. В среднем самые длинные айсберги (1193×46 м) наблюдались южнее 70-й параллели в море Амундсена и районе Русской. Самыми короткими (171×45 м) являются 900 айсбергов в океанической области моря Космонавтов, среди которых отмечается рекордное число разрушающихся айсбергов, достигающее 85 %. Наиболее низкие айсберги (239×39 м), до 60 % которых разрушенные, регистрировались напротив моря Росса (табл. 1). Самые высокие айсберги (465×72 м) встречались в соседнем районе — к северу от 65° ю.ш. в долготном секторе 110–170° в.д. Непревзойденным (485×201 м) до сих пор является айсберг, измеренный с д/э «Обь» в зал. Трешникова неподалеку от Мирного 18 января 1959 г. (Буйницкий, 1962, с. 136). Впрочем, известны упоминания о фантастически высоких айсбергах, встречавшихся в районе Фолклендских островов: в 1884 г. — 518 м и в 1904 г. — 450 м (Макаров, 1956) и др.

Айсберги достаточно равномерно распределены по трем основным секторам: Атлантический — 33,2 тыс., Индоокеанский — 32,1 тыс., Тихоокеанский — 28,0 тыс. В большинстве прибрежных районов генерального западного дрейфа количество айсбергов больше, чем в океанической области их адвекции на восток. Исключения представляют круговорот Уэдделла, зона подводного хребта Кергелен и сектор моря Росса, соответствующие трем основным зонам выноса айсбергов от берегов Антарктиды (Шильников, 1969). Местом максимальной концентрации айсбергов — 7,7 тыс. — является район Русской. Этому до недавнего времени сопутствовало устойчивое сохранение в летний период местного ледового пояса. Его исчезновение было зафиксировано за последние полвека лишь однажды, в 2011 г., вследствие общей деградации с 2009 г. Тихоокеанского массива (Коротков, Кашин, 2014). Самым мало айсберговым антарктическим бассейном является высокоширотная излучина моря Росса, а также моря Лазарева и Рисер-Ларсена.

По ориентировочным расчетам в Южном океане ежегодно вытлаивает 19,5 тыс. айсбергов объемом около 1 тыс. км<sup>3</sup> или 0,8 тыс. км<sup>3</sup> в водном эквиваленте, что компенсируется образованием несколько меньшего количества новых айсбергов (17,5 тыс.), но большего размера и поэтому тождественного объема. В итоге средняя продолжительность «жизни» антарктических айсбергов составляет 4–5 лет против прежних оценок, составлявших 13 лет (Шильников, 1969) и 2 года (Романов, 1996). В настоящее время самым старым айсбергом в Антарктике является центральная часть отколовшегося в июле 1986 г. суперязыка шельфового ледника Фильхнера

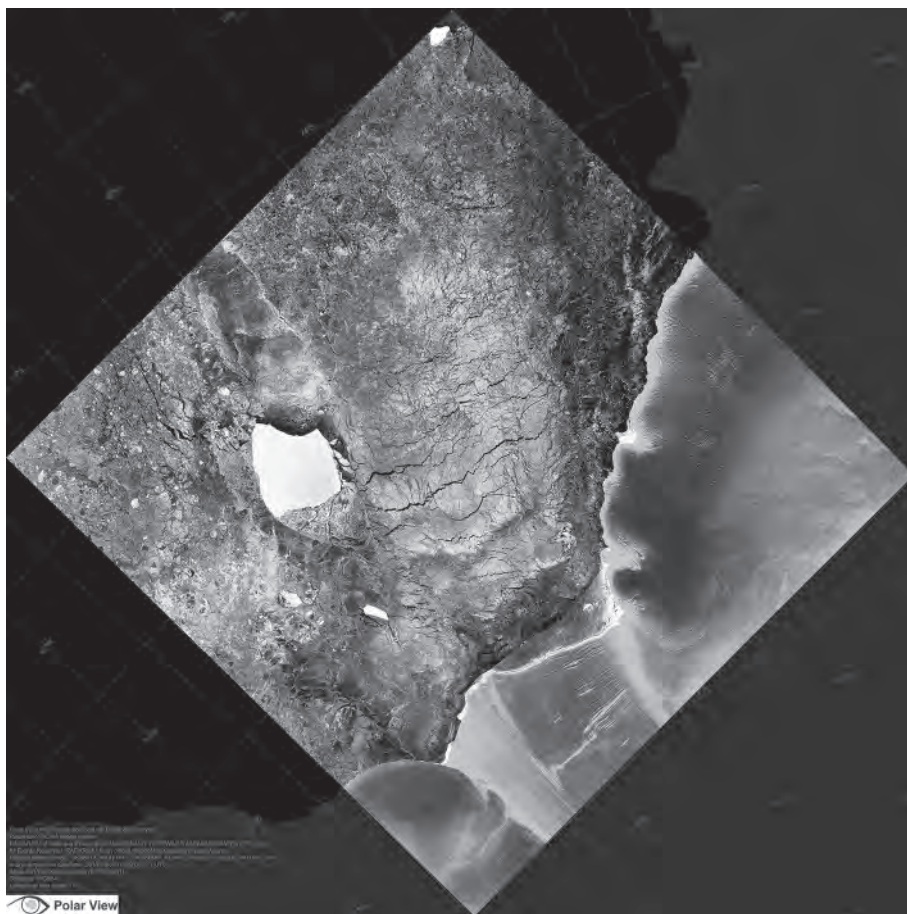


Рис. 3. Гигантский айсберг-долгожитель, отколовшийся от шельфового ледника Фильхнера в июле 1986 г. на снимке ИСЗ Radarsat-2 за 21 марта 2013 г.

(Бессонов и др., 1990) площадью около 5 тыс. км<sup>2</sup>, которая застряла на подводной возвышенности Беркнер в районе 76° ю.ш. 41° з.д. (рис. 3).

Ареал антарктических айсбергов во второй половине XX столетия фактически сохранялся неизменным, как показывает сравнение рис. 1 (см. цв. вклейку) с данными за 1947–1962 гг. (Атлас, 1966, с. 124). В среднем распространение айсбергов было ограничено в Атлантическом секторе 45° ю.ш., Индоокеанском — 50° ю.ш. и в Тихоокеанском — 55° ю.ш. Формальное уменьшение площади айсберговых вод за этот период на 1,7 млн км<sup>2</sup> по современным данным относительно ранних оценок (Шильников, 1969), очевидно, связано с недостаточной полнотой айсберговой информации в начале отечественных исследований Антарктики, что обусловило неизбежное загромождение максимальной границы распространения айсбергов. Следует отметить, что на рис. 1 (см. цв. вклейку) была сознательно проигнорирована рекордная северная встреча с айсбергом за весь период работы РАЭ. Она состоялась у НЭС «Академик Федоров» 24 ноября 1987 г. в точке с координатами 39° 46′ ю.ш. 49° 36′ з.д. Айсберг размером 815×142 м, отколовшийся предположительно от материкового ледника,

классифицировался как «случайный», поскольку находился севернее зоны антарктической конвергенции (АК), согласно (Буйницкий, 1973, с. 10), почти на 15° широты.

Зона АК, или, согласно современной терминологии, Антарктический полярный фронт (АПФ), — невидимая, но от этого не менее жесткая граница Антарктики — считается в целом непреодолимым препятствием для айсбергов (Максимов, 1961). Однако единичные айсберги, безусловно, могут пересекать ее при редком благоприятном стечении обстоятельств, например, при попадании айсберга в мезовихрь стресса АЦТ и/или в южный ветровой поток, связанный с прохождением глубокого циклона. Местоположение указанного айсберга близко к максимальной границе распространения таких «случайных» айсбергов с предположительной вероятностью один раз в 50–100 лет (Атлас, 1966, с. 124). Данная граница охватывает весь обозримый исторический период (1773–1947 гг.), начиная с плаваний Джеймса Кука и до первых послевоенных экспедиций: американской «Хайджамп», советской на борту плавбазы китобойной флотилии «Слава» и др. Историческая граница максимального проникновения айсбергов на север в среднем достигала в Атлантическом и Индоокеанском секторах 38° ю.ш., в Тихоокеанском — 47° ю.ш. (Буйницкий, 1973). При этом все же не принималась в расчет беспрецедентная встреча с небольшим куском айсберга (шенком) вблизи южного тропика в Атлантике на 26° 30' ю.ш. 25° 40' з.д., которая состоялась 30 апреля 1894 г. (Макиеров, 1956). По мнению В.С. Назарова (1962), в данном случае за глетчерный лед был ошибочно принят лед, извлеченный из трюма промыслового судна.

Антарктические айсберги во второй половине XX в. располагались много южнее как своей исторической границы, так и почти тождественной ей границы, которая наблюдалась в конце XIX в. (1888–1897 гг.). Айсберги тогда проникали на север дальше в среднем на 10–15° широты из-за заметного ослабления меридиональной циркуляции атмосферы в 1880–1890 гг. (Максимов, 1961). Предполагалось, что этому сопутствовали (или, может быть, предшествовали?) значительные изменения циркуляции вод океана, которые обусловили соответствующее смещение зоны АК (АПФ) на север. Одновременное разрастание площади поверхностных антарктических вод, продуцирующих морской лед, должно было проявиться с некоторым (релаксационным) сдвигом по времени в увеличении ледовитости Южного океана и ухудшении условий плавания. Действительно, начало прошлого столетия только в море Уэдделла ознаменовалось рядом чрезвычайных происшествий: в конце лета 1903 г. в заливах Эребус и Террор было раздавлено льдами судно «Антарктик» шведской экспедиции О. Норденшельда, в 1912 г. состоялся вынужденный дрейф судна «Дейчланд» немецкой экспедиции В. Фильхнера, в 1915 г. было захвачено льдом и затем раздавлено судно «Эндьюранс» английской экспедиции Э. Шеклтона. Примечательно, что льдина организованного экипажем на северо-западе моря Уэдделла «Лагеря Терпения» была вынесена в апреле 1916 г. в прол. Брансфилд в район о. Элефант. Схожая ситуация экстремально раннего заброса уэдделломорского льда в проливе Брансфилд (рис. 4) возникла в апреле 2012 г. (Коротков, Кашин, 2014). Правомерность аналогии с событиями столетней давности в море Уэдделла, обусловленными тяжелыми ледовыми условиями, косвенно подтверждается также фактом привлечения аргентинской экспедицией для обеспечения находящейся на юге моря станции Бельграно II в 2014 г., наряду с мощным арктическим снабженцем класса УЛА д/э «Василий Головин», ледокола «Капитан Драницын».

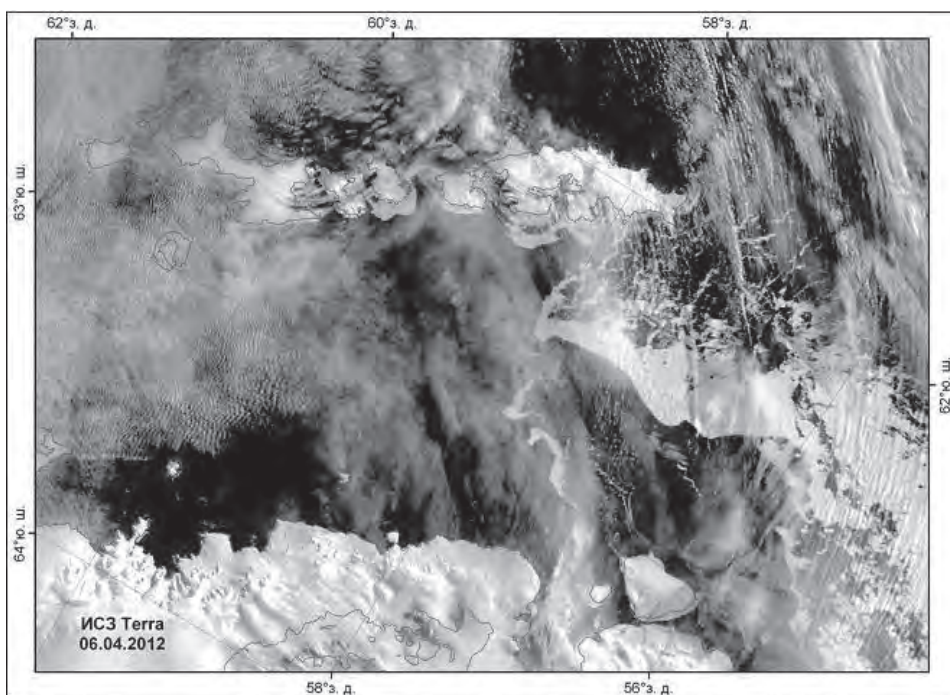


Рис. 4. Поступление старого льда из моря Уэдделла в прол. Брансфилд 6 апреля 2012 г. по данным ИСЗ TERRA.

С первых лет нового тысячелетия в Южном океане отчетливо обозначилась тенденция повышения ледовитости и сопутствующего усложнения условий плавания. Это связано с прогрессирующим увеличением количества старого льда в основном из-за отдаления сроков разрушения припая вплоть до сохранения его невзломанным (Коротков, Кашин, 2014). Взлом антарктического припая происходит преимущественно под воздействием зыби, которая генерируется глубокими полярно-фронтальными циклонами, смещающимися по меридиональным траекториям. Очевидно, что произошло сокращение их числа летом, означающее ослабление меридиональной циркуляции атмосферы, которое, возможно, подобно концу XIX в. Предположительной причиной этого могло стать изменение варианта циркуляции вод в южной полярной области, сопровождаемое смещением АПФ на север.

Действительно, отечественные океанографические измерения в районе меридиана Гринвича демонстрируют явную тенденцию продвижения фронта в северном направлении, которое составило  $1^\circ$  широты за период 2004–2010 гг. (Антипов, Клепиков, 2011). В результате он расположился примерно на  $0,5^\circ$  севернее своей климатической нормы, находящейся здесь на  $50^\circ$  ю.ш.

Показательно также, что последние два года НЭС «Академик Федоров» при следовании со станции Новолазаревская в Кейптаун встречает в этом районе вблизи внешней границы зоны айсберговых вод вместо одиноких айсбергов огромные их скопления. 3 апреля 2013 г. на 45-й параллели между  $4-5^\circ$  в.д. было пересечено пятно примерно из 140 айсбергов, их обломков и кусков, среди которых преобладали разрушающиеся и столообразные айсберги длиной около 400 м, самые крупные

достигали 1 км. 12 апреля 2014 г. между 50°00'–50°30' ю.ш. и 10°50'–12°50' в.д. располагалось пятно из 200 объектов глетчерного льда. Оценить размеры и формы айсбергов не позволило полное отсутствие видимости из-за сильного тумана, характерного для зоны АК.

Айсберги являются замечательными интегральными циркуляционными трассерами, дрейфуя почти исключительно под воздействием течений. С учетом среднего соотношения надводной и подводной частей антарктических айсбергов 1:7 детализированная схема их распределения отображает характер движения примерно 300-метрового слоя поверхностных вод. Главная сложность ее циркуляционной интерпретации заключается в многовариантности поля течений Южного океана из-за значительной сезонной и слабо изученной многолетней изменчивости, в процессе которой возникают, по-видимому, даже противоположные, взаимоисключающие варианты, нашедшие отражение на схеме.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Атлас Антарктики. Т. 1. М.; Л.: ГУГК, 1966. 225 л.

*Антипов Н.Н., Клепиков А.В.* Термическая структура верхнего слоя океана между Африкой и Антарктидой по данным океанографических работ ААНИИ 2004–2010 гг. // *Океанография и морской лед*. М.; СПб.: ООО «Паулсен», 2011. С. 280–290.

*Бессонов В.И., Морозов Е.Л., Проворкин А.В.* Гигантские айсберги моря Уэдделла // *Тр. Сов. антаркт. экспед.* 1990. Т. 89. С. 99–106.

*Буйницкий В.Х.* Ледоисследовательские работы // *Тр. Сов. антаркт. экспед.* 1962. Т. 20. С. 114–140.

*Буйницкий В.Х.* Морские льды и айсберги Антарктики. Л.: Изд-во ЛГУ, 1973. 255 с.

*Гордиенко П.А., Федотов В.И., Шильников В.И.* Ледяной покров прибрежных вод Восточной Антарктиды // *Тр. Сов. антаркт. экспед.* 1960. Т. 11. 118 с.

*Коротков А.И., Кашин С.В.* Антарктический припай — эффективный показатель характера развития ледовых процессов в Южном океане // *Проблемы Арктики и Антарктики*. 2014. № 1 (99). С. 86–101.

*Кошляков М.Н., Романов А.А., Романов Ю.А.* Эль-Ниньо — Южное колебание и распределение айсбергов в тихоокеанской Антарктике // *Океанология*. 1998. Т. 38. № 4. С. 485–495.

*Макеров Ю.В.* Основные черты гидрологического режима антарктических вод. Антарктика, ч. II. Л.: Гидрометеиздат, 1956. 120 с.

*Максимов И.В.* Фронт антарктической конвергенции и многолетние изменения северной границы распространения айсбергов в Южном океане // *Проблемы Арктики и Антарктики*. 1961. № 8. С. 47–52.

*Назаров В.С.* Льды антарктических вод // *Океанология*. 1962. № 6. 78 с.

*Романов А.А.* Новые данные о распределении, количестве, объеме и эволюции антарктических айсбергов // *Айсберги Мирового океана*. СПб.: Гидрометеиздат, 1996. С. 120–127.

*Шильников В.И.* Методика наблюдений за айсбергами // *Информ. бюл. Сов. антаркт. экспед.* 1959. № 5. С. 11–14.

*Шильников В.И.* Объем и количество айсбергов в Антарктике // *Информ. бюл. Сов. антаркт. экспед.* 1960. № 21. С. 34–37.

*Шильников В.И.* Айсберги // *Атлас Антарктики*. Т. 2. Л.: Гидрометеиздат, 1969. С. 455–465.



*К статье А.И. Короткова, В.Е. Федякова, В.Е. Кораблева*

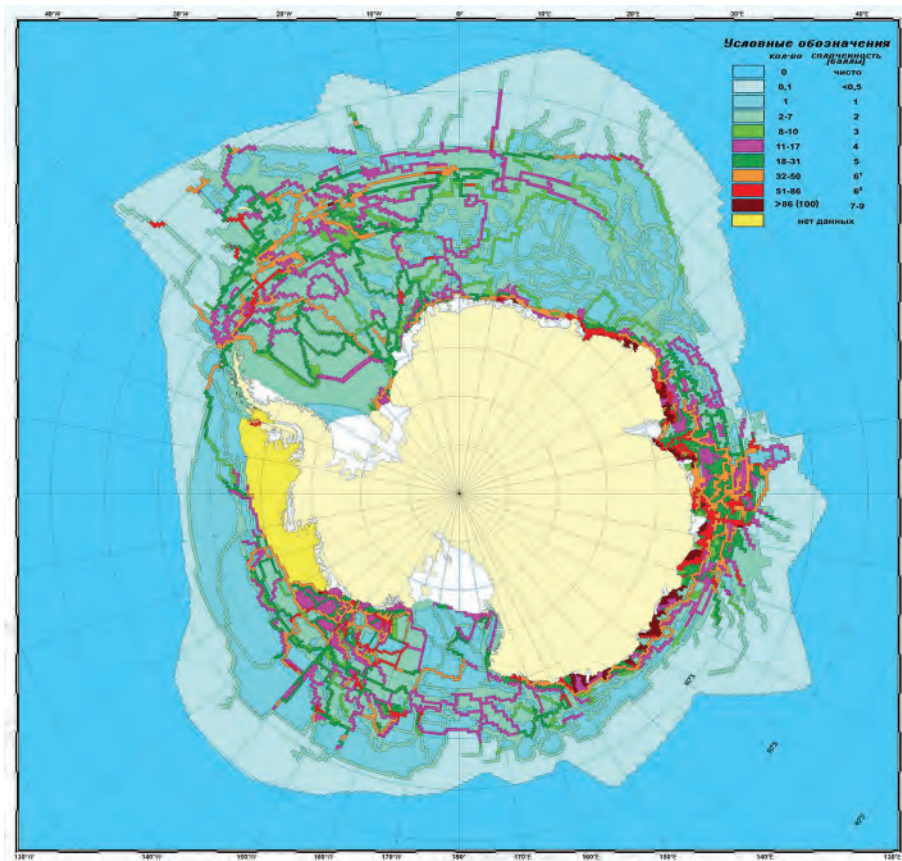


Рис. 1. Детализированная схема среднемноголетнего распределения айсбергов в Южном океане по данным наблюдений судов РАЭ за полувековой период 1956–2005 гг.