**АБРАМОВ В.А.**

**АТЛАС**

**АЙСБЕРГИ АРКТИКИ**

Гренландское, Баренцево, Карское, Лаптевых,

Восточно-Сибирское, Чукотское моря, Арктический бассейн

Арктический и антарктический

научно-исследовательский институт (ААНИИ)

Санкт- Петербург

1995 год

Редакционная коллегия:

Абрамов В.А.

Клячкин С.В.

Шведов Е.Г.

Оформление карт:

Шестакова Л.И.

Перевод на английский: Егорова Н.

Редактор: В.А.Абрамов

**Содержание**

Предисловие

Введение

Словарь терминов

1. Общегеографические карты

1.1 Характеристика источников образования айсбергов

1.2 Карты районов зарождения айсбергов

1.2.1 Положение районов зарождения айсбергов

1.2.2 Шпицберген

1.2.3 Земля Франца-Иосифа

1.2.4 Новая Земля

1.2.5 Северная Земля

1.2.5 Острова Де-Лонга

2. Карты распределения айсбергов (Клячкин С.В., Шведов Е.Г.)

2.1 Карты максимального количества айсбергов

2.1.1 Январь

2.1.2 Февраль

2.1.3 Март

2.1.4 Апрель

2.1.5 Май

2.1.6 Июнь

2.1.7 Июль

2.1.8 Август

2.1.9 Сентябрь

2.1.10 Октябрь

2.1.11 Ноябрь

2.1.12 Декабрь

2.2 Карты среднего многолетнего количества айсбергов.

2.2.1 Январь

2.2.2 Февраль

2.2.3 Март

2.2.4 Апрель

2.2.5 Май

2.2.6 Июнь

2.2.7 Июль

2.2.8 Август

2.2.9 Сентябрь

2.2.10 Октябрь

2.2.11 Ноябрь

2.2.12 Декабрь

2.3 Карты распределения повторяемости айсбергов

2.3.1 Январь

2.3.2 Февраль

2.3.3 Март

2.3.4 Апрель

2.3.5 Май

2.3.6 Июнь

2.3.7 Июль

2.3.8 Август

2.3.9 Сентябрь

2.3.10 Октябрь

2.3.11 Ноябрь

2.3.12 Декабрь

2.3.13 Год

2.4 Аномальные случаи распространения айсбергов в арктических морях

3. Характеристика айсбергов (Абрамов В.А., Шведов Е.Г.)

3.1 Характеристика формы айсбергов

3.1.1 Баренцево море

3.1.2 Земля Франца-Иосифа

3.1.3 Карское море

3.1.4 Лаптевых море

3.1.5 Восточно-Сибирское море

3.1.6 Чукотское море

3.1.7 Арктический бассейн

3.2 Размеры айсбергов

3.2.1 Геометрические размеры надводной части айсбергов

3.2.2 Осадка айсбергов

3.3 Межгодовые изменения количества айсбергов в арктических морях

3.3.1 Баренцево море

3.3.2 Карское море

3.3.3 Лаптевых море

3.3.4 Восточно-Сибирское море

3.3.5 Чукотское море

3.3.6 Арктический бассейн

3.4 Межгодовые изменения южной границы распространения айсбергов в арктических морях

3.4.1 Баренцево море

3.4.2 Карское море (западная часть

3.4.3 Карское море (восточная часть)

3.4.4 Лаптевых море (западная часть)

3.4.5 Лаптевых море (восточная часть)

3.4.6 Восточно-Сибирское море (западная часть)

3.4.7 Восточно-Сибирское море (восточная часть)

3.4.8 Чукотское море

Список литературы

**Предисловие**

Атлас представляет собой обобщение имеющихся в настоящее время данных по проблеме распределения айсбергов в арктических морях, в том числе, морях сибирского шельфа и Полярного бассейна.

Кроме этого, анализируются морфометрические особенности, в основном, надводной части айсбергов в различных морях и таяние айсбергов. Эта публикация стала возможной благодаря выполненным в последние годы исследованиям по проектам, связанным с предполагаемой добычей газа и нефти в отдельных районах арктических морей, судоходства в этих районах и личной инициативы авторов.

Авторы рассматривают айсберги как один из элементов ледового

режима замерзающих морей, имеющего важное значение при проектировании и строительстве буровых платформ, прокладки подводных коммуникаций, трубопроводов, различных береговых сооружений, судоходства по Северному Морскому пути, а также научных исследований. Поэтому, при подготовке атласа главной задачей было привести сведения о распределении айсбергов в Арктике (географический раздел) и дать по возможности полнее характеристику айсбергов (справочный раздел). Используемая для этой цели база данных является наиболее полной из всех имеющихся по исследуемому региону и охватывает промежуток времени с 1881 г. по 1993 г. База данных включает около 80 тыс. наблюдений айсбергов.

Атлас подготовлен по личной инициативе сотрудников Арктического и антарктического научно-исследовательского института (ААНИИ). Авторы благодарят всех специалистов и особенно ледовых разведчиков, которые в течение многих лет участвовали в сборе данных об айсбергах Арктики.

**Введение**

Проблемы освоения природных ресурсов на шельфе арктических

морей обратили внимание различных специалистов на айсберговую

опасность для морских, подводных, береговых инженерных конструкций и плавания судов в этих районах. В связи с этим, в последние годы всестороннему исследованию этой проблемы уделяется много внимания в экспедиционных океанографических исследованиях, авиационных ледовых разведках, спутниковых наблюдений и теоретических работах ученых различных специальностей. Одним из важных направлений изучения айсбергов является изучение исторических данных, хранящихся в различных архивах и разбросанных во множестве литературных источников. Обобщение наблюдений айсбергов в единую базу данных и позволило подготовить атлас.

При подготовке атласа использовались данные, хранящиеся в архивах ААНИИ (г. Санкт-Петербург), Мурманского УГКС (г. Мурманск), Северного УГКС (г. Архангельск), Северного флота, Норвежского Полярного института (г. Осло), а также данные ледовых ежегодников Датского Метеорологического института (Российская национальная библиотека, г. Cанкт-Петербург). Основным источником данных об айсбергах являются карты ледовых авиационных разведок. Кроме этого, данные об айсбергах содержатся в рейсовых отчетах судов, океанографических экспедиций и прибрежных наблюдений полярных станций. Судовые наблюдения характеризуются эпизодичностью, но дают ценную информацию по морфометрии надводной части айсбергов, а также сведения по наблюдению айсбергов до начала регулярных авиационных разведок и в районах, где ледовая авиационная разведка не выполнялась, или они были редкими.

В атлас включены карты, характеризующие районы зарождения айсбергов [1985, Атлас Арктики], карты распределения айсбергов в течение года, подготовленные Клячкиным С.В. и Шведовым Е.Г. Справочный раздел атласа (Раздел 3) подготовлен Абрамовым В.А. и Шведовым Е.Г., текст написан Абрамовым В.А. Описание карт приведено в начале каждого раздела.

Атлас предназначен для предпринимателей, судоводителей, инженеров, ученых и студентов, а также всех интересующихся природными условиями в Арктике.

***Наблюдение айсбергов***

Исторические данные об айсбергах были получены с использованием следующих видов наблюдений:

* авиационные визуальные и инструментальные наблюдения;
* судовые наблюдения;
* стационарные прибрежные наблюдения (полярные станции);
* спутниковые наблюдения.

Продолжительность наблюдений различна в зависимости от моря или даже района моря. Наиболее продолжительные наблюдения за айсбергами относятся к Баренцевому морю и меньше всего данных для Чукотского моря и центральной части Арктического бассейна. В целом, можно отметить, что по видам наблюдений больше всего данных об айсбергах получено при выполнении ледовых авиационных разведок (96%). На долю судовых наблюдений айсбергов приходится около 4% и остальные виды наблюдения не превышают десятой доли процента.

Поэтому имеет смысл дать краткое описание ледовой авиационной разведки, на долю которой приходится большая часть наблюдений айсбергов.

Русские визуальные ледовые разведки в арктических морях сибирского шельфа выполняются более 60 лет c использованием самолетов и в последние десятилетия также и вертолетов. По результатам разведок строились карты распределения льда, на которых также нанесены айсберги. Эти карты и служили основным источником подготовки базы данных об айсбергах. При обнаружении айсберга, ледовые разведчики обычно регистрировали местоположение айсберга или их общее количество (если регистрировалась группа айсбергов), относя их к одной точке и не указывая площадь разброса на акватории моря. В отдельных случаях также определялась форма и геометрические размеры надводной части айсберга. Наблюдатели регистрировали айсберги в бортовых журналах и затем в течение полета данные наносились на карту.

В 1970-х годах в ААНИИ была принята стандартная схема маршрутов ледовых авиационных разведок. Эта схема показана на рис.1 [1981, Руководство...]. Однако, стандартная схема полетов самолетов служила основой и уточнялась наблюдателями в зависимости от конкретной ледовой обстановки и метеорологических условий. При выполнении специальных ледовых авиационных разведок, например, проводка судов, маршрут полета самолета определялся капитаном судна, который давал задание на полет.

Межгодовые изменения количества полетов и наблюденных айсбергов в различных морях приведено в приложении. Границы морей приведены на рис.2. Как следует из таблиц (см. приложение), количество полетов существенно изменялось от года к году и в зависимости от региона. С начала 1990-х годов ледовая авиационная разведка практически прекратилась. В течение года количество полетов также не оставалось постоянным. Обычно зимой их было меньше, по сравнению с летом. Максимум количества полетов приходится на сентябрь, а минимум на декабрь. Следует отметить, что ледовые разведки чаще всего выполнялись в море Лаптевых.

***Анализ техники наблюдений и ее ограничения***

Высота полета на разведке выбиралась с учетом безопасности полета и метеорологических условий наблюдений. Полеты в открытом море или проливах обычно ограничены высотой нижней границы облачности и видимостью. Практически полеты выполнялись на высотах 100-500 м при благоприятных погодных условиях, а в темное время года или сумерках при свете прожекторов самолета на высоте около 100 м. С использованием радара максимальная зона осмотра вдоль пути самолета не превышала 15-20 миль даже при хорошей видимости.

Положение айсбергов определяется относительно расчетного местоположения самолета в момент определения. Если маршрут полета проходит строго над айсбергом, точность его положения относительно самолета зависит от ошибки фиксирования времени и соответствия показаний часов штурмана и наблюдателя. Из опыта установлено, что время пролета айсберга фиксируется с точностью 30 сек, что дает ошибку местоположения около 1.3 мили.

В случаях, когда айсберг находится в стороне от маршрута полета, его местоположение определяется со значительно меньшей точностью. При этом, местоположение айсберга складывается из

оценки направления относительно курса самолета и расстояния до

него. Направление визуально может фиксироваться с точностью 12 град., что составляет 1/6 расстояния. Отсюда, общая ошибка наблюдателя (за счет ошибки расстояния и направления), например, при высоте полета 500 м будет равна: [1967, Бушуев А.В.] 0.6 мили при удалении айсберга на 1.1-2.5 км и 1.5 мили при удалении айсберга на 2.7-5.0 км. С увеличением удаления айсберга больше 5.0 км ошибки резко возрастают и превышают половину измеряемой величины.

С целью выявления ошибок визуального определения позиции айсбергов выполнялось сравнение наблюдений, производимых разными наблюдателями в одних и тех же районах. Средняя квадратическая ошибка определения позиции айсбергов по маршруту полета оказалась равной 2 мили, а для айсбергов, расположенных в стороне от маршрута, достигает 5 миль.

На точность визуального определения положения айсбергов также влияет точность самолетовождения при ледовых разведках. По данным Бушуева А.В. [1967], в таблице 1 представлены суммарные средние квадратические ошибки в определении местоположения айсбергов с учетом ошибок самолетовождения и за счет искажения картографической проекции.

Таблица 1

Суммарные ошибки в определении положения на карте айсбергов, в милях

-----------------------------------------------------------------

Положение айс- Суммарная средняя квадратическая

Характеристика берга относи- ошибка при различной протяженнос-

видимости тельно марш- ти маршрутов, в милях

рута самолета --------------------------------

50 100 200 400 600

-----------------------------------------------------------------

Четко виден На маршруте 2.2 3.8 5.0 6.7 7.9

В стороне на 5.1 5.9 6.8 8.1 9.1

10 миль

Нечетко виден На маршруте 4.1 5.1 6.1 7.6 8.6

В стороне на 10.0 10.6 11.1 11.9 12.6

10 миль

-----------------------------------------------------------------

Таким образом, если принять среднюю протяженность маршрутов при ледовых авиационных разведках между пунктами точной привязки 200 миль, то можно считать, что положение айсбергов на ледовых картах наносилось со средней квадратической ошибкой 5-7 миль при хорошей видимости.

***Словарь терминов***

Айсберг - массивный отколовшийся от ледника кусок пресного льда различной формы, выступающий над уровнем моря более чем на 5 м, который может быть на плаву или сидеть на мели.

Различают следующие формы айсбергов:

* Cтолообразные айсберги обычно имеют преимущественно ровную горизонтальную верхнюю поверхность и прямоугольную или кубическую форму.
* Наклонные айсберги характерны для переходной стадии от столообразной формы к пирамидальной. Такие айсберги напоминают плиту, погруженную одним краем в воду.
* Куполообразные айсберги с понижениями поверхности от центра к краям возникают в результате деформации ледников на склонах гор еще до конца спуска и откалывания айсберга в море.
* Пирамидальные айсберги имеют остроконечную, неправильной формы вершину, большую высоту и сравнительно малые горизонтальные размеры. Может напоминать форму пирамиды или конуса.
* Разрушающиеся айсберги разнообразного вида, подвергшиеся в надводной частях таянию и механическому разрушению. Имеют причудливые и живописные очертания [1994, Бородачев В.Е.].
* Обломок айсберга – это (часть айсберга) кусок льда, возвышающийся над уровнем моря на высоту от 1 до 5 метров и имеющий площадь 100-300 кв метров.
* Кусок айсберга - это кусок плавучего льда материкового происхождения, выступающий менее чем на 1 метр над поверхностью моря и занимающий площадь около 20 кв метров.

Ледяной дрейфующий остров - разновидность айсбергов, возвышающаяся над уровнем моря на 5 м и более, образовавшийся от арктического шельфового ледника острова Элсмир. Может иметь толщину до 50 м и более и площадь до 500 кв.км; обычно имеет волнистую поверхность. Кроме Арктического бассейна, ледяные дрейфующие острова или их обломки наблюдались в морях Лаптевых, Восточно-Сибирском и Чукотском [1974, Бушуев А.В.].

Обломок ледяного дрейфующего острова - часть ледяного дрейфующего острова размером 100 - 500 м в поперечнике.

Ледовый режим - устойчивая последовательность наступления и развития природных ледовых явлений и процессов, отражающая закономерный характер пространственно-временных изменений параметров и показателей ледяного покрова [1994, Бородачев В.Е.].

Сердж ледника – это резкое ускорение его движения, превышающее нормальную скорость течения льда до 100 раз.

**Раздел 1. Общегеографические карты.**

**1.1 Характеристика источников образования айсбергов.**

Согласно оценкам разных авторов, суммарный ежегодный айсберговый сток в Арктике составляет 250 - 470 куб.км [1974,Мировой водный баланс...; 1974, Шелл И.И.]. В рассматриваемом регионе годовая величина айсбергового стока оценивается в 6.3 куб.км. По отдельным островам айсберговый сток распределен неравномерно и эти сведения содержатся в таблице 1.1. Необходимо отметить, что оценки величины айсбергового стока разными авторами существенно отличаются. Так, если по данным Корякина В.С. [1988] на Шпицбергене ежегодно образуется в среднем 5 куб.км айсбергов, то по данным Корснеса Р. [1991,Korsnes R.] айсберговый сток в этом районе составляет 1.65 куб.км. Это различие в оценках объема айсбергов указывает как на сложность проблемы, так и на недостаточное количество полевых измерений. Точное знание обьема айсбергового стока необходимо, так как это позволило бы оценить не только количество айсбергов, зарождающихся в том или ином районе, но и возможные тенденции айсбергового стока в будущем.

Источниками айсбергов в исследуемом регионе являются ледники архипелага Шпицберген, Земли Франца-Иосифа, северного острова Новой Земли, Северной Земли и островов Де-Лонга. Кроме этого, айсберги и ледяные дрейфующие острова заносятся в моря сибирского шельфа из Канадского сектора Арктики.

На архипелаге Шпицберген образуется 1.65 куб.км айсбергов в течение года, что по оценке Р.Корснеса [1991,Korsnes R.] может привести к образованию около 300 айсбергов. По даннным О.Хагена и др.[1991,Hagen J.O.] ледники, от которых могут образовываться наиболее крупные айсберги, способные проникать в Баренцево море расположены в 4-х районах: - проливе Хинлопен; - восточном побережье острова Баренца и острова Эдж; - в Стофьорде (восточное побережье Шпицбергена ); - Северо-Восточной Земле и острове Белый.

Таблица 1.1

Статистическая характеристика оледенения островов.

[1985,Атлас Арктики; 1974,Мировой Водный баланс;

1991, Korsnes R.; 1988, Solheim A.]

-------------------------------------------------------------

Район Площадь Покрыто Обьем Протяж.ледя- Айсберговый

острова, льдом, льда, ных берегов, сток/год,

кв.км кв.км % куб.км км % куб.км

-------------------------------------------------------------

Шпицбер-

ген 60874 35106 57.7 10360 1028 19.9 1.65

Земля Франца-

Иосифа 16134 13735 85.1 2250 2650 51.2 2.26

Новая

Земля 82600 24416 29.6 6800 666 12.9 2.0

Cеверная

Земля 36766 18325 49.8 5500 501 9.7 0.35

о.Ушакова 320 320 100 56 - - 0.02

Остова

Де-Лонга 225 81 36.0 11 - - -

------------------------------------------------------------

В целом 196919 91983 46.7 24977 4845 - 6.28

------------------------------------------------------------

Наблюдения за ледниками Шпицбергена показывает, что большинство из них подвержено серджам. В результате серджа переносится большой обьем льда с более высоких в более низкие части ледника [1991, Hagen J.О.и др.]. Самые большие серджи на Шпицбергене имели место примерно в одно и тоже время: на Негрибринне в 1935-1936 гг, на Брасвеллбринне в 1937-1938 гг, когда фронт ледников соответственно продвинулся на 12 км при ширине фронта 15 км и на 20 км при ширине фронта 30 км. По мнению Корякина В.С. [1988] это было грандиознейшее событие, а норвежские моряки зарегистрировали сотни айсбергов в этом районе. После серджа ледник менее активен и количество зарождающихся айсбергов сокращается. Исследование многолетних изменений баланса масс отдельных ледников [1988,Hagen J.O.и др.] и фронтов более 80 ледников Шпицбергена, выполненное в работе [1991,Hagen J.O.и др.] приводит к выводу о сокращении оледенения Шпицбергена в течение ХХ столетия.

Архипелаг Земля Франца-Иосифа (ЗФИ) по данным "Каталога лед-

ников СССР" насчитывает 191 остров и имеет наибольшую протяженность ледяных берегов. Оледенение островов имеет определенные особенности, заключающиеся в том, что ледники приурочены к юго-западной, южной и юго-восточной окраинам островов. В отличие от Шпицбергена, для ЗФИ не было карт, которые позволили бы уверенно оценить тенденции оледенения архипелага. Тем не менее, основываясь на изучении перигляциальной зоны, Т.Н.Спижарский и несколько позднее П.А.Шумский пришли к заключению о равновесном или даже положительном балансе оледенения архипелага до начала 1950-х годов, когда были проведены оценки. Изменение размеров оледенения ЗФИ за период 1953-1978 гг. показали, что площадь оледенения сокращается. Общее сокращение площади ледников составило 230 кв. км, а запасы льда сократились на 93 куб. км [1988, Корякин В.С.].

Достоверных сведений о серджах ледников ЗФИ нет.

Ледники Новой Земли, также как Шпицбергена и ЗФИ, повсеместно сокращаются в течение ХХ века. Из 33 выводных ледников бассейна Баренцева моря 19 достигают морского побережья. В бассейне Карского моря сформировалось 22 выводных ледника, из которых 14 достигают побережья Карского моря [1988, Корякин В.С.].

Первые сведения о размерах оледенения Северной Земли были получены санной экспедицией Г.А.Ушакова - Н.Н.Урванцева в 1930-1932 гг. [1990, Ушаков Г.А.]. В бассейн Карского моря спускаются 3 языка от ледников на юге о.Комсомолец. В пролив Красной Армии спускаются 6 таких языков и еще 2 языка достигают моря Лаптевых.

В северной части о.Комсомолец имеется ледник Арктический и ледниковая шапка о.Шмидта. Значение айсбергов Северной Земли по-видимому большое, так как они могут иметь большие размеры, выноситься в Арктический бассейн [1955,Зубов Н.Н.], и возможно, через пролив Фрама в Гренландское море.

На трех из пяти островов Де-Лонга находятся небольшие ледниковые шапки. На острове Беннетта находятся три ледниковые шапки и от самой большой из них (ледник Толля) к морю спускается пять выводных языков, из которых 2 на южном побережье острова достигает моря. На острове Генриетты от ледниковой шапки площадью примерно 6 кв.км. к морю спускается единственный выводной язык. На острове Жаннетты ледниковая шапка своим северным краем выходит на отвесный край плато, образуя 60-метровый обрыв [1988,Корякин В.С.].

Айсберги, по-видимому, могут образовываться от выводных ледников о-вов Беннетта и Генриетты.

**1.2 Карты районов зарождения айсбергов**

На общегеографических картах [1985,Атлас Арктики] этого раздела показаны районы зарождения айсбергов (карта 1.2.1) и отдельно выделены острова с указанием на них основных выводных ледников (карты 1.2.2 - 1.2.5), образующих айсберги.

**Раздел 2. Карты распределения айсбергов**

На картах этого раздела приведено распределение айсбергов в Арктике для каждого месяца. Карты иллюстрируют максимальное количество айсбергов, среднее многолетнее количество айсбергов, повторяемость появления айсбергов и на отдельной карте выделены некоторые аномальные случаи наблюдений айсбергов в прибрежных районах.

Для построения этих карт исследуемый регион был разделен на квадраты 100 х 100 км. Затем в каждом квадрате суммировались зарегистрированные айсберги за каждый месяц отдельно для всего периода наблюдений. Из полученных таким образом многолетних рядов для каждого квадрата было найдено максимальное количество айсбергов в каждом месяце за весь период наблюдений (карты 2.1.1 - 2.1.12).

Среднее арифметическое число айсбергов (карты 2.2.1 - 2.2.12) рассчитано делением общего количества айсбергов в каждом квадрате на число случаев регистраций айсбергов.

Повторяемость (%) появления айсбергов (карты 2.3.1 - 2.3.13) рассчитана согласно равенства:

m

p = \_\_\_ х 100 ,

n

где p - относительная частота (повторяемость);

m - число лет появлений айсбергов;

n - число лет наблюдений айсбергов.

На карте 2.4 приведены редкие случаи появления айсбергов в прибрежных районах арктических морей и указана дата наблюдений этих айсбергов.

**Раздел 3. Характеристика айсбергов**

**3.1 Характеристика формы айсбергов**

При производстве авиационных ледовых разведок и судовых наблюдений во многих случаях определялась форма айсбергов. Эти данные были обобщены по отдельным морям, границы которых показаны на рис.2 (см. Введение). Район Земли Франца-Иосифа выделен отдельно. Распределение повторяемости различной формы айсбергов для каждого моря приведено на рис.3.1.1 - 3.1.7. При этом на всех рисунках разновидности айсбергов, повторяемость которых меньше 1%, выделены более крупным масштабом и снабжены дополнительной шкалой по вертикали.

Эти данные показывают, что в исследуемом регионе зарегистрировано 13 разновидностей форм айсбергов. При этом в большинстве случаев во всех морях и Арктическом бассейне наблюдались обломки айсбергов, по размерам не превышающие 5 м высоты, 20 м длины и ширины [1974,Бушуев А.В. и др.]. Объём льда в таком образовании может достигать примерно 10 - 15 тыс.куб.м.

Достаточно часто наблюдатели отмечали столообразные айсберги, характерные для молодых айсбергов, образованных от медленно движущихся ледников. Именно столообразные айсберги могут достигать наибольших размеров, включающих более миллиона куб.м. льда. Таких айсбергов больше всего зарегистрировано в Баренцевом море.

Пирамидальные айсберги также являются характерными для молодых айсбергов, образованных от быстродвижущихся ледников или в период серджа ледника. Эти айсберги обычно имеют большую высоту при сравнительно небольших горизонтальных размерах. В процессе разрушения айсберги могут принимать самую различную форму, в том числе куполообразную и наклонную или могут регистрироваться как разрушающийся айсберг.

В морях Лаптевых, Восточно-Сибирском и Чукотском наблюдаются ледяные дрейфующие острова или их обломки. Объём льда, содержащегося в ледяном острове может достигать 25 - 30 км куб., а в обломке ледяного острова - 0.02 км куб.

**3.2 Размеры айсбергов**

3.2.1 Геометрические размеры надводной части айсбергов

В монографии [1985, Динамика масс снега и льда] отмечается, что размеры айсберга в момент его зарождения зависят от механизма его отрыва от ледника. Лежащий на грунте ледник порождает совсем другие айсберги, чем ледник, фронт которого находится на плаву.

Ледники, концы которых находятся на грунте порождают небольшие айсберги, длина которых обычно меньше, чем толщина ледника или равна толщине ледника. Ледники, у которых длина участка, находящегося на плаву, превышает по крайней мере в 7 раз их ширину, порождают айсберги, ширина которых имеет тот же порядок, что и толщина, а длина может быть несколько больше толщины льда. Айсберг в этом случае имеет форму близкую к кубу или параллелепипеду. При этом, относительное распределение айсбергов по размерам остается неизменным в течение длительного времени, так как факторы, определяющие размеры айсбергов изменяются медленно. Айсберги, имеющие форму близкую к кубу, являются характерными для исследуемого региона.

Активные, трещиноватые приливные ледники, оканчивающиеся в фьордах Шпицбергена обычно продуцируют большое количество небольших айсбергов длиной менее 40 м. Менее активные приливные ледники дают меньшее количество айсбергов, но их размеры больше из-за малой трещиноватости. Согласно Dowdeswell J.A. [1989], крупные ледниковые комплексы в восточной части Шпицбергена продуцируют как небольшое количество крупных столовых айсбергов длиной до 600 м, так и неоднородные по форме небольшие айсберги.

На островах ЗФИ, по результатам исследования Дибнера В.Д. [1955], наиболее крупные айсберги могут зарождаться от ледника, расположенного на Земле Георга.

Оценка размеров айсбергов в одном из фьордов Северной Земли, выполненная по данным аэрофотосьемки [1955, Дибнер В.Д.] показывает, что средняя длина айсбергов составляет 600 м, а ширина 260 м.

Сведения о геометрических размерах надводной части айсбергов, измеренные Г.А.Ушаковым [1990] приводятся в таблице 3.1.При использовании этих данных следует учесть, что размеры айсбергов, приведенные в этой таблице не являются репрезентативными для данного района, так как характеризуют, в основном, грандиозные айсберги, которые встречались во время санных походов Г.А.Ушакову и Н.Н.Урванцеву. Тем не менее эти сведения указывают на то, что от ледников Северной Земли образуются большие айсберги.

Исследование геометрических размеров надводной части дрейфующих айсбергов выполнялось в морских экспедициях в 1989-1991 гг. [1989,1990,Vinje T. и др.]. Статистическая оценка линейных размеров айсбергов по результатам измерений в этих экспедициях была сделана В.А.Абрамовым [1992]. Эти данные приведены в таблице 3.2.

Кроме этого, проанализированы данные геометрических размеров надводной части айсбергов визуальных и инструментальных ледовых авиационных разведок. Результаты этих оценок приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.1

Характеристика айсбергов Северной Земли по данным

экспедиции Г.А.Ушакова-Н.Н.Урванцева в 1931 году.

------------------------------------------------------------

Район Дата Длина Ширина Высота Кол-во Форма Цвет

наблюдения наблюдения м е т р ы айсбергов льда

------------------------------------------------------------

Пролив 4 марта 20 1

Красной 11 марта 1200 4 1 2

Армии 11 марта 12 1 2

11 марта 16 1 2

11 марта 20 1 2

11 марта 21 1 1

15 марта 2100 800 6 1 2

15 марта 20-21 много 2

------------------------------------------------------------

Восточное 8 мая 200 5-6 несколько 4

побережье сотен

о.Комсомолец 8 мая 370 200 20-24 много 1,2

(в зоне 80 21 11 мая 24 1

- 80 38 с.ш.) 12 мая 550 20 много

------------------------------------------------------------

Зал.Журавлева 24 мая 300 19 много 3

Зал.Ковалевс-

кой 24 мая 650 19 2 3

Мыс Анучина 17 мая небольшие айсберги 15

------------------------------------------------------------

Примечание: 1 - наклонный айсберг;

2 - столообразный айсберг;

3 - пирамидальный айсберг;

4 - голубой.

Таблица 3.2

Статистическая оценка геометрических размеров надводной

части айсбергов в Баренцевом море по данным судовых

наблюдений

-------------------------------------------------------

Характеристика Длина,м Ширина,м Высота,м

-------------------------------------------------------

Cреднее 64 46 11

Мода 54 35 6.5

Cредн.квадр.откл. 38 33 6

Коэфф.вариации,% 62 71 58

Максимум 180 160 30

Минимум 5 5 5

Размах 175 155 25

Длина ряда 97 38 87

-------------------------------------------------------

Таблица 3.3

Статистическая характеристика линейных размеров

айсбергов по данным ледовой авиационной разведки,

1983-1991 гг

-----------------------------------------------------------

Характеристика Длина,м Высота,м

-----------------------------------------------------------

Арктический бассейн

Среднее арифметическое 18

Мода 15

Среднее квадр.отклонение 12

Коэффициент вариации,% 67

Максимум 42

Минимум 2

Размах 40

Длина ряда 39

Баренцево море

Среднее арифметическое 103 16

Мода 100 8

Среднее квадр.отклонение 92 10

Коэффициент вариации,% 89 62

Максимум 700 50

Минимум 15 2

Размах 685 48

Длина ряда 81 201

Карское море

Среднее арифметическое 63 9

Мода 40 6

Среднее квадр.отклонение 35 4

Коэффициент вариации,% 56 44

Максимум 150 30

Минимум 20 6

Размах 130 24

Длина ряда 23 42

-----------------------------------------------------------

3.2.2 Осадка айсбергов

Прямых измерений осадки айсбергов немного и все известные нам случаи приводятся в этом разделе. По данным измерений борозд на дне моря, оставленных нижней частью айсбергов южнее Северо-Восточной Земли (о.Шпицберген) с помощью локатора бокового обзора, максимальная осадка айсбергов в этом районе моря составляет около 100 м [1985,Vinje T.E.].

По данным экспедиционных исследований в Баренцевом море имеется 2 случая прямой оценки осадки айсбергов. В первом случае измерения были произведены на айсберге, который разрушаясь в воде лег на бок, а не перевернулся, как это обычно бывает. В результате, имелась возможность оценить соотношение его подводной и надводной частей, которое в данном случае составило 1:7. Таким образом, максимальная осадка айсберга составляет около 80 м. Отметим, что это соотношение получено для столообразного айсберга. В другом случае было выполнено эхолотирование cтолообразного айсберга норвежскими учеными. Его максимальная осадка составила 85 м [1989,Vinje T.E.].

**3.3 Межгодовые изменения количества айсбергов в арктических морях**

Авиационные разведки охватывали определенную площадь обзора вдоль трассы полета. Поэтому, информация о количестве наблюдаемых в течение полета айсбергов является неполной. Имеющиеся данные позволяют оценить плотность айсбергов по трассе полетов самолетов и если принять гипотезу о равномерном распределении айсбергов в исследуемом регионе распространить эти оценки на всю акваторию.

Такой подход позволяет оценить межгодовые изменения количества айсбергов в различных морях.

Для решения этой задачи вначале был выполнен расчет площади, охваченной авиаразведками в данном месяце. При производстве расчетов брались среднестатистические значения скорости самолета, высоты полета, ширины полосы обзора при данной высоте полета, продолжительности авиационной разведки и количество авиаразведок в месяц. Исходя из этих сведений рассчитывалась площадь акватории моря, которая осматривалась при выполнении авиационных разведок за каждый месяц и год. Далее, принимая гипотезу о равномерном распределении айсбергов, возможно произвести расчет количества айсбергов, приходящихся на всю акваторию каждого моря. Таким образом для всего промежутка времени наблюдений за айсбергами было рассчитано количество айсбергов во всем исследуемом районе по годам, приходящееся на квадрат 100 х 100 км. Результаты расчетов приведены на рис.3.3.1 - 3.3.6.

Для удобства пользователей на каждом рисунке приводится таблица, содержащая сведения о ежегодном количестве айсбергов за период наблюдений, приходящихся на площадь 10 тыс.км кв.

**3.4 Межгодовые изменения южной границы распространения айсбергов в арктических морях**

Для исследования многолетних изменений распространения айсбергов в арктических морях использовались сведения о наиболее южной широте появления айсбергов в течение года в любом районе моря. Эти данные в графической форме и табличном виде приводятся на рис.3.4.1 - 3.4.8. Границы морей или районов морей приводятся на рис.2 (см. введение).

**Список литературы**

Атлас Арктики. Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР., Москва, 1985, 204 с.

Бородачев В.Е., Гаврило В.П., Казанский М.М. Словарь морских ледовых терминов. Спб, Гидрометеоиздат, 1994, с.128.

Бушуев А.В., Лощилов В.С. Точность авианаблюдений и картирования морских льдов. Л.,Труды ААНИИ, 1967, т.257, с.84-92.

Бушуев А.В., Волков Н.А., Лощилов В.С. Атлас Ледовых образований. Л.,Гидрометеоиздат,1974, 140 с.

Воеводин В.А. О размерах айсбергов в районе Земли Франца- Иосифа и Шпицбергена. Проблемы Арктики и Антарктики. Вып.39, 1972, с.138-140.

Дибнер В.Д. О происхождении плавучих ледяных островов. Природа, N 3,1955, с.89-92.

Динамика масс снега и льда. Л., Гидрометеоиздат, 1985, 456 с.

Зубов Н.Н. Арктические ледяные острова и характер их дрейфа. Природа, N 2, 1955.

Корякин В.С. Ледники Арктики. М., Наука, 1988, 160 с.

Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли. Л., Гидрометеоиздат, 1974, 640 с.

Руководство по производству ледовой авиаразведки. Л., Гидрометеоиздат,1981,240 с.

Ушаков Г.А. По нехоженой Земле. Л., Гидрометеоиздат, 1990,

с.183-576.

Шелл И.И. Айсберги. Океанографическая энциклопедия. Гидрометеоиздат, 1974, с.12-14.

Abramov V.A. Russian iceberg observations in the Barents Sea, 1933-1990. Polar Research Oslo, 1992, 11(2), 93-97.

Hagen J.O., Liestol O. Long-term glacier mass-balance investigation in Svalbard,1950-88.NP.,N-1330,1991, Oslo, Norway, p.102-106.

Korsnes R. Statistical description and estimation of ocean drift ice environment. Trondheim, Norway, 1991, pp.1-21.

Kvambekk A.S., Loyning T.B., Vinje T. IDAP 90. Russian deployment-field observation and analysis. NP., Oslo, Norway, N-1330,1990, p.41

Lefauconnier B., Hagen J.O., IDAP-89. Analysis of NP photography surging and calving glaciers. NP, Oslo, Norway, 1991, p.127

Solheim A. Glacial geology of the northern Barents Sea, with emphasis on the surge related, ice proximal depositional environment. NP, NR.47, Oslo, Norway, 1988, p.158.

Vinje T. The physical environment Western Barents Sea. NP, Oslo, 1985, p.26.

Vinje T.E. Icebergs in the Barents Sea. Proceedings of the Eighth International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering. The Hague, 1989, pp.139-145.

Vinje T., Jensen H., Johnsen A.S., Loset S., Hamran S.E., Lovas S.M., Erlingsson B. IDAP-89. R/V LANCE deployment Volume 2: Field observation and analysis. NP, N-1330, Oslo, SINTEF-NHL, N-7034, Trondheim- NHL, Norway,1989, p.72

Vinje T.E., Johnsen A.S. IDAP-89. Russian buoy deployment. Volume 1: Field observation and first period analysis. NP, N-1330, Oslo Norway,1989, p.29.

**Приложение**

**Характеристика базы данных айсбергов.**

Данные об айсбергах занесены на персональный компьютер по каждому исследуемому району в виде отдельных массивов. Формат занесения данных включает следующую информацию:

* Порядковый номер записи.
* Дату наблюдения айсберга: Год, месяц и число месяца.
* Географические координаты: Широта и долгота выражена в десятых долях градуса.
* Количество айсбергов: если количество айсбергов превышало единицу, наблюденное число айсбергов заносилось в отдельную графу. Сведения о пространственном разбросе айсбергов в месте их наблюдения отсутствуют.
* Метод наблюдения: Исходя из метода регистрации айсберга можно судить о точности его положения. При авиационных наблюдениях учитывается навигационная точность самолетовождения и не учитываются ошибки наблюдения, картографические ошибки, а также ошибки работы с картой.
* Форма надводной части айсбергов.
* Высота айсберга: Эта величина характеризует расстояние по вертикали от самой высокой точки айсберга до поверхности воды , оцененную визуально или измеренную тем или другим способом при судовых наблюдениях.
* Длина айсберга: Расстояние по горизонтали между двумя точками противоположных сторон айсберга, наиболее удаленных друг от друга.
* Ширина айсберга: Характеризует максимальную ширину айсберга.
* Цвет льда айсберга.

Суммарное количество айсбергов, авиационных разведок и судовых наблюдений за каждый год приведено в табл. 1 - 8.

Таблица 1

Суммарное количество айсбергов (1,3), авиационных разведок (2)

и судовых наблюдений (4) в Баренцевом море.

-------------------- --------------------

Годы 1 2 Годы 3 4

-------------------- --------------------

1936 3 1 1881 5 3

1937 2 1 1899 6 3

1939 1 1 1900 8 3

1940 10 3 1901 8 1

1941 2 2 1902 2 1

1942 8 4 1905 2 1

1943 14 4 1908 15 2

1944 20 4 1910 9 4

1945 22 6 1911 12 4

1946 37 8 1912 4 1

1947 32 9 1913 6 1

1948 73 10 1914 7 3

1949 6 2 1915 13 7

1950 61 13 1916 2 2

1951 167 18 1917 2 1

1952 93 19 1918 4 2

1953 172 20 1919 3 1

1954 156 21 1920 4 2

1955 222 10 1921 5 1

1956 135 29 1922 5 3

1957 119 15 1923 13 7

1958 202 23 1924 14 7

1959 321 25 1925 2 2

1960 714 27 1926 18 7

1961 107 14 1927 5 4

1962 244 25 1928 35 16

1963 196 33 1929 71 24

1964 304 36 1930 26 12

1965 107 27 1931 2 2

1966 373 34 1932 19 10

1967 483 47 1933 11 8

1968 263 51 1934 70 23

1969 174 38 1935 23 13

1970 132 16 1936 10 3

1971 277 43 1937 1 1

1972 225 30 1938 2 1

1973 163 23 1939 7 2

1974 44 8 1940 7 3

1975 23 7 1941 3 3

1976 296 35 1944 6 1

1977 131 28 1945 2 1

1978 151 24 1948 16 6

1979 123 23 1949 3 1

1980 119 14 1956 6 2

1981 100 13 1971 6 1

1982 86 15 1972 1 1

1983 117 19 1980 115 4

1984 215 26 1982 23 2

1985 343 30 1983 21 2

1986 173 23 1984 150 4

1987 884 32 1989 147 22

1988 695 39 1990 121 17

1989 1009 81 1991 55 7

1990 299 27 1992 60 5

1991 711 36 --------------------

1992 8 2 В целом 1193 270

1993 1 1 --------------------

--------------------

В целом 11168 1175

--------------------

Таблица 2

Суммарное количество айсбергов (1,3), авиационных разведок (2)

и судовых наблюдений (4) в проливах Земли Франца-Иосифа.

-------------------- --------------------

Годы 1 2 Годы 3 4

-------------------- --------------------

1936 12 2 1928 4 3

1937 47 7 1932 26 7

1938 5 2 1935 4 2

1939 10 5 1936 9 4

1940 2 2 1937 11 5

1941 16 5 1940 2 1

1942 14 4 1945 1 1

1943 42 6 1956 4 1

1945 3 2 1968 33 2

1946 24 4 1972 5 1

1947 43 10 1983 61 7

1948 10 2 1984 175 5

1949 7 2 1990 35 4

1950 34 4 1992 414 6

1951 92 11 --------------------

1952 273 18 В целом 784 49

1953 420 17 --------------------

1954 452 34

1955 700 18

1956 892 40

1957 813 35

1958 212 27

1959 1089 48

1960 1851 34

1961 226 13

1962 439 27

1963 569 35

1964 936 36

1965 690 44

1966 711 32

1967 750 40

1968 416 36

1969 302 31

1970 953 27

1971 767 33

1972 450 26

1973 581 26

1974 103 8

1975 187 12

1976 412 31

1977 204 33

1978 307 30

1979 786 35

1980 309 18

1981 29 6

1982 126 7

1983 1040 23

1984 860 24

1985 911 28

1986 687 13

1987 2972 34

1988 2846 23

1989 2277 25

1990 66 7

1991 3 1

1992 40 7

--------------------

В целом 29018 1110

--------------------

Таблица 3

Суммарное количество айсбергов (1,3), авиационных разведок (2) и судовых наблюдений (4) в Карском море.

-------------------- --------------------

Годы 1 2 Годы 3 4

-------------------- --------------------

1936 29 5 1930 8 5

1937 4 1 1932 34 8

1938 3 2 1933 82 3

1940 6 2 1934 3 2

1941 14 5 1935 8 6

1943 4 2 1936 5 3

1944 2 1 1937 3 1

1945 29 4 1940 111 2

1946 42 11 1944 1 1

1947 44 8 1945 1 1

1948 60 13 1946 1 1

1949 68 8 1971 2 1

1950 163 20 1980 1 1

1951 312 32 1983 41 3

1952 149 23 1984 24 2

1953 117 22 --------------------

1954 282 26 В целом 325 40

1955 206 18 --------------------

1956 97 21

1957 77 26

1958 145 20

1959 200 33

1960 213 20

1961 33 14

1962 79 14

1963 62 18

1964 124 22

1965 74 17

1966 97 17

1967 134 24

1968 127 30

1969 139 38

1970 378 62

1971 232 54

1972 245 55

1973 151 33

1974 226 38

1975 78 19

1976 107 22

1977 54 21

1978 125 28

1979 90 22

1980 121 32

1981 122 35

1982 86 24

1983 125 32

1984 573 65

1985 651 61

1986 302 44

1987 521 39

1988 261 33

1989 1312 47

1990 90 7

1991 79 9

1993 33 1

--------------------

В целом 9097 1300

--------------------

Таблица 4

Суммарное количество айсбергов (1), авиационных разведок (2) в море Лаптевых.

--------------------

Годы 1 2

--------------------

1950 179 15

1951 411 36

1952 303 15 Таблица 5

1953 408 33 Суммарное количество айсбергов (1)

1954 952 40 и авиаразведок (2) в Восточно-

1955 631 33 Сибирском море.

1956 999 73 --------------------

1957 537 62 Годы 1 2

1958 552 65 --------------------

1959 1243 50 1950 69 4

1960 1417 67 1951 1 1

1961 649 67 1953 1 1

1962 415 36 1954 5 1

1963 282 35 1955 1 1

1964 513 29 1958 3 1

1965 159 23 1959 3 1

1966 132 29 1961 324 20

1967 378 46 1962 104 18

1968 308 29 1963 127 27

1969 403 45 1964 63 13

1970 983 53 1965 142 17

1971 387 44 1966 64 11

1972 295 21 1967 46 12

1973 605 35 1968 3 2

1974 819 38 1969 25 8

1975 317 21 1970 103 22

1976 217 28 1971 76 9

1977 137 15 1972 31 8

1978 248 22 1973 10 6

1979 169 27 1975 2 2

1980 246 19 1977 4 2

1981 63 7 1978 3 1

1982 30 10 1979 1 1

1983 261 18 1981 1 1

1984 599 16 1991 1 1

1985 310 15 --------------------

1986 126 9 В целом 1213 191

1987 313 32 ---------------------

1988 450 29

1989 44 11

1990 145 17

1991 239 5

--------------------

В целом 17874 1320

--------------------

Таблица 6

Суммарное количество айсбергов (1) и авиаразведок ( 2 ) в Чукотском море.

--------------------

Годы 1 2

--------------------

1950 43 3

1951 2 2

1961 147 21

1962 176 14

1963 70 15

1964 4 3

1965 4 2

1967 3 3

1968 1 1

1969 8 2

1970 7 5

1972 1 1

1973 16 10

1974 1 1

1977 1 1

1978 1 1

1979 1 1

--------------------

В целом 486 86

--------------------

Таблица 7

Суммарное количество айсбергов (1,3), авиационных разведок (2) и судовых наблюдений (4) в Арктическом бассейне.

-------------------- --------------------

Годы 1 2 Годы 3 4

-------------------- --------------------

1936 1 1 1928 9 2

1937 17 4 1932 13 5

1939 3 3 1934 1 1

1940 4 2 1935 5 3

1943 34 1 1936 4 1

1946 19 2 1937 1 1

1947 5 5 1944 2 1

1948 10 3 1956 5 1

1949 2 1 1980 50 1

1950 26 11 1983 91 6

1951 31 11 1984 53 1

1952 353 9 1990 17 2

1953 28 14 1991 16 4

1954 707 30 --------------------

1955 288 26 В целом 267 29

1956 58 20 --------------------

1957 101 19

1958 128 15

1959 242 35

1960 185 29

1961 82 17

1962 77 20

1963 99 24

1964 139 26

1965 134 24

1966 254 28

1967 88 19

1968 154 22

1969 119 24

1970 164 25

1971 139 31

1972 170 31

1973 75 17

1974 23 7

1975 73 13

1976 97 21

1977 107 21

1978 55 21

1979 343 34

1980 130 16

1981 10 2

1982 14 3

1983 36 10

1984 529 21

1985 206 39

1986 74 17

1987 233 29

1988 452 30

1989 22 7

1990 293 17

1991 270 12

1992 12 1

1993 1 1

--------------------

В целом 6916 871

--------------------

Таблица 8

Суммарное количество авиационных наблюдений айсбергов в Гренландском и Норвежском морях.

--------------------

Годы Количество

айсбергов

--------------------

1928 1

1946 2

1950 2

1952 5

1953 3

1954 1

1955 7

1957 18

1958 27

1959 13

1960 24

1961 18

1962 3

1963 9

1964 12

1965 6

1966 12

1967 2

1968 8

1970 3

1971 12

1972 6

1973 11

1975 1

1976 6

1977 5

1978 5

1979 9

1980 20

1981 18

1989 1

1990 5

1991 2

-------------

В целом 277

-------------