

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/323009189>

АЙСБЕРГИ И ЛЕДНИКИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ: ИССЛЕДОВАНИЯ ПОСЛЕДНИХ ЛЕТ ЧАСТЬ 2. ДРЕЙФ АЙСБЕРГОВ ПО НАТУРНЫМ ДАННЫМ И РЕЗУЛЬТАТАМ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ВЕРОЯТНОСТНЫЕ ОЦЕНКИ РИСКОВ СТОЛК....

Article · February 2008

CITATIONS

0

READS

87

12 authors, including:



Igor Vladimirovich Buzin

Arctic and Antarctic Research Institute

61 PUBLICATIONS 45 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Andrey Glazovsky

Russian Academy of Sciences

73 PUBLICATIONS 1,139 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



E.A. Skutina

Arctic and Antarctic Research Institute

10 PUBLICATIONS 17 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Work on the PhD thesis [View project](#)



Snow, Water, Ice, Premafrost in the Arctic (SWIPA) [View project](#)

АЙСБЕРГИ И ЛЕДНИКИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ: ИССЛЕДОВАНИЯ ПОСЛЕДНИХ ЛЕТ**ЧАСТЬ 2. ДРЕЙФ АЙСБЕРГОВ ПО НАТУРНЫМ ДАННЫМ И РЕЗУЛЬТАТАМ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ВЕРОЯТНОСТНЫЕ ОЦЕНКИ РИСКОВ СТОЛКНОВЕНИЯ АЙСБЕРГА С ГИДРОТЕХНИЧЕСКИМ СООРУЖЕНИЕМ**

*И.В.БУЗИН¹, А.Ф.ГЛАЗОВСКИЙ², Ю.П.ГУДОШНИКОВ¹, А.И.ДАНИЛОВ¹,
Н.Е.ДМИТРИЕВ¹, Г.К.ЗУБАКИН¹, Н.В.КУБЫШКИН¹, А.К.НАУМОВ¹,
А.В.НЕСТЕРОВ¹, А.А.СКУТИН¹, Е.А.СКУТИНА¹, С.И.ШИБАКИН³*

¹ – ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт

² – Институт географии РАН, г. Москва

³ – ООО «Севморнефтегаз», г. Москва

Данная работа является продолжением статьи «Айсберги и ледники Баренцева моря: Исследования последних лет. Часть 1. Основные продуцирующие ледники, распространение и морфометрические особенности айсбергов» настоящего сборника и посвящена исследованию движения айсбергов, оценкам вероятностей появления айсбергов в районе ШГКМ и столкновения с гидротехническими сооружениями. Кроме того, в работе описывается опыт ААНИИ по реализации методики активного воздействия на айсберги.

Актуальность данной работы обусловлена перспективными проектами строительства гидротехнических сооружений в центральной части Баренцева моря, и в первую очередь – в связи с планами освоения Штокмановского газоконденсатного месторождения (ШГКМ). Опасность воздействия крупного дрейфующего айсберга на добывающую платформу очевидна, и поэтому прогноз движения айсбергов, даже на короткий период, имеет важное прикладное значение.

Накопленный натурный материал и результаты модельных расчетов позволяют выявить основные закономерности движения айсбергов, определить диапазоны изменчивости скоростей их дрейфа и ареалы перемещения.

Вторая часть работы посвящена получению оценок вероятностей появления айсбергов в районе ШГКМ и столкновения айсберга с гидротехническим сооружением.

В третьей части описываются эксперименты, которые проводились во время экспедиционных работ ААНИИ в 2004 и 2005 гг. по реализации методики активного воздействия на айсберги с целью изменения их траекторий методом буксировки, что позволит в будущем включить блок «управления айсбергами» в систему безопасности сооружений в Баренцевом море.

В 2003–2007 гг. во время экспедиционных исследований на НЭС «Михаил Сомов» в Баренцевом море проводились наблюдения за дрейфом айсбергов.

В 2003 г. инструментальные измерения дрейфа группы айсбергов осуществлялись дистанционно с борта судна штатным радиолокатором путем определения дальности и пеленга с дискретностью ~1 ч. Наблюдения с борта охватывали группу айсбергов в радиусе до 10 миль от судна. Точность определения составляла около 200 м.

Радиолокационные наблюдения за айсбергами показали, что столообразный айсберг с горизонтальными размерами 430×190 м и средней высотой надводной части 7 м, массой порядка 3,2–3,6 млн т за исследуемый период дрейфовал с максимальной скоростью около 50 см/с при средней скорости ~15 см/с. Кроме того, выявлено, что крупные айсберги в значительной мере подвержены воздействию прилива, т.к. траектория их движения имела петлеобразный характер с периодом, близким к полусуточному. Коэффициент извилистости движения (отношение длины пути объекта к перемещению) для столообразных айсбергов составил величину 3,1–6,4, в то время как для обломков он был близок к 1,0.

В течение экспедиционных изысканий 2004–2007 гг. измерение скоростей дрейфа айсбергов производилось при помощи автономных буев INMARSAT-C. Точность определения координат составляла ± 50 м. На рис. 1 представлены районы дрейфа айсбергов с установленными буями.

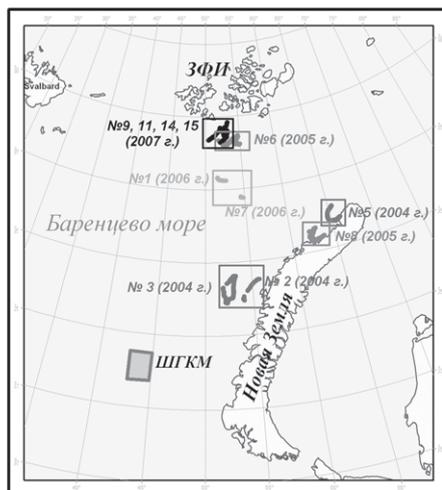


Рис. 1. Районы дрейфа айсбергов с буями INMARSAT-C

Общая продолжительность работы буев, установленных в экспедициях ААНИИ, составила 97,3 сут. Непрерывная продолжительность работы 1 буй не превысила 25,3 сут. Это было связано как с характеристиками объектов, на которые устанавливались буи, так и с тем, что в большинстве случаев район постановки буев являлся критическим с точки зрения работы системы INMARSAT.

Максимальная скорость была зафиксирована в 2005 г. во время дрейфа буй № 8 у побережья арх. Новая Земля и составила 51,3 см/с. Средний модуль скорости дрейфа по сериям наблюдений продолжительностью свыше 5 суток находится в пределах от 9,7 до 17,7 см/с, дисперсия модуля – от 38,9 до 85,4 см²/с².

Ниже на рис. 2 для примера представлены траектории движения айсбергов по данным трех радиобуев, установленных в 2004 г.

Приведенные рисунки, в частности, иллюстрируют синоптическую изменчивость динамики исследуемых объектов. Количественным показателем устойчи-

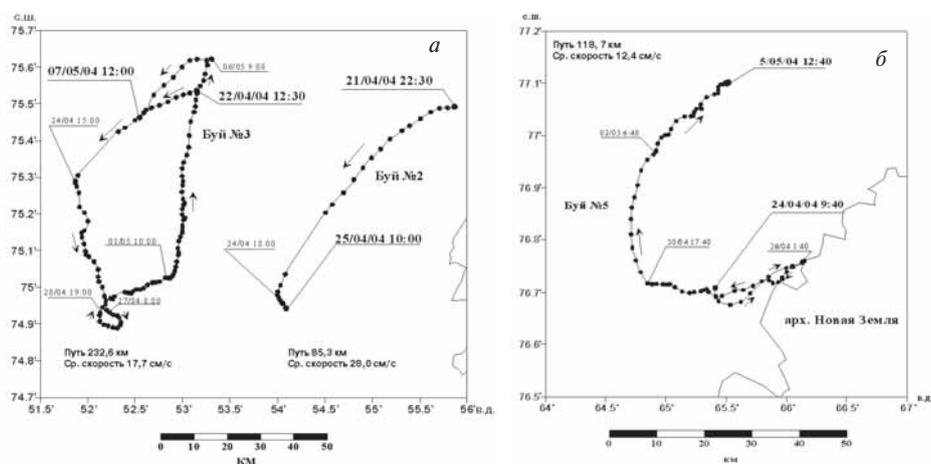


Рис. 2. Схема дрейфа айсберга с буйем № 2 и ледяного поля с вмороженным в него айсбергом с буйем № 3 (а) и айсберга с буйем № 5 (б)

ности дрейфа служит отношение модуля среднего вектора к средней арифметической скорости за рассматриваемый период (коэффициент устойчивости q): если $q > 0,85$ – движение устойчивое, $q < 0,6$ – неустойчивое [4]. Коэффициент устойчивости на различных участках дрейфа составил величину от 0,42 до 0,86, что обуславливалось особенностями атмосферных процессов. Выявлено, что близость берега (буй № 5) существенно влияет на дрейф айсберга.

Проводился гармонический анализ приливных движений айсбергов по методу наименьших квадратов (МНК) по расширенной версии, разработанной в ААНИИ [1]. По выполненным оценкам, в районах наблюдений приливные движения имеют характер круговых (поворот вектора происходит по часовой стрелке, что характерно для глубин более 100 м) и при среднесизигийных условиях не должны превышать 15 см/с. Диаметр циркуляции айсберга под действием прилива может составлять от 800 до 1500 м, в зависимости от астрономических условий.

Одним из основных инструментов, используемых в настоящее время в ААНИИ для расчетов дрейфа айсбергов, является трехмерная гидродинамическая модель [9, 10] с подключенным к ней блоком перемещения айсбергов как автономных объектов без обратной связи. Впервые блок расчета движения айсбергов, включенный в данную модель, представлялся на конференции RAO-95 [2]. Горизонтальный шаг модели составлял 7,5 миль.

При создании модели дрейфа айсберга, следуя [12], мы включили в рассмотрение важнейшие из воздействующих на айсберг сил – влекущее действие ветра и течений различной природы, силу Кориолиса и уклоны уровня.

Воздействие течений на айсберг моделируется как векторная сумма напряжений, возникающих в каждом слое, на которые разделяется жидкость и айсберг, а напряжения рассчитываются согласно квадратичному закону по относительной скорости течения (по отношению к айсбергу).

Включение в гидродинамическую модель моря различных вынуждающих сил (приливов, ветра, бароклинности, расходов через проливы) позволяет учитывать эффект этих сил в суммарном дрейфе айсберга.

Был выполнен ряд расчетов по воспроизведению реально наблюдавшегося дрейфа айсбергов в Баренцевом море. Привлекались данные наблюдений за

движением айсбергов в северной части моря в августе-сентябре 1990 г. [2] и в 2003 г. при проведении экспедиционных работ на НЭС «Михаил Сомов» [7].

Ниже на рис. 3 представлены результаты одного из сравнительных расчетов на протяжении 10 суток (01.09–10.09.1990 г.).

Из рисунка отчетливо видно, что на некоторых участках траектории наблюдаемого и расчетного дрейфа несколько расходятся, но в то же время после десятисуточного дрейфа совпадение конечных точек положения айсбергов следует признать достаточно удовлетворительным. Коэффициент корреляции наблюдаемого и расчетных векторов дрейфа за период в одни сутки составил 0,68–0,86 в течение всей продолжительности перемещения объектов. Отметим, что верификационные расчеты показали – при известных линейных размерах и ориентировочной массе модель вполне удовлетворительно воспроизводит движение айсбергов в течение достаточно длительного периода.

С помощью описанной модели был проведен ряд экспериментов, суть которых состояла в моделировании движения айсбергов с различными массогабаритными характеристиками на акватории Баренцева моря под воздействием внешних вынуждающих сил, основными из которых являются ветер и прилив.

Модельная область, состоящая из 133×105 ячеек, включала в себя акваторию Баренцева моря, ограниченную с запада о. Шпицберген, с востока проливом Карские Ворота и с севера проливом между Шпицбергом и архипелагом Земля Франца-Иосифа. Пространственный шаг модели составлял 7,5 миль. Вертикальное разрешение в толще воды обеспечивалось 18 горизонтами: 2,5, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 500 и 600 м. «Баротропный» шаг по времени равнялся 120 с, а «бароклиный» – 3600 с.

Для расчета полей суммарных скоростей течений на жидких границах области задавался уровень в виде суммы гармонических колебаний основных приливных волн: M_2 – лунной главной; S_2 – солнечной главной, K_1 – лунно-солнечной деклинационной; O_1 – лунной главной. Параметры данных волн взяты из расчетов приливов на полной сеточной области Северного Ледовитого океана с аналогичным шагом. Условие, при котором изменение уровня на жидких границах вызывается только приливом, несомненно, вызывает некоторые искажения динами-

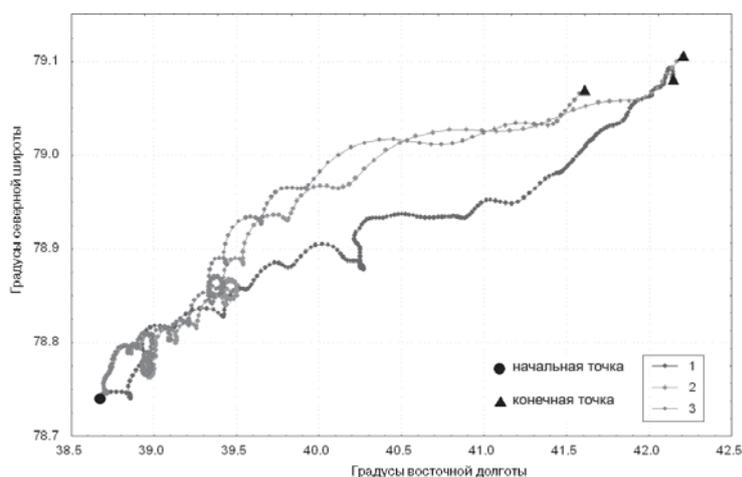


Рис. 3. Расчетные и наблюдаемая траектории дрейфа айсбергов (01.09–10.09.1990 г.): 1 – буй № 1795; 2 – расчетный айсберг массой 974,1 тыс. т; 3 – расчетный айсберг массой 3334,7 тыс. т

ческих характеристик в непосредственной близости от границы из-за неучета ветровой составляющей, но, как показала практика предыдущих расчетов, в центральных частях расчетной области данные возмущения минимальны.

При проведении модельных расчетов в качестве формы айсбергов была выбрана призма с эллиптическим основанием. Модельный эксперимент проводился для 10 айсбергов с массой от 9,6 до 8150,5 тыс. т. Начальной точкой выброса айсбергов являлась область в окрестностях Земли Вильчека (остров в архипелаге Земли Франца-Иосифа), ледник которого предположительно является продуцентом крупных айсберговых образований, представляющих наибольшую угрозу для технических сооружений в открытой части Баренцева моря. Координаты данной точки: $\varphi = 79,72184^\circ$ с.ш., $\lambda = 53,36120^\circ$ в.д. Исходя из предпосылки о времени выброса, датированной окончанием летнего периода, за точку начального отсчета выбрано 1 сентября 2002 г. Общая продолжительность расчетов – 8 месяцев (01.09.2002–30.05.2003 гг.).

Траектории движения айсбергов по результатам модельных расчетов приведены на рис. 4.

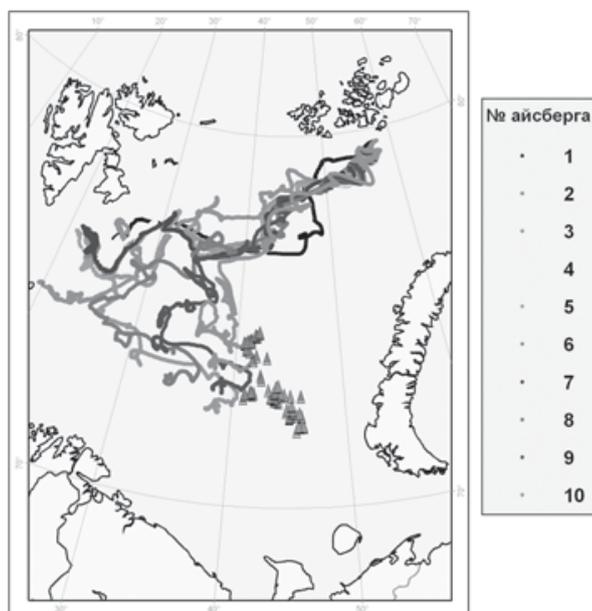


Рис. 4. Траектории движения айсбергов по результатам модельных расчетов за период сентябрь 2002 – май 2003 г. Показано местоположение айсбергов, зафиксированных в мае 2003 г.

По направлению перемещения выделяются три группы айсбергов. Первая группа – айсберги с массой до 100 тыс. т, которые двигались в западном направлении, их осадка не превышала 40 м. На юго-запад перемещались два айсберга с массой свыше 900 тыс. т, и айсберг массой 270 тыс. т. В южном направлении сместились айсберги массой 326 тыс. т (№ 6), 933 тыс. т (№ 7), 8150 тыс. т (№ 10). По оценкам, проведенным во время экспедиционных работ 2003 г., встреченный в районе ШГКМ самый крупный айсберг имел массу около 3670 тыс. т. Модельные расчеты показали, что дрейф крупных айсбергов, образовавшихся из ледников архипелага Земля Франца-Иосифа, в сентябре 2002 г. – мае 2003 г. происходил преимущественно в юго-западном и южном направлениях и существовали все предпосылки к проникновению данных объектов в район ШГКМ, где они и были зафиксированы в мае 2003 г. в ходе выполнения экспедиционных работ ААНИИ.

Для добывающих платформ, расположенных в районах, подверженных воздействию дрейфующих льдов и айсбергов, особую важность представляет оценка возможности столкновения крупного ледяного образования с сооружением. Таким районом является район Штокмановского ГКМ, для которого была поставлена и решена указанная задача.

Для оценки опасности столкновения айсберга с шельфовым сооружением необходимо иметь сведения о вероятности попадания айсбергов в некоторую прилегающую область, кроме того, необходимо знать параметры дрейфа айсбергов [11, 3]. Параметры дрейфа были получены на основе модельных расчетов (раздел 3).

Применительно к задаче оценки риска столкновения айсберга с гидротехническим сооружением в районе ШГКМ модельные расчеты движения айсбергов выполнялись для шести периодов: май–июль 1972 г. (50 айсбергов), апрель–июнь 1987 г. (30 айсбергов), январь–март 1989 г. (210 айсбергов), февраль–апрель 1989 г. (50 айсбергов), декабрь 1989 – февраль 1990 г. (40 айсбергов), май–июль 2003 г. (500 айсбергов). Общее количество айсбергов, для которых выполнялся расчет, составило 880 штук. Область моделирования дрейфа айсбергов была ограничена координатами по широте $72^{\circ} 15'$ с.ш. и $74^{\circ} 30'$ с.ш., по долготе – $39^{\circ} 00'$ в.д. и $48^{\circ} 00'$ в.д. Расчет проводился до тех пор, пока айсберг находится в выбранной области, плюс неделя после выхода за границы. Массогабаритные характеристики и начальное положение моделируемых айсбергов определялись случайным образом.

В ряде случаев айсберги в период расчета не выходили за пределы выбранной области. В 90 % случаев коэффициент извилистости (отношение пути к перемещению) траекторий дрейфа айсбергов не превышает 6.

Как указывалось выше, для расчетов также необходимы оценки распространения айсбергов в выбранной области. Площадь выделенного района составляет величину порядка 80 тыс. км². Согласно данным наблюдений, охватывающим период 1928–1992 и 2002–2005 гг., айсберги на акватории, прилегающей к району, отмечались в течение 11 лет (1967, 1968, 1971, 1972, 1975, 1981, 1986, 1987, 1989, 1991 и 2003 гг.). Общее количество фиксаций – 220. В 112 случаях помимо местоположения айсбергов была установлена их форма. Количество айсбергов, наблюдаемых в течение года, изменялось значительно. Это приводит к большому разбросу плотности айсбергов на выделенной акватории. Среднее количество айсбергов в районе составляет 18,4 (1 айсберг на 4,3 тыс. км²), максимальное количество достигает 122 (1 айсберг на 656 км²).

Приняв независимость количества айсбергов, обломков айсбергов и кусков айсбергов и частоты их появления в районе ШГКМ, можно сделать следующие оценки:

– вероятная встреча с хотя бы одним айсбергом в рассматриваемом районе составляет 26 %;

– вероятность встречи не менее 2-х айсбергов составляет 15 % (аналогично, встреча не менее 4-х айсбергов – 13 %, не менее 6 – 10,8 %, более 70 – 4,5 % и, наконец, более 120 айсбергов – 2,3 %).

Таким образом, раз в 4 года возможно появление одного айсберга в районе ШГКМ, а раз в 50 лет возможно нахождение в районе порядка 140 айсбергов. Экстраполяция дает значение 1 раз в 100 лет – 145 айсбергов [11].

Кроме распространения айсбергов, необходимо оценить распределение айсбергов по формам и размерам. На рис. 5 приведено распределение зафиксированных в исследованном районе айсбергов по форме [13].

Результаты наблюдений показывают, что в рассматриваемом районе ($72^{\circ} 15'$ с.ш. – $74^{\circ} 30'$ с.ш.; 39° в.д. – 48° в.д.) отмечено 4 вида айсбергов. Наиболее часто (71 %) в этом районе наблюдались обломки айсбергов. На долю столообразных

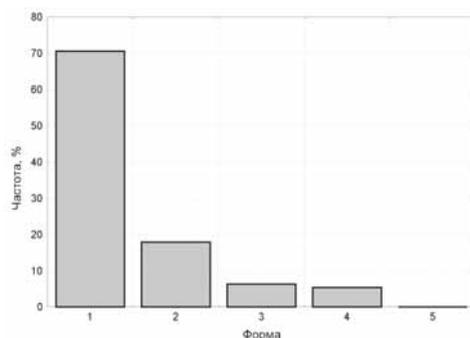


Рис. 5. Распределение повторяемости форм айсбергов, зафиксированных в районе ШГКМ (72° 15' с.ш. – 74° 30' с.ш.; 39° в.д. – 48° в.д.) по данным за 1928–1992, 2002–2005 гг.: 1 – обломки айсберга; 2 – столообразный айсберг; 3 – кусок айсберга; 4 – пирамидальный айсберг; 5 – прочие формы айсбергов

айсбергов приходится около 18 % всех фиксаций, на долю кусков айсбергов и айсбергов пирамидальной формы – 6 % и 5 % соответственно. Таким образом, в данном районе, как и на всей акватории Баренцева моря, преобладающей формой айсбергов являются обломки и куски айсбергов (около 80 %).

Для оценки вероятности столкновения айсберга с гидротехническим сооружением использовалось три методики, применявшиеся ранее для решения подобных задач [5, 6, 8]. Данные методики условно можно определить как: 1) метод дискретных ячеек, 2) метод случайных блужданий, 3) метод фрактальных размерностей.

По методике № 1 событие нахождения айсберга и платформы в одной ячейке 1×1 км имеет повторяемость 1 раз в 81 год. Практически это можно считать столкновением с учетом размеров сооружения и айсберга.

Методика № 2 оценивает возможность сближения между центрами айсберга и сооружения менее чем на 1 км раз в 91 год.

Расчеты по методике № 3 показывают, что для сооружения 200×200 м вероятность столкновения составит 105 лет.

По различным методикам мы имеем период повторяемости интересующего нас события приблизительно 80–100 лет. Как сказано выше, подавляющую часть зафиксированных айсбергов составляют обломки и куски, иными словами (согласно «Номенклатуре морских льдов») – айсберги, высота которых над уровнем моря не превышает 5 м, площадь по ватерлинии – 300 м², масса – 11 тыс. т. Исходя из этого, можно сделать вывод, что повторяемость столкновения сооружения с достаточно крупным айсбергом, т.е. объектом, превышающим по своим массогабаритным характеристикам обломки и куски айсбергов, составит величину порядка 400–500 лет.

В качестве рабочей концепции при проектировании надводных сооружений для освоения Штокмановского месторождения предполагается, что, возможно, потребуются реализовать комплекс организационно-технических мероприятий, направленных на предотвращение воздействия айсбергов на эти сооружения. Как свидетельствует опыт защиты от айсбергов шельфовых сооружений в канадской Арктике, одним из наиболее эффективных методов такой защиты является активное воздействие на айсберг методом буксировки или «сталкивания» его с расчетной траектории на расстояние, при котором во время дальнейшего дрейфа под влиянием ветра и течений он заведомо минует сооружение. В экспедициях ААНИИ



Рис. 6. Буксировка айсберга массой 160 тыс. т

2004 и 2005 гг. были выполнены эксперименты по активному воздействию на айсберги. Если в 2004 г. НЭС «Михаил Сомов» успешно изменил траекторию айсберга на чистой воде, масса которого была соизмерима с массой судна, то в 2005 г. буксировке подвергся айсберг, масса которого превышала 160 тыс. т (рис. 6). Айсберг был заморожен в поле однолетнего тонкого льда толщиной 40–50 см торосистостью 2 балла.

Перед началом буксировки была выполнена топографическая съемка его надводной поверхности, сонарная съемка подводной части айсберга и ее обследование с помощью подводного управляемого аппарата. Для учета внешних факторов были выполнены измерения скорости и направления дрейфа айсберга, океанологические и метеорологические наблюдения и др. Была проведена авиаразведка, которая включала стереосъемку айсберга для последующего получения детальной информации о геометрии его надводной поверхности.

В целом выполнявшиеся в рамках экспедиционных работ ААНИИ эксперименты по буксировке айсбергов в натуральных условиях Баренцева моря позволили получить новые данные, полезные для совершенствования методов активной борьбы с айсбергами. Представляется, что продолжение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в данном направлении в сочетании с усвоением и развитием зарубежного опыта является наиболее перспективным направлением обеспечения защиты от айсберговой опасности при разработке Штокмановского газоконденсатного месторождения.

В результате выполненного исследования определены круг первоочередных задач по проблеме, рассмотренной в данной работе:

- разработка модели движения айсбергов с учетом таяния и разрушения, живучести айсбергов;
- оценки рисков и экологической безопасности в целом для добывающего комплекса ШГКМ;
- проведение экспериментов по активной борьбе с айсбергами как часть ледового менеджмента при обустройстве и эксплуатации месторождений в Баренцевом море.

Авторы выражают благодарность руководству ООО «Севморнефтегаз» за финансирование экспедиционных работ и поддержку при продвижении результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Войнов Г.Н. Приливные явления в Карском море. СПб.: Изд. Русского географического общества, 1999. 109 с.
2. Дмитриев Н.Е., Поляков И.В. Трехмерная гидродинамическая модель дрейфа айсбергов в Баренцевом море: Тезисы II-й международной конференции RAO-95. СПб., 1995. С. 165–166.
3. Ледяные образования морей западной Арктики / Под ред. Г.К.Зубакина. СПб.: ААНИИ, 2006. 272 с.
4. Лосев С.М., Горбунов Ю.А. О флюктуационных движениях льдин в зонах редкого и разреженного льда // Тр. ААНИИ. 1978. Т. 354. С. 28–37.
5. Наумов А.К., Зубакин Г.К., Гудошников Ю.П., Бузин И.В., Скутин А.А. Льды и айсберги в районе Штокмановского газоконденсатного месторождения // Труды RAO-03. 16–19.09.2003. СПб., 2003. С. 337–342.
6. Наумов А.К. Распределение айсбергов в районе Штокмановского ГКМ и оценки столкновения айсберга с платформой // Тр. ААНИИ. 2004. Т. 449. С. 140–152.
7. Dmitriev N.Ye., Voinov G.N., Gudoshnikov Yu.P., Nesterov A.V., Skutin A.A. Study of the Dynamics of Icebergs of the Barents Sea // Proc. of the 18th Int. Conf. Port and Ocean Eng. under Arctic Conditions (POAC'05) 26–30.06.2005, Potsdam, NY, USA. 2005. Vol. 2. P. 521–530.
8. Mathiesen M., Lovas S.M., Vefsnmo S. Iceberg Collision – Risk Analysis // Report on Project № 605254. 1992. 42 p.
9. Polyakov I.V., Kulakov I.Yu., Kolesov S.A., Dmitriev N.Ev., Pritchard R.S., Driver D., Naumov A.K. Coupled Sea Ice-Ocean Model of the Arctic Ocean // Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineers. 1998. Vol. 120. P. 77–84.
10. Polyakov I.V., Kulakov I.Yu., Kolesov S.A., Naumov A.K., Dmitriev N.Ev. Coupled ice-ocean dynamics model of the Kara Sea // Tech. Rep. 4-YA-94. Arctic and Antarctic Research Institute. 1994. 194 p.
11. Scientific Technical Report on the project, «Glacial ice features (icebergs, bergy bits and growlers)» Saint-Petersburg, AARI. 2006. 79 p.
12. Sodhi D.S., El-Tahan M. Prediction of an iceberg drift trajectory during a storm // Annals of Glaciology. 1980. Vol. 1. P. 77–82.
13. Zubakin G.K., Naumov A.K., Skutina E.A. Spreading and morphometric peculiarities of icebergs in the Barents Sea // Proceedings of 18th IAHR International Symposium on ice (IAHR-2006), 28 August – 01 September. Sapporo, Japan, 2006. P. 79–87.

I.V.BUZIN, A.F.GLAZOVSKY, YU.P.GUDOSHIKOV, A.I.DANILOV, N.E.DMITRIEV,
G.K.ZUBAKIN, N.V.KUBYSHKIN, A.K.NAUMOV, A.V.NESTEROV, A.A.SKUTIN,
E.A.SKUTINA, S.I.SHIBAKIN

ICEBERGS AND GLACIERS OF THE BARENTS SEA: RESEARCHES OF THE RECENT YEARS.

PART 2. DRIFT OF ICEBERGS ACCORDING TO THE FIELD DATA AND RESULTS OF MODELING; PROBABILISTIC ESTIMATES OF RISKS OF THE ICEBERG AND HYDROTECHNICAL STRUCTURE COLLISION

This study continues the article «Icebergs and glaciers of the Barents Sea: researches of the recent years. Part 1. Main producing glaciers, propagation and morphometric characteristics of icebergs» which is included in the present volume and devoted to the icebergs motion, estimates of their appearance in the SGCF region and risks of collision with hydrotechnical structures. Besides, the study describes AARI experience in methods of the active icebergs management.