



ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ ДРЕЙФА АЙСБЕРГОВ, ВКЛЮЧАЯ ВОЛНОВОЙ ЭФФЕКТ

A STOCHASTIC MODEL OF ICEBERG DRIFT INCLUDING WAVE EFFECT

Марк Павек 1, Эдмонд Кош 2

1 Актимар (Франция)

2 Тоталь (Франция)

РЕЗЮМЕ

Представлена новая модель дрейфа айсбергов, которая прогнозирует кратковременный дрейф айсбергов, на основе расчета сил, действующих на объект. Предложено определение волнового воздействия и показано, что оно в некоторых случаях дает возможность произвести более точный расчет дрейфа. В вероятностный прогноз включен в модель на случай, если придется иметь дело с неопределенностями, обусловленными различными параметрами рассматриваемой проблемы, как например, величины влияния внешних воздействий, гидродинамические коэффициенты, размер и форма объекта, и другие. Эффективность модели была проверена с помощью массива данных о перемещении айсбергов, полученных в Канадских водах с 1983 по 1984 год. Эти испытания подчеркнули необходимость точного прогнозирования дрейфовых течений и важность учета волновых сил.

ВВЕДЕНИЕ

В полярных широтах дрейфующие айсберги

Marc Pavéc 1, Edmond Coche 2

1 Actimar (France)

2 Total (France)

INTRODUCTION

In Arctic regions, drifting icebergs represent a very dangerous hazard for navigation, and indeed for offshore structures. To ensure safe operation, an iceberg management plan must be developed; covering iceberg detection to iceberg towing or platform evacuation. One important part of the plan is the iceberg drift forecast. Further to a review of existing drifting models, TOTAL have decided to develop and test a new numerical model that includes wave forces and a stochastic approach.

In previous models, wave effect was often taken into account via a slightly over-estimated wind effect, assuming that waves are only driven by local winds (see Smith [1993] for example). Masson [1991] proposed an hydrodynamic approach to the estimation of wave effect, assimilating the iceberg to a cylinder and computing the transfer function of the object. A similar approach will be generalized here. The new iceberg drift model has been written following the classic rules of drifting problems. The principle is to estimate as best as possible the forces that act on the iceberg, and to compute a trajectory during the

представляют весьма серьезную угрозу для судоходства и морских сооружений. Для обеспечения безопасности навигации необходимо разработать план контроля за образованием и движением айсбергов, включающий обнаружение айсбергов, их буксировку или эвакуацию платформы.

Важной составной частью этого плана является прогнозирование дрейфа айсберга. В дополнение к обзору уже существующих моделей дрейфа, Тоталь решила разработать и опробовать новую численную модель, основанную на вероятностном подходе и учитывающую силу удара волн. В предшествующих моделях, волновое действие часто учитывалось через посредство слегка завышенного значения ветровой нагрузки, при условии, что волны вызываются только местными ветрами (Смит [1993]).

Мэссон (1991) предложил гидродинамический метод оценки волнового эффекта, сравнив при этом айсберг с цилиндром и рассчитав передаточную функцию объекта. В обобщенном виде сходная методика использована и в данном случае. Новая модель дрейфа айсберга была разработана по классическим канонам проблем, связанных с дрейфом. Основная идея в том, чтобы определить как можно лучше силы, действующие на айсберг, и рассчитать траекторию его движения в течение нескольких часов, используя для этого океанические процессы и метеорологические прогнозы. Влияние неопределенности на формулирование этих сил принимается во внимание через вероятностный подход; модель позволяет рассчитать зоны вероятности вместо единичной траектории.

Правильность этой модели была подтверждена целым рядом замеров дрейфа, которые были проведены в июне месяце в 1983 и 1984 году в канадских водах. Данные этих замеров используются для проверки точности модели и оценки воздействия каждого параметра на дрейф.

В первом разделе дается краткое описание уравнений, в которых решается данная модель и численный алгоритм. Второй раздел посвящен обоснованию правильности модели на основании имеющихся результатов испытаний и в третьем разделе представлен вероятностный подход, реализованный в программе.

■ ■ ФОРМУЛИРОВАНИЕ МОДЕЛИ

Основная идея

Цель разработки модели – прогнозирование дрейфа айсберга, исходя из оценки его размеров и массы с использованием факторов окружающей среды.

Дрейф айсберга является результатом воздействия на него:

- Силы сопротивления течению (F_c)
- Силы сопротивления ветра (F_w)
- Силы удара волны (F_{wav})

course of a few hours using oceanic and meteorological forecasts. The uncertainties on the formulation of these forces are taken into account via a stochastic approach; the model computes areas of probability instead of a single trajectory. The model is validated using a series of drift measurements carried out during the months of June 1983 and 1984 in Canadian waters. This data is used to test the accuracy of the model and to estimate the impact of each parameter on the drift.

In the first section we describe briefly the equations solved by the model and the numerical scheme. Section 2 is devoted to the validation of the model on the available test cases, and in section 3, we present the stochastic approach that is implemented in the code.

■ ■ MODEL FORMULATION

Principle

The aim of the model is to predict the drift of an iceberg, knowing an estimation of its shape and mass and using environmental factors.

The drift is a result of:

- Current drag force (F_c)
- Wind drag force (F_w)
- Wave force (F_{wav})
- Inertia and Coriolis forces (F_m)

The model numerically solves the movement equation (eq. (1)) to compute the location of the iceberg.

$(m + m_a)$

d^2X

$$dt^2 = F_c + F_w + F_{wav} + F_m \quad (1)$$

where m stands for the mass of the iceberg, m_a for the added mass, and X for its position. m_a is usually taken to be half of m . All the terms in this equation are two-dimensional vectors. We use a fourth-order RungeKutta scheme with adaptive time-step to integrate the equation in time.

Another equation could have been included in the system to compute the yaw of the object. Such a calculation requires having a good knowledge of the shape of the object to be accurate. Furthermore, the formulation of the problem can be very complex, because without using a damping term, we obtain a permanent rotation of the iceberg which is not realistic. And since the choice of the damping coefficient is often arbitrary, it incorporates another source of uncertainty in the model. So we consider that given the lack of details on the precise shape of the iceberg and the number of uncertainties that already exist, it is not significant to include the yaw motion of the iceberg in the calculation at this stage of development.

Drag forces

The classical formulation of drag forces is used: for the

- Инерция и кориолисовых сил (F_m)

В модели численно решается уравнение движения (1) для расчета местоположения айсберга

$$(m + m_a) \frac{d^2X}{dt^2} = F_c + F_w + F_{wav} + F_m \quad (1)$$

где m - масса айсберга, m_a — присоединенная масса, а X означает его положение. m_a обычно принимается равной половине m . Все члены этого уравнения двумерные векторы. В нашей модели используется метод Рунге-Кутты четвертого порядка аппроксимации с адаптивными временными тактами для интегрирования уравнения по времени. Можно было включить в систему еще одно уравнение с тем, чтобы рассчитать отклонение объекта от направления движения. Для такого расчета, чтобы он был точным, требуется хорошее знание формы объекта. Кроме того, усложняется формулирование проблемы, поскольку, если не использовать демпфирующий член, то мы получим постоянное круговое движение айсберга, а это уже нереально. А раз выбор коэффициента демпфирования часто является делом произвольным, то в модель вносится еще один источник неопределенности. Поэтому мы считаем, что при отсутствии подробных данных о точной форме айсберга и учитывая количество существующих неопределенностей, несущественно включать в расчет отклонение от установившегося движения айсберга на данном этапе разработки.

Силы сопротивления движению

Используется классическая формулировка сил сопротивления движению: для силы сопротивления ветра, проецируемого в направлении x и y , выражение принимает вид:

$$F_w = \frac{1}{2} C_w S_w \|u - u_w\|^2 \begin{pmatrix} \cos \theta_w \\ \sin \theta_w \end{pmatrix}$$

где u_w - скорость ветра, а θ_w - угол падения ветра. Для силы сопротивления течения, в программе используются вертикальные профили, а не отдельные значения течения. Поэтому для получения конечного усилия нам придется суммировать долевое участие каждого слоя

$$F_c = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n C(k) S_c(k) \|u - u_c(k)\|^2 \begin{pmatrix} \cos \theta_c(k) \\ \sin \theta_c(k) \end{pmatrix}$$

где n - количество слоев, а $u_c(k)$ - скорость течения в k -слое.

Учитывая, что отклонение от установившегося направления движения не принимается во внимание в расчете, поверхности S_w и S_c должны представлять собой "среднюю поверхность",

wind drag force, in projection on the x and y directions, the expression is simply:

$$F_w = \frac{1}{2} C_w S_w \|u - u_w\|^2 \begin{pmatrix} \cos \theta_w \\ \sin \theta_w \end{pmatrix}$$

where u_w is the wind speed and θ_w is the wind incidence angle. For the current drag force, the code does not use a single value of current, but vertical profiles. So we have to sum the contribution of each layer to obtain the resulting effort:

$$F_c = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n C(k) S_c(k) \|u - u_c(k)\|^2 \begin{pmatrix} \cos \theta_c(k) \\ \sin \theta_c(k) \end{pmatrix}$$

where n is the number of layers and $u_c(k)$ the current speed at the k th layer. Given the fact that yaw motion is not taken into account in the calculation, the surfaces S_w and S_c must represent a "mean surface" exposed to wind and currents. The drag coefficients are usually equal to 1.

Wave effort

Let L the wavelength of the considered wave motion and λ a characteristic length of the iceberg. In the theory of wave-drifting objects, two asymptotic limits are usually considered (see Molin [2002]):

- L/λ is small: the body is small compared to the wavelength: it undergoes vertical oscillations but the drift is not significant.
- L/λ is not negligible: the body spans a large part of the wavelength, or spans several wavelengths. When this value becomes large, the drift force reaches an asymptotic limit and does not depend on the wavelength. Wave-induced drift can be numerically estimate:

Figure 1: Wave-induced force for two truncated cones of upper radius (R) 50m. The dashed line is for a lower radius of 35m and draft of 110m, the other for a lower radius of 13m and draft of 125m. mated for simple geometric shapes. Figure 1 presents the wave-induced drift

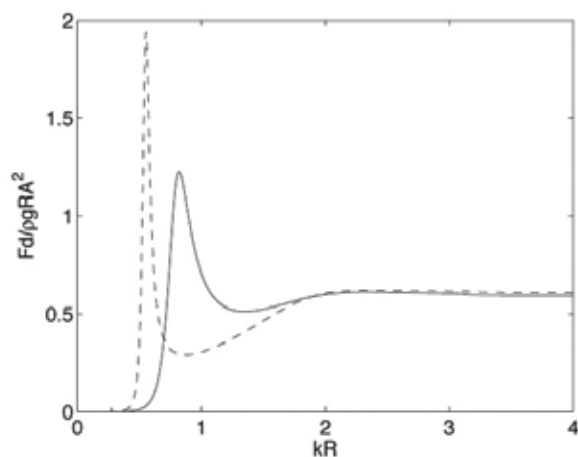


Рисунок 1 - Figure 1

подвергшуюся воздействию ветра и течений. Коэффициенты сопротивления обычно равняются 1.

Сила воздействия волны

Допустим, что длина волны рассматриваемого волнового движения, а λ характеристическая длина айсберга. В теории, изучающей объекты, дрейфующие под действием волн, обычно рассматриваются два асимптотических предела (см. Молин [2002]):

- L/λ -малая величина: объект мал по сравнению с длиной волны: он совершает колебательные движения в вертикальной плоскости, но его дрейф незначителен.
- Величина L/λ уже не является ничтожно малой: объект охватывает большую часть длины волны или несколько длин волн. Когда эта величина становится большой, сила дрейфа достигает асимптотического предела и уже не зависит от длины волны. Дрейф, вызванный волнами, можно количественно рассчитать для простых геометрических форм.

Рисунок 1: Волновая сила для двух усеченных конусов с верхним радиусом (R) 50 м. Пунктирной линией обозначен нижний радиус 35 м и осадка 110 м, другой линией - нижний радиус 13 м и осадка 125 м.

На рис.1 представлен индуцированный волнами дрейф, рассчитанный для различных усеченных конусов с верхним радиусом $R = 50$ м. Асимптотическая величина дрейфа достигается примерно при $kR = 2$, где k - волновое число. Исходя из длины волн, она эквивалентна $R > \lambda/\pi$. Подобная методика была использована Мэссоном [1991], где айсберги изображались в виде усеченных цилиндров. Аналогичный предел $kR = 2$ уже определен для небольших объектов. Асимптотический предел 0.6, встречающийся в данной работе, обусловлен конусообразной формой объектов. Для цилиндра теоретическая величина равна $2/3$. В глубоких водах хороший расчет длины волны можно получить из $\lambda = gT^2/2\pi \approx 1.56T^2$ где T означает период волны. Для морских волн с периодом 6 секунд длина волны будет тогда равна 56 метрам. Таким образом, айсберги с радиусом больше 18 м будут испытывать воздействие асимптотической

estimated for different truncated cones of the upper radius $R = 50$ m. The asymptotic value of the drift is reached approximately for $kR = 2$, where k is the wave number. In terms of wavelengths, it is equivalent to $R > \lambda/\pi$. A comparable approach was used in Masson [1991], where icebergs were represented by truncated cylinders. A similar limit of $kR = 2$ was already found for smaller objects. The asymptotic limit of 0.6 found here is due to the conic shape of the objects. For a cylinder, the theoretical value is $2/3$. In deep waters, a good estimation of the wave-length is given by $\lambda = gT^2/2\pi \approx 1.56T^2$, where T is the wave period. For sea waves of 6 seconds periods, this gives a wavelength of 56 meters. So, icebergs with a radius greater than 18 m will experience the asymptotic wave-induced force in such a sea state.

Additional forces

Given the mass of the studied objects, we have to include inertia and coriolis forces in the equation, they are expressed as follows:

$$F_i = m \frac{dU}{dt} \quad (4)$$

$$F_{co} = mk \wedge U \quad (5)$$

where U is the total speed of the iceberg.

FIRST TESTS

Presentation of test cases

The data we use to validate our model comes from the database presented in Smith and Donaldson [1993]. This dataset provides measurements of iceberg drifts carried out during two campaigns in 1983 and 1984 near St Pierre and Miquelon. These data were also described in detail in Barker et al. [2004], and it has already been used as a test of an iceberg drift model by Smith [1993] and Kubat et al. [2005]. It includes trajectories of 9 icebergs, wind data at icebergs locations, current profiles on every 10 meters at icebergs locations, mass of the icebergs, cross-sectional areas of the sail and cross-sectional areas of the keel at 10-meter depth intervals.

Here we present the results obtained for three icebergs of the data set. Their characteristics are given in table 1, their locations on **figure 2**. They are representative of

Айсберг Iceberg	Высота (м) Height (m)	Длина (м) Length (m)	Ширина (м) Width (m)	Осадка (м) Draft (m)	Масса (т) Mass (T)	Продолжительность Duration
1	19	66	37	54	85,000	12 часов / hr
2	19	90	70	70	320,000	41 час / hr
3	44	204	136	110	1,900,000	64 часа / hr

Таблица 1: Характеристики айсбергов из набора данных. Продолжительность относится к длине измеренного пути айсберга.

Table 1: Characteristics of the icebergs of the dataset, Duration refers to the length of the measured track.

индуцированной волнами силы при таком состоянии моря.

Добавочные силы

Принимая в расчет массу изучаемых объектов, нам пришлось включить в уравнения инерцию и кориолисовы силы инерции, которые имеют следующий вид:

$$F_i = m \frac{dU}{dt} \quad (4)$$

$$F_{co} = mk \wedge U \quad (5)$$

где U - общая скорость айсберга.

■ ПЕРВЫЕ ИСПЫТАНИЯ

Представление контрольных примеров

Данные, используемые нами для обоснования правильности нашей модели, заимствованы из базы данных, представленной Смитом и Дональдсоном [1993]. Этот массив данных обеспечивает возможность производить замеры дрейфов айсбергов, которые проводились в течение двух выходов в море в 1983 и 1984 году в районе Сент-Пьер и Микелон. Эти данные были также подробно описаны Баркером с соавторами [2004] и использованы для опробования модели дрейфа айсбергов Смитом [1993] и Кубатом и др. [2005]. Приводимые данные включают траектории движения 9 айсбергов, данные о скорости и направлении ветра, профили скоростей течения через каждые 10 метров от расположения айсбергов, массу айсбергов, площади поперечного сечения “паруса” (высоты надводной части айсберга) и площади поперечного сечения подводной части с интервалом в 10 метров глубины. Ниже приводятся результаты, полученные для трех айсбергов из набора данных. Их параметры даны в таблице 1, а местонахождение показано на рис.2. Они характерны для данного набора данных, поскольку айсберг no.1 самый маленький, no. 3 самый большой, а no. 2 среднего размера. Дрейф айсбергов no. 1 и 3 изучали Кубат и др. [2005].

Испытания волнового эффекта

Первые моделирования проводятся при воздействии ветра и течения с использованием величин из набора данных. При расчете сил сопротивления мы используем в качестве поверхностной точки отсчета площади поперечного сечения. Расчетные дрейфы сравниваются с результатами наблюдений, показанными на рис. 3. Дрейфы, полученные без учета воздействия волн, не противоречат данным наблюдений, хотя имеются некоторые расхождения. Хорошо представлен дрейф no. 1. У айсберга no. 2 хорошая форма траектории, а дрейф “слишком короткий”. Завершающая стадия дрейфа айсберга no. 3 хуже, чем его начало. Все эти различия можно отчасти объяснить отсутствием в

the dataset since iceberg no.1 is the smallest, no.3 is the biggest and no.2 is mid-sized. Drift of icebergs no.1 and 3 were already studied in Kubat et al. [2005].

Tests of wave effect

The first simulations are conducted only with wind and current forcings, using the values provided in the dataset. For the computation of drag forces, we use the cross sectional areas as the surface reference. Computed drifts are compared to observations on figure 3. The drifts obtained by omitting wave forcing are consistent with observations, but with some disparities. Drift no. 1 is very well represented. The shape of the trajectory of iceberg no. 2 is good, but the drift is “too short”. The end of drift no. 3 is not as good as the beginning. These differences can be partly explained by the absence of wave forcing in this computation. As presented in the previous section, we are able to estimate the wave effort for truncated cones. We show here that this formulation leads to correct results for the icebergs of the dataset although they have very different shapes. The idea is to approximate a characteristic radius of the iceberg in such a way that the corresponding cone has roughly the same waterline length and mass. We choose diameters of 60m, 100m and 200m respectively for the three icebergs (Diameter = 2R).

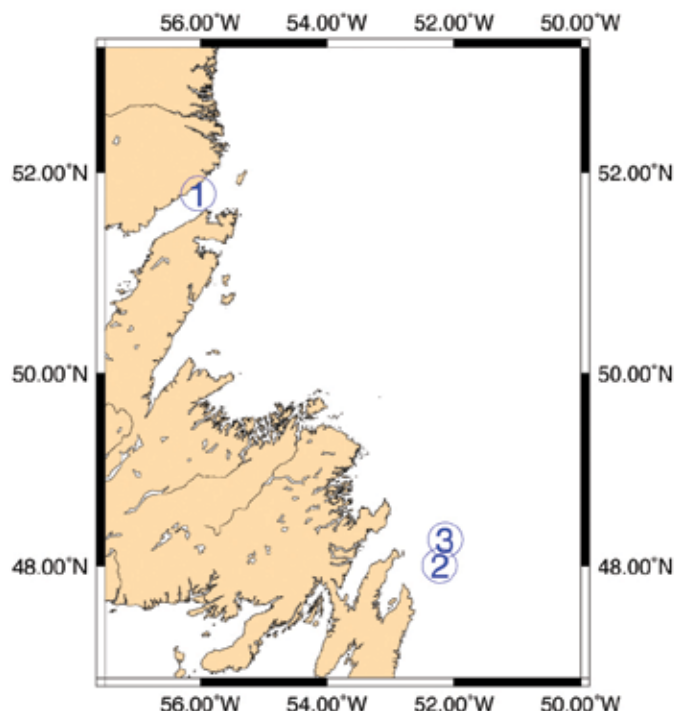


Рис.2: Местоположение трех айсбергов из набора данных

Figure 2: Position of the 3 icebergs on the dataset.

With this values, the ratio kR is always much greater than 2, even for wind waves (periods greater than 5 seconds). Since wave values have not been measured during the experiments, we use a wave hindcast of the AES40 dataset (see Swail et al.) to force the model. The hindcast

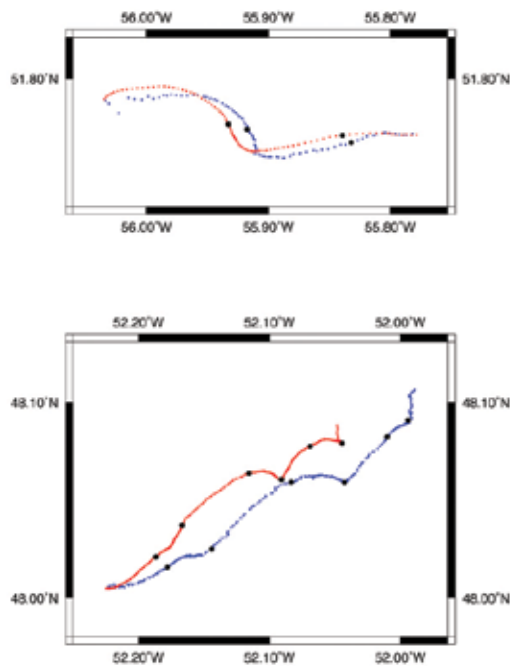


Рис.3: Расчетный дрейф (красная линия) и наблюдаемый дрейф (синяя линия) с использованием только воздействий ветра и течения для трех наших вариантов (по. 1 и 2 слева, по. 3 справа).

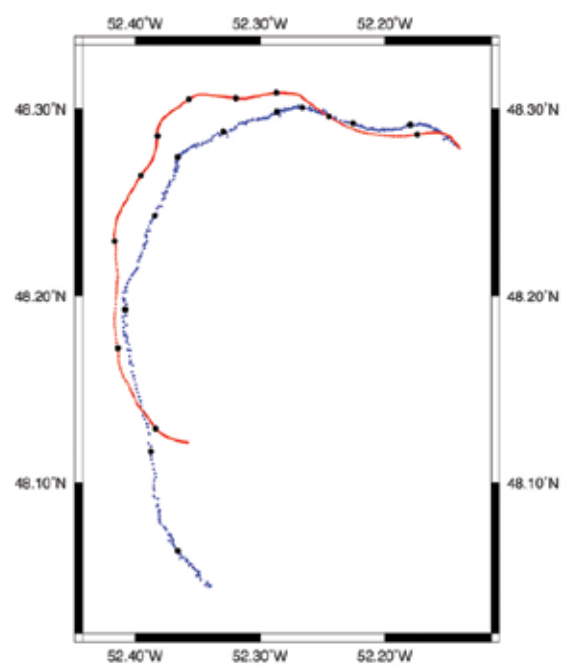


Figure 3: Computed drift (red) and observed drift (blue) using only wind and current forces for our 3 reference cases (no. 1 and 2 on the left, no. 3) on the right.

данном расчете волновых воздействий. Как указано в предыдущем разделе, мы можем рассчитать волновое усилие для усеченных конусов. В данной работе мы отмечаем, что такая формулировка дает правильные результаты для айсбергов,

provides gridded data of significant wave height and peak period for the whole ocean. One grid point is very close to icebergs no. 2 and 3 (52W,48N). But for iceberg no. 1, AES40 wave data could not be used because of its location in a coastal sheltered area. For this special case,

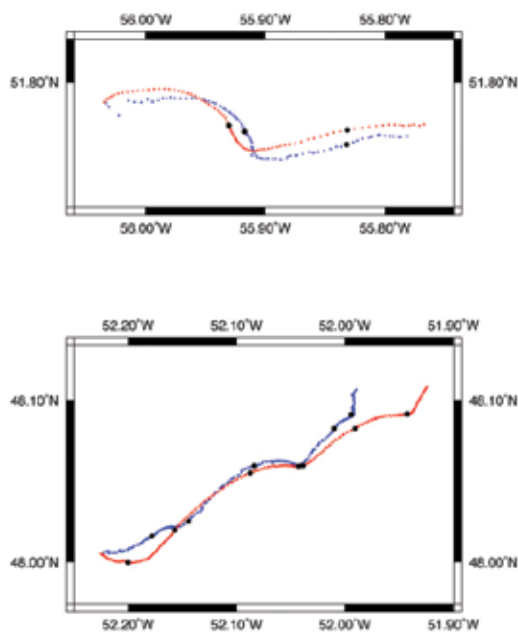


Рис.4: Расчетный дрейф (красная линия) и наблюдаемый дрейф (синяя линия), включая волновое воздействие для айсбергов по. 2 и 3.

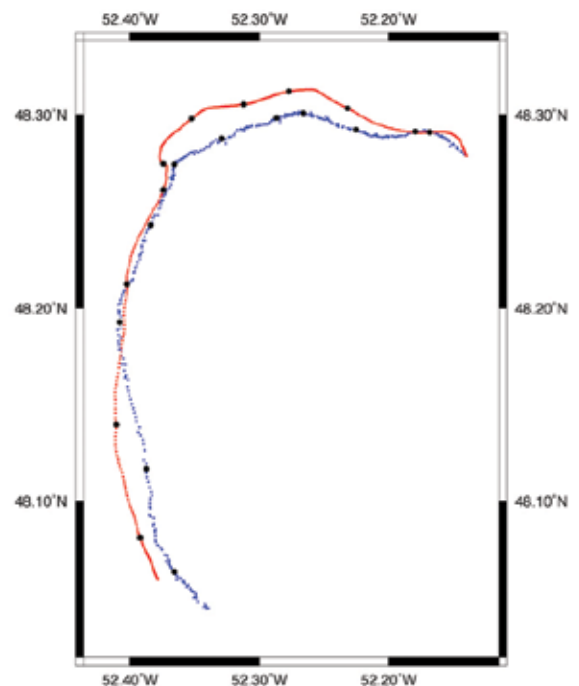


Figure 4: Computed drift (red) and observed drift (blue) including wave forcing for icebergs no. 2 and 3.

представленных в наборе данных, хотя они имеют совершенно разные формы. Идея в том, чтобы аппроксимировать характеристический радиус айсберга таким образом, чтобы соответствующий конус имел примерно ту же самую длину по ватерлинии и массу. Мы выбираем соответственно диаметры 60м, 100м and 200м для трех айсбергов (Диаметр = 2R).

При таких показателях, коэффициент kR всегда больше 2, даже для вызванных ветром волн с периодом превышающим 5 секунд. Поскольку в ходе эксперимента не производился замер величин волновых нагрузок, мы используем расчет элементов волнения для прошедших периодов времени по данным синоптических карт из набора данных AES40 (см. Свейл и др.) для определения силы воздействия на модель. Этот расчет дает данные с географической привязкой о значительной высоте волн и максимальном периоде волн на всей поверхности океана. Одна точка линии сетки координат расположена в непосредственной близости от айсбергов по. 2 и 3 (52W,48N). Для айсберга по.1, воспользоваться данными AES40 о волновом воздействии оказалось невозможным, поскольку он расположен в защищенной от волн прибрежной зоне. Для этого особого случая для расчета значений волн под действием ветра была использована простая формула разгона волны (см. Винсент и Ресио [1990]). На рисунке 4 показаны результаты полученных дрейфов.

Дрейф по. 1 уже имел хорошие показатели и почти не видоизменен. Конечный этап дрейфа по. 3 выглядит теперь лучше, но недостаточно длинный. И наоборот, дрейф по. 2 сместился в правильном направлении, но слишком удлинился. Однако общая форма этих двух траекторий улучшилась. Для некоторых других айсбергов из набора данных мы получили результаты аналогичные дрейфу по. 2: форма траектории хорошая, но расстояние неправильное. Это означает, что модель отображает все основные параметры дрейфа, но некоторые из этих параметров завышены. Это частично обусловлено трудностью оценки характеристической длины айсберга для использования при формулировании ветровых нагрузок. Мы также считаем, что используемые нами волновые данные не совсем точно отражают реальные условия. Кроме того, величины коэффициентов сопротивления также могут влиять на длину траектории.

■ ИСПЫТАНИЕ ВЕРОЯТНОСТНОЙ МОДЕЛИ

Основная идея

Мы включили в нашу модель вероятностных расчет, исходя из влияния неопределенностей на физические параметры (ветер, волны и течения), на форму и массу айсбергов и на параметризацию некоторых воздействий. Основная идея заключается

we used a simple fetch formula to compute wave values from wind (see Vincent and Resio [1990]). Figure 4 shows the obtained drifts. Drift no. 1 was already very good and is hardly modified. The end of drift no. 3 is now better represented, but is not long enough. On the contrary, drift no. 2 has been shifted in the correct direction but has been too much elongated. However, the general shape of these two trajectories has been improved.

For some of the other icebergs of the dataset, we obtained results similar to drift no. 2: the shape of the trajectory is good, but the distance is not correct. That means that the model represents all the key parameters of the drift, but some of these parameters are over estimated. This is partly due to the difficulty to estimate a characteristic length of the iceberg to use in the formulation of the wave-induced force. We can also think that the wave data we use are not precisely representative of the in-situ conditions. In addition, the value of drag coefficients can also have an impact on the length of the trajectories.

■ TEST OF THE STOCHASTIC MODEL

Principle

Given the uncertainties on the physical parameters (wind, waves and currents), on the shape and mass of the iceberg, and on the parameterization of some forces, we have included a stochastic calculation in the model. The principle is to compute N trajectories for icebergs with slightly different properties instead of calculating a single trajectory. The parameters that can be randomly chosen are:

- Wind speed and direction
- Significant wave height and incidence
- Size of the iceberg
- Drag and wave coefficients
- Current speed and direction

An “error percentage” is provided to the code for each of these parameters and a random choice is made at the beginning of the run. In output, the code provides a list of the positions of all the icebergs, and a mean trajectory. From these results, we can compute a spreading area, which corresponds to the area in which there is a probability of finding the iceberg. Typical errors for environmental inputs are of the order of 30%. But a calculation with a 30%-error on all the parameters listed above leads to spreading areas up to 40km² after a drift of 24 hours. Such a result is clearly not accurate enough to be useful. The aim of this section is to find which are the key parameters to consider in a drift problem to obtain an acceptable spreading area. For this purpose, a series of tests is made for iceberg no. 3, each parameter is perturbed separately. **Table 2** presents the maximum distance between two points at the end of the drift.

2008-2009

ITE International Oil & Gas Events



TUROGE

7th TURKISH INTERNATIONAL OIL & GAS
CONFERENCE AND SHOWCASE

18-20 March 2008
ANKARA, TURKEY



GIOGIE

7th GEORGIAN INTERNATIONAL
OIL, GAS, ENERGY & INFRASTRUCTURE
CONFERENCE & SHOWCASE

3-4 April 2008
TBILISI, GEORGIA



CIOGE

1st CHINA INTERNATIONAL OIL
AND GAS CONFERENCE
Alongside CIPPE 2008 Exhibition (April 7-9)

7-8 April 2008
BEIJING, CHINA



ATYRAU OIL & GAS

7th NORTH CASPIAN REGIONAL
EXHIBITION

9 -11 April 2008
ATYRAU, KAZAKHSTAN



OILTECH
KAZAKHSTAN

2nd KAZAKHSTAN PETROLEUM
TECHNOLOGY CONFERENCE

10-11 April 2008
ATYRAU, KAZAKHSTAN



OGU

12th UZBEKISTAN INTERNATIONAL
OIL & GAS EXHIBITION
AND CONFERENCE

13-15 May 2008
TASHKENT, UZBEKISTAN



CASPIAN OIL & GAS

15th ANNIVERSARY INTERNATIONAL
CASPIAN OIL & GAS EXHIBITION AND
CONFERENCE INCORPORATING REFINING
AND PETROCHEMICALS

3-6 June 2008
BAKU, AZERBAIJAN



RPGC

6th RUSSIAN PETROLEUM &
GAS CONGRESS
Alongside NEFTEGAZ Exhibition

24-26 June 2008
MOSCOW, RUSSIA



19th WORLD PETROLEUM
CONGRESS

29 June - 3 July 2008
MADRID, SPAIN



KIOGE

16th KAZAKHSTAN INTERNATIONAL
OIL & GAS
EXHIBITION & CONFERENCE

7-10 October 2008
ALMATY, KAZAKHSTAN



MANGYSTAU OIL & GAS

3rd MANGYSTAU REGIONAL
OIL & GAS EXHIBITION

5-7 November 2008
AKTAU, KAZAKHSTAN



MIOGE

10th ANNIVERSARY MOSCOW
INTERNATIONAL
OIL & GAS EXHIBITION

June 2009
MOSCOW, RUSSIA



ITE Group Plc:

Tel: + 44 (0) 20 7596 5233;

Fax: + 44 (0) 20 7596 5106;

E-mail: julia.romanenko@ite-exhibitions.com



Iteca:

Tel.: +7 727 2583434;

Fax: +7 727 2583444;

E-mail: oil-gas@iteca.kz



ITE LLC Moscow:

Tel: +7 495 935 7350;

Fax: +7 495 935 7351;

E-mail: oil-gas@ite-expo.ru



GIMA (Hamburg):

Tel: +49 (0) 40 235 24 201;

Fax: +49 (0) 40 235 24 410;

E-mail: freckmann@gima.de

INTERNET: www.ite-exhibitions.com/og

REGIONAL PORTAL: caspiantworld.com



Параметр Parameter	Ошибка Error	Расстояние Distance
Величины течения Current values	30%	15,700м
Hs и направление Hs and Direction	30%	9,700м
Волновые величины Wind values	30%	8,200м
Коэффициент сопротивления воды Water drag coefficient	30%	7,600м
Длина ватерлинии Waterline length	30%	4,200м
Коэффициент сопротивления ветра Wind drag coefficient	30%	3,700м
Размеры и масса Size and mass	30%	500м

Таблица 2. Расстояние между двумя крайними точками распределения в конце дрейфа по. 3.

Table 2: Distance between two extreme points of the distribution at the end of drift no. 3.

в том, чтобы рассчитать траектории N для айсбергов с несколько различными свойствами вместо расчета одиночной траектории. Следующие параметры могут быть произвольно выбраны:

- Скорость и направление ветра
- Показательная высота волны и ее падение
- Размер айсберга
- Коэффициент сопротивления и волновой коэффициент
- Скорость и направление течения

Для каждого из этих параметров в программу вводится “ошибка в процентах” и в начале каждого прогона программы делается случайный выбор. На выходе программа выдает перечень местоположения всех айсбергов и среднюю траекторию. На основании этих результатов мы можем рассчитать район их распространения, который соответствует району, в котором существует вероятность обнаружить айсберг. Типичные ошибки вводимых параметров внешней среды составляют примерно 30%. Но если расчет имеет 30% погрешность по всем вышеуказанным параметрам, то район распространения айсбергов после 24-часового дрейфа может растянуться до 40 km. Совершенно ясно, что пользы от такого не совсем точного результата мало.

Задача данного раздела – установить, какие основные параметры следует учесть при дрейфе айсберга, чтобы получить приемлемый район его распространения. Для этой цели проводится ряд

Clearly, the most sensible parameter is the current. Waves and wind have a comparable impact in this case, this is usually the same for other drifts. In comparison, the mass of the iceberg have a very minor influence on the drift. It is also important to note that the waterline length has an impact only on the length of the drift, not on its direction. Simple considerations can lead to an efficient control of the spreading: there is no need to perturb, for example, both water drag coefficient and current values. These two parameters influence the same force, consequently there is a balance between the two values and that does not bring much information. Using the fact that wind and waves have generally a similar impact on the drift, the same reasoning allows us to conclude that there is no need to perturb both wind and waves values. In most of the situations, we will recommend to perturb winds and current values according to the expected precision of forecasts, and iceberg length to modulate the length of the drift.

To make easier the interpretation of the results of the stochastic model, we define densities of presence in different zones: we choose to define 3 zones delimited by contours. At the end of the drift, 30% of the icebergs are in the central zone, 60% in the middle one, and 90% in the last one. Thus the probability of having an iceberg outside of the last contour is less than 10%.

Figure 5 shows examples of such a representation for icebergs no.2 and 3. A perturbation of 20% is used for currents and wind values, and a perturbation of 40% for the waterline length. The total spreading area is 21 km² at the end of drift no.2 (after 41 hours) and 29 km² at the end of drift no.3 (after 64 hours).

LARRY LEE

Specializing in Oil & Gas, Energy and Locations around the world. By combining many assignments on each travel itinerary the expenses are kept to a minimum for each client. A free CD with over 4000 images is available as a catalog of photos. Also please visit my new Web-site at " larrylee.com " to see more samples of my photography. Thank You



LARRY LEE PHOTOGRAPHY
P.O. BOX 55730
VALENCIA, CA 91385 U.S.A.

© 2007 Larry Lee

661/259-1226
WWW.LARRYLEE.COM
PHOTO@LARRYLEE.COM

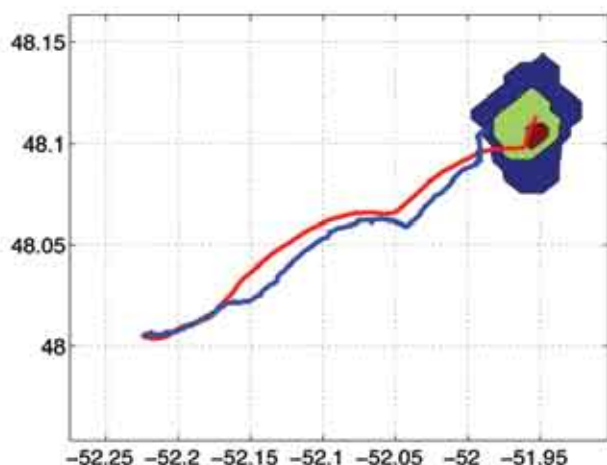


Рис 5: Плотность присутствия айсбергов по.2 и 3 в конце дрейфа: 10% в синей зоне, 40% в зеленой зоне и 70% в коричневой зоне. Наблюдаемая траектория окрашена в синий цвет, а средняя расчетная траектория – в красный цвет.

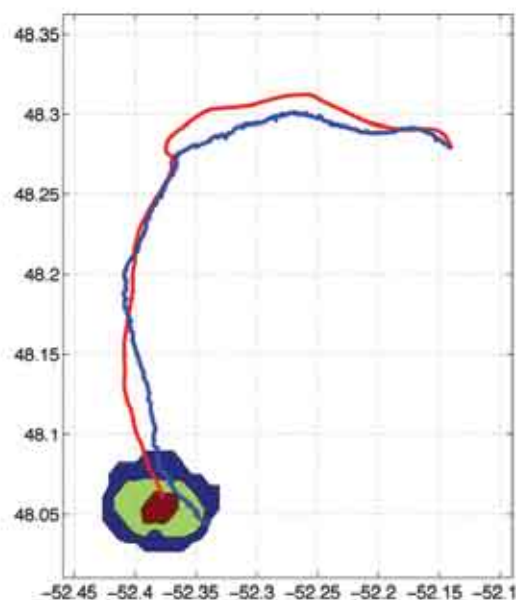


Figure 5: Density of presence for iceberg no. 2 and 3 at the end of the drift: 10% in the blue zone, 40% in the green one and 70% in the brown one. The observed trajectory is in blue and the mean computed trajectory is in red.

испытаний для айсберга по. 3, при этом каждый параметр возмущается в отдельности. В таблице 2 приводится максимальное расстояние между двумя точками в конце дрейфа.

Очевидно, наиболее существенным параметром является течение. Волны и ветер оказывают сравнимое воздействие в этом случае, оно обычно такое же для других дрейфов. Для сравнения, масса айсберга оказывает очень незначительное воздействие на дрейф. Важно также отметить, что длина ватерлинии влияет только на протяженность дрейфа, но не на его направление. Можно руководствоваться простыми соображениями, чтобы обеспечить эффективный контроль за распространением айсбергов: нет необходимости возмущать, к примеру, коэффициент сопротивления воды и волновые величины. Эти два параметра влияют на одну и ту же силу, следовательно, существует равновесие между этими двумя величинами и поэтому получаемая информация незначительна. Поскольку ветер и волны оказывают, в общем, аналогичное воздействие на дрейф, то, рассуждая подобным образом, можно заключить, что нет необходимости возмущать одновременно величины ветра и волн.

В большинстве случаев, мы рекомендуем возмущать показатели ветра и течения в зависимости от ожидаемой точности прогнозов и длины айсберга для изменения протяженности дрейфа. С целью облегчить интерпретацию результатов испытания вероятностной модели, мы определяем плотности

CONCLUSION

The several tests carried out with this new model permit to have a more precise understanding of the key features in the prediction of an iceberg drift. The computed drifts are generally in good agreements with observations, this shows that the major forces that act on the icebergs are correctly represented in most of the situations. Especially, drifts mainly influenced by wind and current (no.1 for example) are very well estimated. But computing the drift using only wind and current forcings could not permit to fully describe iceberg drift.

The parameterization of wave effort is more complex because the choice of some coefficients is still arbitrary and can have a large impact on the accuracy of the results (estimation of a characteristic radius or diameter in our formulation). The stochastic calculation is a way to take into account the uncertainties associated with the parameterization of waves. To complete the validation of the model, combined records of iceberg drifts, currents, wind and waves are necessary. For an operational use, results of the stochastic test highlights the need for a proper forecast of currents, winds and wave conditions. Such forecast needs to include real-time observations and assesment of forecast reliability. Real-time observations ensure the accuracy of environmental conditions at the beginning of simulations. Forecast reliability will feed the stochastic model and thus provides the best estimate of future icebergs locations.

ACKNOWLEDGEMENT

We would like to thank the Canadian Hydraulics Center for their authorization to use their dataset of

распределения айсбергов в различных зонах: мы считаем необходимым выделить 3 зоны, ограниченные контурами. В конце дрейфа 30% айсбергов располагаются центральной зоне, 60% в средней зоне и 90% в последней зоне. Таким образом, вероятность нахождения айсберга за пределами последнего контура составляет менее 10%.

На **рис.5** показаны примеры такого представления айсбергов по.2 и 3. Для показателей течений и ветра использовано возмущение 20% , и возмущение 40% для длины ватерлинии. Общая площадь распространения составляет 21 km² в конце дрейфа айсберга по.2 (спустя 41 час) и 29 km² в конце дрейфа айсберга по.3 (после 64 часового дрейфа).

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несколько испытаний, проведенных на этой новой модели, позволили получить более точное представление об основных особенностях прогнозирования дрейфа айсбергов. Расчетные дрейфы в целом хорошо согласуются с результатами наблюдений, это показывает, что основные силы, воздействующие на айсберги, в большинстве случаев, отображены правильно.

В частности, хорошо рассчитаны дрейфы, вызванные главным образом ветром и течением (по.1, например). Но расчет дрейфа с использованием только воздействий ветра и течения не позволяет полностью охарактеризовать дрейф айсберга. Параметризация волнового воздействия еще более усложняется вследствие того, что выбор некоторых коэффициентов по-прежнему произвольный и это может сильно повлиять на точность получаемых результатов, например, на вычисление характеристического радиуса или диаметра в нашей формулировке.

Вероятностный расчет позволяет учесть неопределенности, обусловленные определением параметров волн. Для завершения валидации модели, необходимо иметь совместные данные по дрейфам айсберга, течениям, ветру и волнам.

Для практических целей, результаты вероятностного испытания подчеркивают необходимость давать адекватный прогноз течений, ветровых и волновых режимов. Они должны непременно включать наблюдения в реальном времени и оценку надежности прогноза. Наблюдения в реальном масштабе времени обеспечивают получение точных данных о состоянии окружающей среды в начале процесса моделирования. Надежность прогноза дает подпитку вероятностной модели и тем самым позволяет оптимально определить будущие местоположения айсбергов.

Авторы выражают благодарность Канадскому центру гидравлики за разрешение использовать их

iceberg drifts, and Ivana Kubat and Mohamed Sayed for their help in the use of these data.

■ REFERENCES

- A. Barker, M. Sayed, and T. Carrieres. Determination of iceberg draft, mass and cross-sectional areas. Proceed. of the 14th Int. Offsh. and Polar Eng. Conf., 2004.
- M. Isaacson. Fixed and floating axisymmetric structures in waves. Journ. of the waterway, port, coast. and Ocean div., 108, 1982.
- I. Kubat, M. Sayed, S.B. Savage, and T. Carrieres. An operational model of iceberg drift. Int. Journ. of off. and polar eng., 15, 2005.
- D. Masson. Wave-induced drift force in the marginal ice zone. J. Phys. Oceanogr., 21, 1991.
- B. Molin. Hydrodynamique des structures offshore. Technip, 2002.
- S.D. Smith. Hindcasting iceberg drift using current profiles and winds. Cold reg. Science and Tech., 22, 1993.
- S.D. Smith and N.R. Donaldson. Dynamic modeling of iceberg drift using current profiles. Cold reg. Science and Tech., 22, 1993.
- V.R Swail, E.A Ceccacci, and A.T. Cox. The AES40 North Atlantic wave reanalysis: validation and climate assessment. Environment Canada, Downsview, Ontario and Oceanweather, Inc., Cos Cob, CT.
- C.L. Vincent and D.T. Resio. Handbook of Coastal and Ocean Engineering. Volume I: Wave Phenomena and Coastal Structures, pages 213-248. Gulf Publishing Co., 1990. John B. Herbich, 1990.

набор данных о дрейфах айсбергов, Ивану Кубату и Мохамеду Сайеду за помощь в использовании этих данных.

■ СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- А.Баркер, М. Сайед, и Т. Карриерес. Определение осадки, массы и поперечных сечений айсберга. Труды 14-ой международной конференции Offshore and Polar Engineering, 2004.
- М. Исааксон. Стационарные и плавучие осесимметричные сооружения в волнах. Journ. of the waterway, port, coast. and Ocean div., 108, 1982.
- И. Кубат, М. Сайед, С.Б. Сэвидж и Т. Карриерес. Рабочая модель дрейфа айсберга. Int. Journ. of off. and polar eng., 15, 2005
- Д.Мэссон. Волновая сила дрейфа в краевых ледовых зонах. J. Phys. Oceanogr., 21, 1991.
- Б.Молин. Гидродинамика морских сооружений. Technip, 2002
- С.Д.Смит. Статистическое прогнозирование дрейфа айсбергов с помощью профилей скорости течения и ветра. Cold reg. Science and Tech., 22, 1993.
- С.Д.Смит и Н.Р. Дональдсон. Динамическое моделирование дрейфа айсберга с использованием профилей скорости течения. Cold reg. Science and Tech., 22, 1993
- В.Р. Свейл, Е.А. Чекаки и А.Т.Кокс. Повторный анализ AES40 волнений в Северной Атлантике: валидация и климатическая оценка. Environment Canada, Downsview, Ontario and Oceanweather, Inc., Cos Cob, CT.
- С.Л.Винсент и Д.Т. Ресио. Справочник по прибрежной и океанской технологии Том I: Волновые явления и прибрежные сооружения. Стр. 213-248. Gulf Publishing Co., 1990. John B. Herbich, 1990.