

ОБОСНОВАНИЕ ВАРИАНТА ОБУСТРОЙСТВА МУРМАНСКОГО ГАЗОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

магистрант Бесхижко Ю.В. д.т.н., проф. Бородавкин П.П., РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, Москва

FEASIBILITY OF MURMANSK GAS FIELD SURFACE FACILITIES OPTIONS

Beshkizhko Y.V., Borodavkin P.P., Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Moscow

The preparation to develop large deposits of hydrocarbon located on the Russian arctic continental shelf, including Shtokman field, is under way at present. The shelf of the northern seas includes not only huge deposits, but also medium fields located relatively close to them. For example, the Murmansk field is close to the subsea pipeline Shtokman field – to shore. Murmansk gas field is the one of major fields for future development. This field was discovered in 1983 with the reserves more than 120 billion m³. Different options are discussed to arrange surface facilities, including: fixed offshore platform; FPU (floating production unit); subsea production system. The treatment of well fluid is one of the important factor affecting the choice of surface facilities arrangement being that the produced gas contains a certain percentage of water and solids. Options to transport field products are assessed also, In particular: direct transport of Murmansk gas field products to the shore and connecting to the planned pipeline (Shtokman-to-shore). The estimated flowline assurance was done for this study. The conclusions are according to the result: feasibility of using fixed offshore platform with drilling and gas treatment facilities; prepared gas transport to the planned pipeline. Also this platform can be used as in intermediate one for support a helicopter fly from/to the Shtokman field.

В настоящее время в Российской Федерации ведутся работы по подготовке к освоению крупных месторождений углеводородов на арктическом шельфе, в том числе по Штокмановскому газоконденсатному месторождению (ШГКМ). Континентальный шельф северных морей содержит не только громадные месторождения, но также месторождения среднего размера. Например, относительно недалеко от трассы магистрального трубопровода ШГКМ-берег расположено, перспективное для освоения, Мурманское газовое месторождение. Это месторождение было открыто в 1983 г. с запасами более 120 млрд. м³. В работе рассматриваются варианты обустройства данного месторождения с использованием: морской стационарной платформы; плавучего технологического судна; подводного добычного комплекса. Одним из важных факторов, влияющих на выбор варианта обустройства, является подготовка скважинного флюида, т.к. добываемый из недр газ, содержит некоторый процент воды и механических примесей. Также оцениваются варианты транспорта продукции с месторождения, а именно: прямой транспорт продукции Мурманского месторождения на берег и подключение к проектируемому трубопроводу (ШГКМ-берег). Для этого в работе проведены оценочные гидравлические расчеты вариантов. По результат работы были сделаны выводы о целесообразности использования морской ледостойкой стационарной платформы обеспечивающей бурение и подготовку скважинной продукции для транспорта с месторождения к проектируемому трубопроводу (ШГКМ-берег). Также эта платформа может быть использована как промежуточная для обеспечения вертолетного сообщения со Штокмановским месторождением.

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИРКУЛЯЦИИ КАРСКОГО МОРЯ

Дианский Н.А.^{1,2}, Богданов Ю.В.¹, Кабатченко И.М.¹, Фомин В.В.^{1,3}, Цвезинский А.С.¹

¹ ФГБУ «Государственный океанографический институт имени Н.Н.Зубова» (ГОИН)

² ФГБУН Институт вычислительной математики (ИВМ) РАН

³ ФГБОУ ВПО Московский Физико-Технический институт (МФТИ)

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF THE COMPUTATION SYSTEM FOR SIMULATION OF KARA SEA CIRCULATION CHARACTERISTICS

Dianskiy N.A.^{1,2}, Bogdanov Y.V.¹, Kabatchenko I.M.¹, Fomin V.V.^{1,3}, Tsvetsinskiy A.S.¹

¹ State Oceanographic Institute (SOI)

² Institute of Numerical Mathematics (INM) RAS

³ Moscow Institute of Physics and Technology (MIPT)

Kara Sea is a region receiving a great deal of attention due to an investigation of continental shelf resources. The purpose of this work is the implementation of computation system (CS) at State Oceanographic Institute (SOI) for simulation and forecasting of the thermo-hydrodynamic characteristics of the Kara Sea. The CS is based on the sigma coordinate marine and oceanic model INMOM, developed at the Institute of Numerical Mathematics (INM RAS). The calculation of tidal currents and sea level is carried out by setting the parameters of incoming tidal wave using TPXO model. The atmospheric forcing is obtained using the regional atmospheric model WRF. The goal of this work is implementation of Kara Sea marine circulation forecasting for ESIMO data base. Characteristics of the Kara Sea circulation for 2003–2012 were simulated. Their verification were carried out using field data from expeditions initiated by SOI in 2011–2012.

The CS developed can be used for simulation of sand flux in the bottom layer and suspended sediment flux based on mechanisms caused by the bottom layer currents and wind generated waves. To simulate wave characteristics the Russian Atmospheric Wave Model (RAWM) is using. Performance characteristics of sand fluxes and suspended sediment fluxes for the coastal region to the west of the Yamal Peninsula are presented.

Карское море является регионом, который представляет большой интерес в связи с добычей углеводородов на континентальном шельфе и связанной с ней хозяйственной деятельностью. Данная работа посвящена реализации в ФГБУ «Государственный океанографический институт» (ГОИН) вычислительного комплекса (ВК) расчета и прогноза термогидродинамических характеристик Карского моря. В основе ВК лежит сигма-модель морской и океанической циркуляции INMOM, разработанная в Институте вычислительной математики (ИВМ) РАН. Расчет приливной составляющей течений и уровня осуществляется путем задания параметров входящей приливной волны по модели TPXO. Атмосферный форсинг рассчитывается по региональной модели WRF. Целью работы является реализация технологии расчета параметров морской циркуляции в оперативном режиме и предоставление информации в качестве ресурса ЕСИМО. Выполнен расчет характеристик циркуляции Карского моря с 2003 по 2012 гг., проведена их верификация по данным, полученным в экспедициях ГОИН в 2011-2012 гг.

Комплекс позволяет также рассчитывать характеристики потоков песчаных наносов в придонном слое и илистых наносов с учетом механизмов, обусловленных действующими в придонном слое течениями и волнением. Для расчета характеристик волнения используется Российская атмосферно-волновая модель (РАВМ). Представлены расчеты режимных характеристик потоков песчаных наносов в придонном слое и илистых наносов для западного побережья полуострова Ямал.

Основной целью работы является создание в Государственном океанографическом институте (ГОИН) вычислительного комплекса (ВК) расчета и

прогноза термогидродинамических характеристик Карского и Печорского морей, утверждение на ЦМКП Росгидромета и представление результатов расчетов в виде ресурса ЕСИМО.

В качестве гидродинамической модели для расчета полей течений в акватории БС использовалась сигма-модель морской и океанической циркуляции Института вычислительной математики (ИВМ) РАН – INMOM (Institute Numerical Mathematics Ocean Model) [1,2,3,4]. В ее основе лежит полная система т.н. примитивных уравнений гидротермодинамики океана в сферических координатах в приближениях гидростатики и Буссинеска. В качестве вертикальной координаты используется безразмерная величина σ , задаваемая как

$$\sigma = (z - \zeta) / (H - \zeta), \quad (1)$$

где z – обычная вертикальная координата;

$\zeta = \zeta(\lambda, \varphi, t)$ – отклонение уровня океана от невозмущенной поверхности как функция долготы λ ,

широты φ и времени t ; $H = H(\lambda, \varphi)$ – невозмущенная глубина моря. Прогностическими переменными модели служат горизонтальные компоненты вектора скорости, потенциальная температура T , соленость S , отклонение уровня океана от невозмущенной поверхности, толщина и сплоченность морского льда. Для расчета плотности используется уравнение состояния, специально предназначенное для численных моделей [5].

Главная особенность INMOM, которая отличает ее от других известных моделей океана, таких как MOM, модель ИВМ и ИОРАН, использующих z -систему координат, а так же POM и ROMS в σ -си-

стеме координат и других заключается в том, что при численной реализации в INMOM используется метод расщепления по физическим процессам и пространственным координатам.

Метод расщепления дает возможность эффективно реализовывать обладающие малой диссипативностью квази-полуявные схемы интегрирования по времени, которые позволяют применять в модели временные шаги в несколько раз большие, чем в моделях общей циркуляции океана, основанных на явных схемах с аналогичными пространственным разрешением и коэффициентами вязкости и диффузии.

Для более точного описания процессов динамики океана оператор боковой диффузии второго порядка для тепла и соли представлен в форме, эквивалентной горизонтальной диффузии в обычной z-системе координат [2]. В уравнениях движения для описания боковой вязкости, используется оператор 4-го порядка, эффективно подавляющий 2-х шаговую моду численного шума.

Использованная в настоящей работе версия INMOM адаптирована к условиям акватории Карского моря. Для этого использована версия этой модели на равномерной сетке для Карского и Печорского морей с пространственным разрешением ~4км. Используется повернутая сферическая система координат с полюсами, расположенными таким образом, что экватор модельной системы проходит через Карское море. По вертикали задано 33 неравномерно распределенных по глубине σ -уровней. На рис. 1 показана расчетная область.

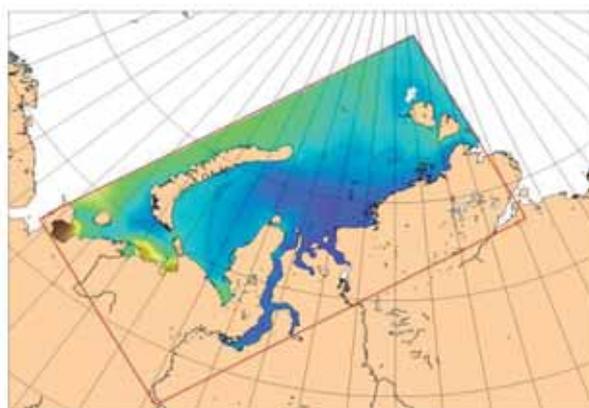


Рис. 1 – расчетная область ВК.

Для задания атмосферного форсинга в ВК для расчета термогидродинамических характеристик для Карского и Печорского морей использована региональная атмосферная гидродинамическая модель WRF ARW версии 3.3 [6].

Общая блок-схема ВК показана на рис. 2.

С помощью региональной модели WRF рассчитаны параметры атмосферного форсинга для 2003-2012 гг. С использованием этого форсинга по модели INMOM воспроизведены термогидродинамические характеристики циркуляции, уровень и течения в районе Карского и Печорского морей за тот же период. Настройка параметров и верификация модели циркуляции Карского моря проводилась по имеющимся данным натурных наблюдений с гидрологических и метеорологических станций, полученным в экспедициях ГОИН в 2011-2012

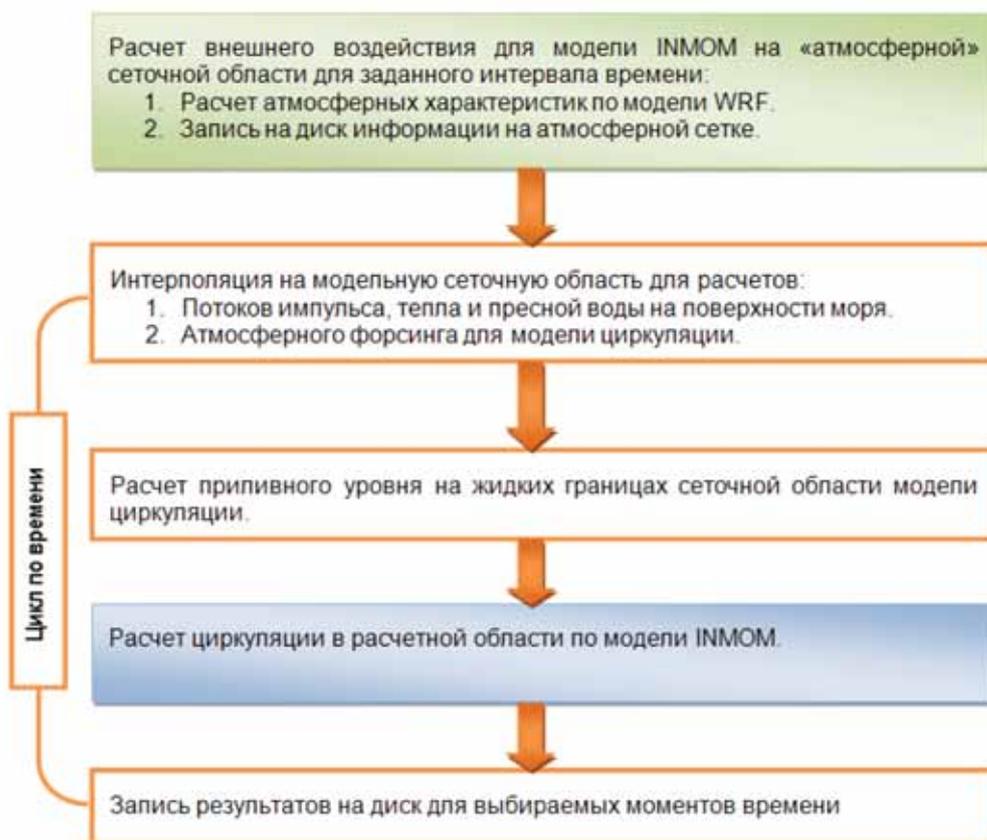


Рис. 2 – блок-схема ВК.

гг., а так же по данным со стационарных метеорологических станций Росгидромета, расположенным в Архангельской области, Ямало-Ненецком, Ненецком и Таймырском автономном округах. На графиках, показанных на рис. 3 и 4, изображены результаты сравнения рассчитанных параметров с данными натурных наблюдений.

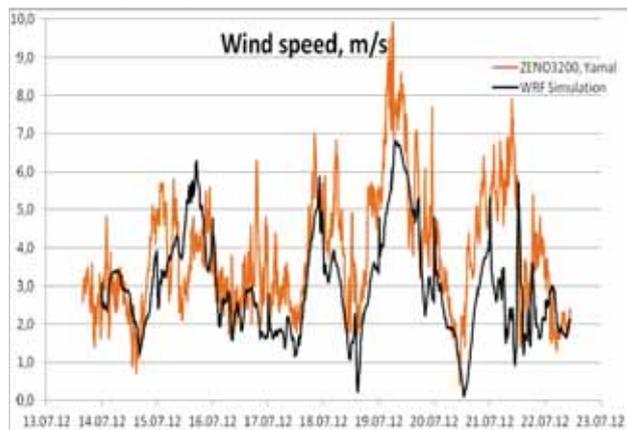


Рис. 3 – скорость ветра, измеренная на временной метеорологической станции ZENO3200 (оранжевая кривая) и рассчитанная по модели WRF (черная кривая).

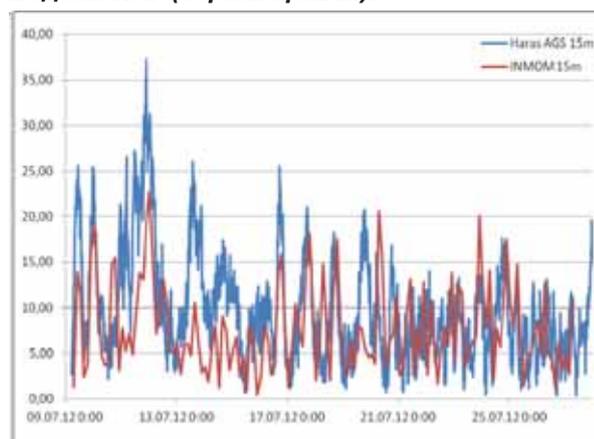


Рис. 4 – модуль скорости течения на глубине 15 м, рассчитанный по модели INMOM (красная кривая) и измеренный на харасавэйской АГС (синяя кривая)

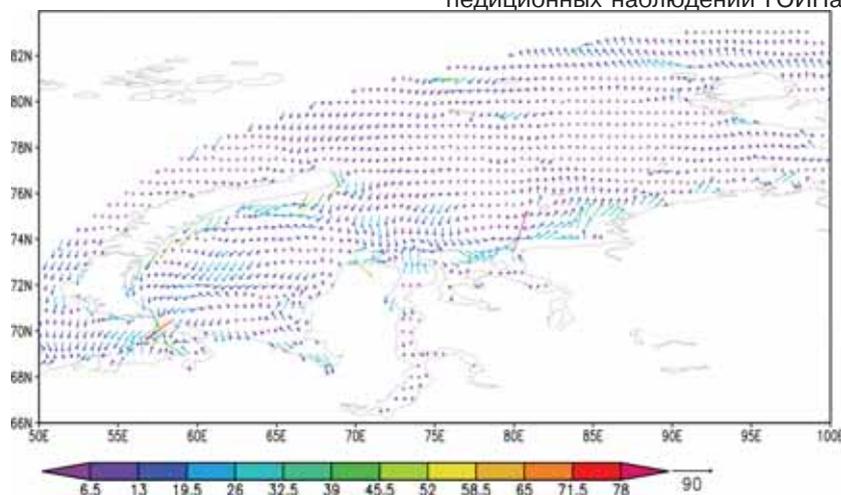


Рис.5. Поле скорости течений в Карском море, рассчитанное по модели INMOM на глубине 1 м на 17.08.2012. Стрелки указывают направление, а цвет величину скорости течения в см/с. Внизу, кроме того, показан масштаб стрелок.

Результаты моделирования позволили рассчитать режимные характеристики циркуляции Карского моря. Показано, что ВК адекватно имеющимся данным наблюдений воспроизводит сложный характер циркуляции вод Карского и Печорского морей. На рис. 5 показано поле скорости течений в Карском море.

В целях практического применения представленного ВК предполагается: (1) разработать и реализовать макетный образец технологии расчетов течений и уровня в режиме реального времени с представлением информации в виде ресурса ЕСИМО для размещения на сервере ПД Центра ЕСИМО ГОИНа, (2) реализовать систему размещения оперативных результатов расчетов на технологическом сервере ГОИНа для заинтересованных пользователей.

Для задач, подразумевающих моделирование литодинамических процессов применяется следующая схема вычислительного комплекса. Для акватории, прилегающей к западному побережью п-ова Ямал разработан комплекс аэро-гидро-литодинамических моделей. Модель 1 расчета атмосферного воздействия по региональной модели атмосферной циркуляции WRF с входной информацией из NCEP [6]. Модель 2 расчета полей характеристик ветрового волнения по Российской атмосферно-волновой модели (РАВМ) [7]. Модель 3 расчета течений в западной части Карского моря по модели INMOM (Institute Numerical Mathematics Ocean Model) ИВМ РАН [2] с атмосферным воздействием по модели WRF. Модель 4 формирования поперечной структуры и объемных величин потоков илистых и донных песчаных наносов.

При расчете потока донных песчаных наносов использовалась энергетическая концепция Бегнольда [8,9], с учетом как течений, так и переносной скорости, обусловленной механизмами, действующими в придонном пограничном слое за счет волнения. Объемная концентрация взвешенных илистых наносов вычисляется при помощи уравнения переноса – диффузии взвешенных частиц, с учетом скорости седиментации. Основное поступление в исследуемую акваторию илистых наносов задавалось на западном побережье п-ва Ямал за счет волнового и нагонного возвышения уровня моря. При этом модель расчета илистых наносов также тестировалась по данным экспедиционных наблюдений ГОИНа. В результате рас-

четов, выполненных для безледных периодов с 2009 по 2012 год, получены режимные характеристики потока песчаных наносов в придонном слое и илистых наносов в толще морских вод, а также выявлен среднегодовой характер аккумуляции донных песчаных наносов. На рисунке 4 показана средняя концентрация взвешенных наносов за безледный период. На рисунке 5 показана схема динамики песчаных наносов в 2011 году.

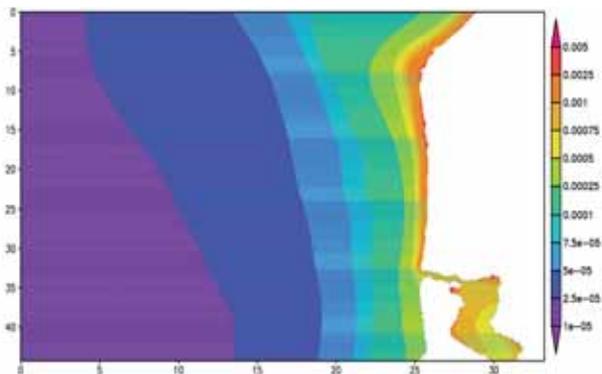


Рисунок 4. Средняя за безледный период концентрация (%) взвешенных наносов на Харасавэйском полигоне.

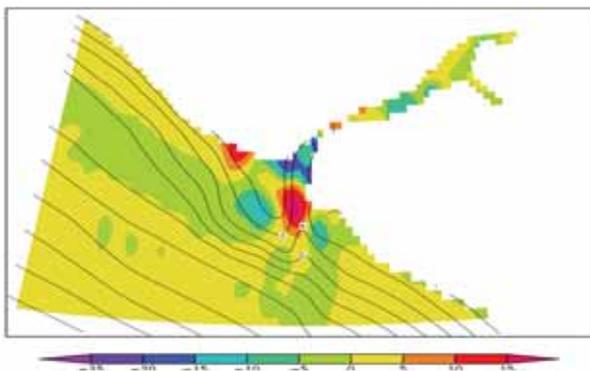


Рисунок 5. Схема динамики наносов в районе Харасавэйского подходного канала за безледный период 2011 года. Толщина наносов указана в сантиметрах

Данный ВК может применяться для расчета 3-х мерных полей течений, температуры, солёности, а так же уровня моря и характеристик морского льда в оперативном режиме в том числе и для краткосрочного прогноза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Zalesny V.B., Diansky N.A., Fomin V.V., Moshonkin S.N., Demyshev S.G. Numerical model of the circulation of the Black Sea and the Sea of Azov. Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling. 27(1), 2012. P. 95-111.
2. Дианский Н. А., Багно А. В., Залесный В. Б. Сигма-модель глобальной циркуляции океана и ее чувствительность к вариациям напряжения трения ветра. // Изв. АН. Физика атмосферы и океана. 2002. Т. 38, № 4. С. 537-556.
3. Дианский Н.А., Залесный В.Б., Мошонкин С.Н., Русаков А.С. Моделирование муссонной циркуляции Индийского океана с высоким пространственным разрешением // Океанология. - 2006. - Т. 46. - № 4. - С. 421-442.
4. Zalesny V.B., Marchuk G.I., Agoshkov V.I., Bagno A.V., Gusev A.V., Diansky N.A., Moshonkin S.N., Tamsalu R., Volodin E.M. Numerical simulation of large-scale ocean circulation based on the multicomponent splitting method // Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling. 2010. V. 25. № 6. P. 581-609.
5. Brydon D., San S., Bleck R. A new approximation of the equation of state for seawater, suitable for numerical ocean models // J. Geoph. Res.- 1999.- V. 104.- No. C1.- P. 1537-1540.
6. W.C. Skamarock et al. A Description of the Advanced Research WRF, Version 3.- NCAR Technical Notes, 2008.
7. Zakharov V.E., Zaslavskii M.M., Kabatchenko I.M., Matushevskii G.V., Polnikov V.G. Conceptually new wind-wave model. - In: «The wind-driven air-sea interface electromagnetic and acoustic sensing, wave dynamics and turbulent fluxes», Sydney, Australia, 1999. P.159-164.
8. Bagnold R.A. Mechanics of the marine sedimentation. The Sea. Vol. 3. N.Y.: J. Wiley. 1963. P. 507-528.
9. Леонтьев И.О. Прибрежная динамика: волны. течения. потоки наносов. М.: ГЕОС. 2001. 272 с.