

# МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСТЕКЕНИЯ НЕФТИ НА МОРЕ\*

Л. А. БАЛАКАЙ, Т. В. ДЕДОВА  
АО «КАЗГЕОКОСМОС», Алматы, Казахстан  
e-mail: balakay@kgc.kz, dedova@kgc.kz

Undoubtedly, the problem of accidental oil spills and regular leaks is one of the vexed among the others, which arise during the hydrocarbon region exploitation in the shelf of the Caspian Sea. This paper describes the developed technology for the monitoring and forecast of the oil spill distribution.

В настоящее время в казахстанской части Каспийского моря интенсивно разрабатываются шельфовые месторождения нефти. В связи с этим появляется риск возникновения разливов, ведущих к загрязнению прибрежно-морской зоны. В свою очередь также интенсивно развивается и постоянно совершенствуется методология прогноза последствий нефтяного загрязнения морской среды. Важная роль в этих исследованиях принадлежит математическому моделированию [1–3], которое включает в себя создание разнообразных моделей, имитирующих динамику изменения концентрации нефти в водной среде и базирующихся на данных космического и локального мониторинга.

Разработанная ГИС-технология прогноза распространения нефтяного загрязнения в морской среде имеет эти два основных этапа:

— осуществление дистанционного контроля за территорией шельфовой части Северного Каспия, при котором космический мониторинг ведется с привлечением данных со спутников активного и пассивного зондирования, распознавание нефтяных сликов и определение местоположения источника, площади и объема вылитой нефти;

— прогноз распространения нефтяных разливов с помощью модуля SA (Spill Analysis) программного комплекса МКЕ 21, учитывающего основные физические и химические процессы, протекающие при нефтяном разливе.

Исключительные возможности космического мониторинга добычи нефти и контроля возникновения нефтяных пленок на морских акваториях открывает использование метода активного зондирования территории с помощью радара. Методика распознавания нефтяных разливов с помощью радарного зондирования основана на эффекте подавления мелких морских волн пленкой нефти, т. е. поверхность более гладкая и изображение пленки имеет более черный тон. Основными характеристиками нефтяных пленок на радарных снимках являются [4–6]:

— четкие границы пятна;

---

\*Работа выполнена в рамках проекта «Создать межотраслевую геоинформационную систему с использованием методов дистанционного зондирования и цифровой картографии» в соответствии с Государственной программой «Развитие космической индустрии в Республике Казахстан» на 2005–2007 гг.

© Институт вычислительных технологий Сибирского отделения Российской академии наук, 2006.

- совпадение очертания пятна с направлением ветра и морскими течениями;
- для аварийных разливов характерно наличие источников (платформы, танкера, скважины и пр.);
- естественные утечки имеют пульсационный характер и подтверждаются геологической информацией.

Для обнаружения пятна идеальными условиями являются умеренные скорости ветра. При распознавании нефтяного загрязнения вод с помощью радарного зондирования следует учитывать, что сглаживание поверхности воды может быть вызвано не только аварийными нефтяными разливами и естественными утечками нефти, но также цветением морских водорослей, рыбной и другой биологической деятельностью, выбросами иных загрязнителей. Кроме того, темными тонами на радарном изображении могут отобразиться атмосферные явления (атмосферный фронт, ветровая тень, участки под дождем), следы проходящих судов, отражение донной топографии и пр. Поэтому при распознавании нефтяных пленок необходим сбор информации из различных источников: метеорологических данных, данных пассивного зондирования поверхности в видимом диапазоне, информации о возможных источниках нефтяных разливов.

На рис. 1 приведены снимки разливов нефти из точечных источников в прибрежной зоне на юго-западе от поселка Жанбай. Источником загрязнения, вероятно, являются суда, промывающие свои баки с горючим. Как видно из снимков, нефтяные шлейфы затекают в заросли камышей и тем самым наносят большой вред животному миру, населяющему

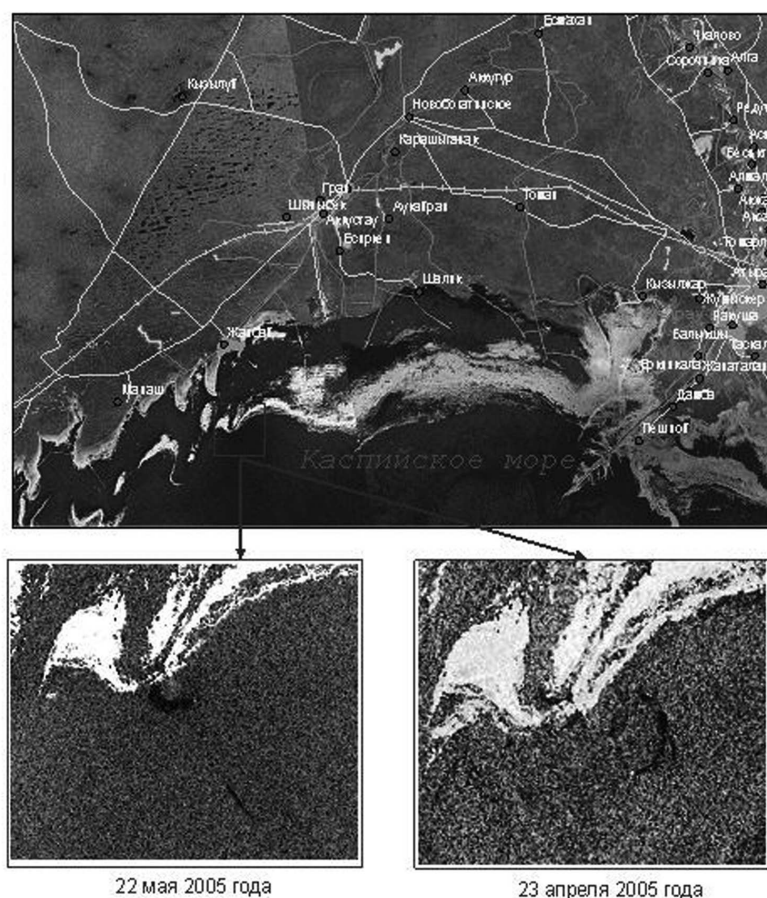


Рис. 1. Разливы нефти, идентифицированные по снимкам RADARSAT 1.

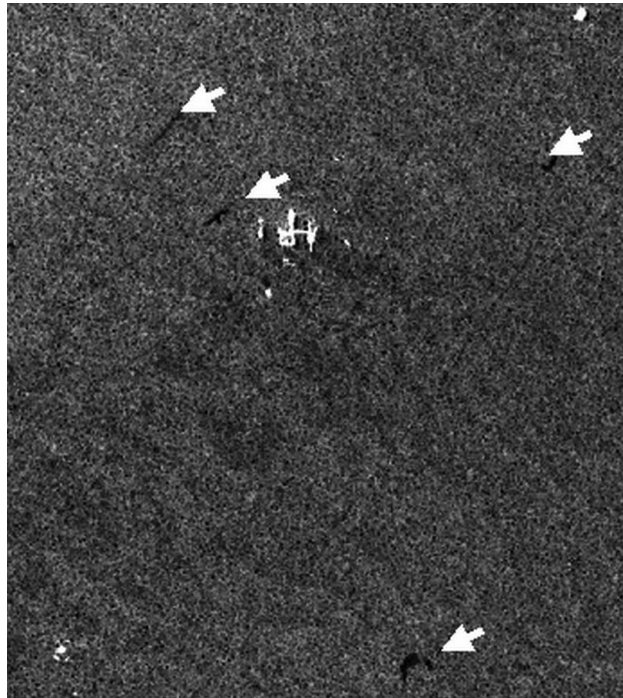


Рис. 2. Снимок RADARSAT 1. 6 июля 2005 года.

эти естественные инкубаторы. Вероятные естественные нефтяные утечки зафиксированы вблизи искусственного острова на Северном Каспии (рис. 2).

Для определения по данным космического зондирования объема нефти, попавшей в морскую среду, вычисляется площадь воды, покрытая нефтяной пленкой, толщина которой, согласно [7], принимается в диапазоне от 0.1 до 20 мм. Классификация загрязнения поверхности моря по результатам моделирования проводится согласно таблице [7].

Моделирование распространения нефтяных разливов проводится по следующему сценарию.

1. Расчет глубины воды и потоков для Северного Каспия в модуле HD программного комплекса MIKE 21 [8, 9] с использованием данных о давлении и скорости ветра, полученных из Европейского центра среднесрочного прогноза погоды (ECMWF). Для выполнения данного расчета проводились следующие действия:

- вычисление в модуле HD MIKE21 на сетке  $10 \times 10$  км глубины воды и потоков для всего Каспийского моря;
- создание файла, содержащего данные о глубине воды и потоках для южной и западной границ Северного Каспия;
- подготовка метеорологических данных для расчета на километровой сетке;

#### Классификация загрязнения нефтью поверхности моря

№ класса	Толщина нефтяной пленки, мм	Описание
1	0.00004 ... 0.0003	Тонкая пленка (серое пятно)
2	0.0003 ... 0.005	Радужная пленка
3	0.005 ... 0.05	Металлическая пленка
4	0.05 ... 0.2	Разрывное пятно нефтяного цвета
5	0.2 и более	Пятно нефтяного цвета с четкими границами

— непосредственный расчет глубины воды и потоков для Северного Каспия на сетке размером  $1 \times 1$  км.

2. Расчет распространения нефтяного пятна в модуле SA программного продукта MIKE 21 под влиянием метеорологических данных и полей гидродинамики, который включает:

— сбор и загрузку в модель метеорологических данных о температуре воды и воздуха, давлении и скорости ветра;

— определение и загрузку в модель местоположения источника нефтяного загрязнения и объема попавшей в воды Каспия нефти по данным локального или дистанционного зондирования;

— определение и загрузку в модель фракционного состава и физических свойств нефти [10] в соответствии с требованиями модуля SA [3] в зависимости от месторождения, на котором произошла авария или утечка нефти;

— загрузку в модель данных о глубине воды и потоках Северного Каспия;

— непосредственный расчет на километровой сетке растекания нефтяной пленки по морской поверхности с учетом процессов дисперсии, адвекции, испарения, теплового баланса, эмульгирования и других процессов.

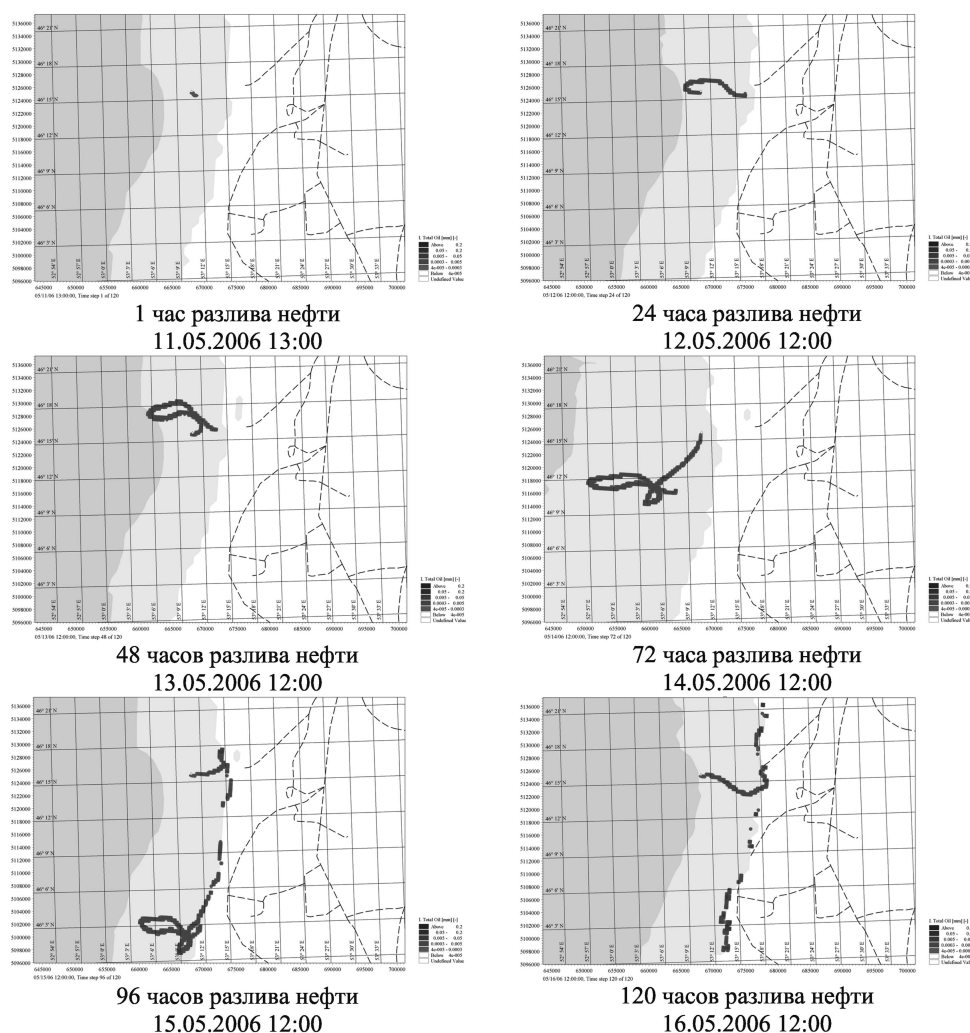


Рис. 3. Распространение нефтяной пленки по морю при протекании скважины.

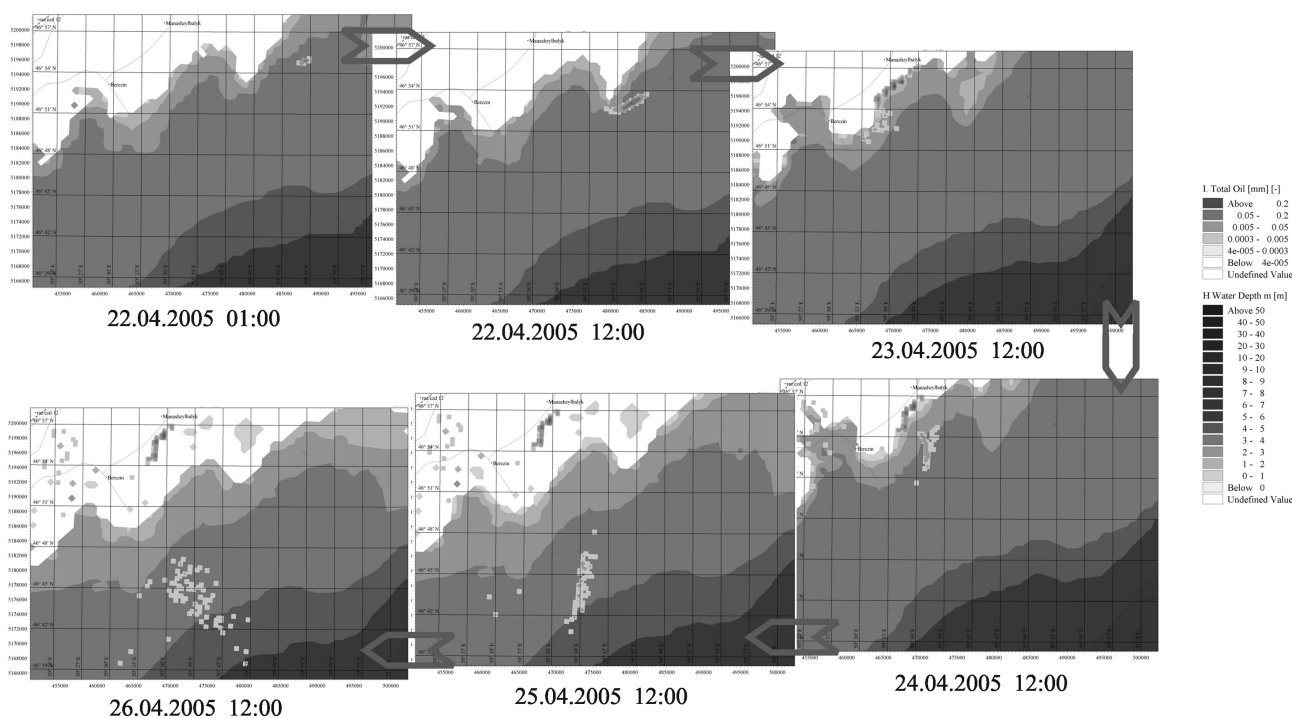


Рис. 4. Распространение нефтяного загрязнения от судна как вероятного источника выброса нефти в морскую среду.

На рис. 3 приведен пример моделирования растекания нефти. Этот расчет выполнен на основе данных аэронаблюдения, с помощью которого 12 мая 2006 г. в районе месторождения Прибрежное обнаружено нефтяное пятно шириной 10 м и длиной 2 км. Моделирование распространения нефтяного пятна проводилось на период с 11 по 16 мая, предполагалось, что источник загрязнения был постоянным и функционировал все время расчета. Расчет показал, что нефтяное пятно переместится от источника выброса на запад на 15 км, а затем в результате нагона частично окажется на восточном побережье.

На рис. 4 для периода времени с 22 по 26 апреля 2005 г. приведены результаты расчета растекания нефтяного пятна, обнаруженного на космоснимке со спутника RADARSAT-1 (см. рис. 1). В данном случае источник загрязнения принимался функционирующим только в течение 2 ч. Из результатов моделирования видно, что нефтяное загрязнение частично выносится на берег, а частично распространяется в южном направлении.

Таким образом, космический мониторинг и проведение моделирования распространения нефтяного загрязнения дают возможность быстро анализировать происходящие события, оценивать их возможные последствия и оперативно разрабатывать план реагирования на разливы нефти, что в свою очередь влияет на выбор адекватных средств и методов ликвидации нефтяного загрязнения.

## Список литературы

- [1] Архипов Б.В., Пархоменко В.П., Солбаков В.В., Шапочкин Д.А. Математическое моделирование распространения нефтяных разливов в морской среде. М.: ВЦ РАН. 2001. 54 с.

- [2] MACKAY D., MATSUGU R.S. Evaporation rates of liquid hydrocarbon spills on land and water // The Canadian J. of Chemical Engineering. 1973. Vol. 51, N 8. P. 434–439.
- [3] MIKE 21 & MIKE 3 PA/SA. Particle Analysis and Oil Spill Analysis Module. User Guide. DHI Software. 2005. 106 p.
- [4] КОТОВА Л., ESPEDAL H.A., JOHANNESSEN O.M. Oil spill detection using spaceborne SAR: a brief review // Proc. 27th Intern. Symp. on Remote Sensing Environmental. 1998. P. 791–794.
- [5] LU J., KWON L.K., LIM H. Mapping oil pollution from space // Backscatter. 2000. P. 23–26.
- [6] PAVLAKIS P., SIEBER A., ALEXANDRY S. Monitoring oil-spill pollution in the mediterranean with ERS SAR // Earth Observation Quarterly. 1996. N 52. P. 13–16.
- [7] TRIESCHMANN DR. O. How to detect oil spills? // Workshop; Satellite Monitoring and Assessment of Sea-based Oil Pollution in the Black Sea, 2005.
- [8] MIKE 21 Flow Model. Hydrodynamic Module. Sci. Documentation. DHI Software. 2005. 58 p.
- [9] MIKE 21 Flow Model. Hydrodynamic Module. User Guide. DHI Software. 2005. 90 p.
- [10] НАДИРОВ Н.К. Нефть и газ Казахстана. Ч. 2. Алматы: Гылым, 1995.

*Поступила в редакцию 19 октября 2006 г.*