

УДК 001.891.572

А. А. БУСЫГИНА, студентка гр. ЭПм-1,
Дальневосточный государственный технический
рыбохозяйственный университет, г. Владивосток,
А.А. КОВАЛЬ, студентка гр. 5726 м
Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск

МОДЕЛИРОВАНИЕ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ, СВЯЗАННОЙ С РАЗЛИВОМ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ПОВЕРХНОСТИ МОРЯ В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

В последние годы из-за увеличения хозяйственного освоения Земли все чаще происходят нефтяные разливы, которые наносят ущерб окружающей природной среде. Нефтяные разливы могут происходить на любой из стадий переработки, добычи или транспортировки нефтепродуктов. На основании данных Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, ежегодно в стране происходит свыше 25 тысяч аварийных нефтяных разливов. При этом на месторождениях вследствие аварийных разливов в окружающую среду поступает не менее 50 тысяч тонн нефти и пластовых вод. [2, 6]

Нахождение нефти в море регистрируется в следующих формах: в виде эмульсии, в растворенном виде, а также в виде агрегатов (нефтяных комочков) и пленок. Последние являются наиболее экологически опасной миграционной формой нефти. [4] Главными путями поступления нефти в море являются сброс вод, судоходство и терригенные стоки. [3]

Значительное негативное воздействие хозяйственной деятельности на прибрежные экосистемы предопределено физико-географическим местоположением залива Петра Великого (далее – ЗПВ) и связано в первую очередь с эксплуатацией судов. С 1991 г. на территории Российской Федерации слабо налажена система регулирования и наблюдения за сбросами в морские воды. [5] В текущий момент основной источник данных о нефтяном загрязнении — радиолокационные станции с синтезированной апертурой (далее — РСА).

РСА спутникового базирования позволяют спутникам серии Sentinel-1 наблюдать за морской поверхностью независимо от уровня естественной освещенности и метеорологических условий. Спутниковые РСА являются чрезвычайно энергозатратными сенсорами, из-за чего на орбите они работают ограниченный период времени, а также начинают вести измерения лишь по сигналу из центра управления. В настоящее время ESA регулярно включает РСА спутника Sentinel-1 над рядом районов российского Дальнего Востока, в том числе над ЗПВ в Японском море. Постоянные спутниковые измерения разделяются на отдельные фреймы

для последующего использования, сохраняющиеся в разных форматах. Для доступа к данным необходимо пройти процедуру регистрации. С целью мониторинга ЗПВ наиболее пригодными являются продукты уровня обработки L1 режима «Interferometric Wide swath», доступ к которым предоставляется раз в 12 суток. Нижеприведённые снимки являются набором метаданных и охватывают почти всю акваторию ЗПВ. Размер пикселя каждого изображения — 10 на 10 м.

В данной статье приводятся результаты моделирования аварийной ситуации, связанной с разливом нефтепродуктов на поверхности моря в ЗПВ за 17 августа 2015 г. Этапы нашей работы таковы:

1. Индикация нефтяного загрязнения и расчёт площади нефтяного слива.

На рис. 1 представлено радиолокационное изображение, полученное со спутника Sentinel-1A 17 августа 2015 г.



Рисунок 1. Расположение нефтяного пятна, полученное со спутника Sentinel-1A 17 августа 2015 г.

Площадь каждого нефтяного пятна из представленных на рис. 1 рассчитывалась по следующим формулам:

$$S_1 = 4073 \text{ пикселя} * 40 * 40 = 6,5168 \text{ км}^2;$$

$$S_2 = 4587 \text{ пикселей} * 40 * 40 = 7,3392 \text{ км}^2;$$

$$S_3 = 2607 \text{ пикселей} * 40 * 40 = 4,1712 \text{ км}^2.$$

Далее эти значения суммировались для получения общей площади нефтяного пятна:

$$S_{\text{суммарная}} = 6,5168 \text{ км}^2 + 7,3392 \text{ км}^2 + 4,1712 \text{ км}^2 = 18,0272 \text{ км}^2$$

2. Расчёт бюджета нефти по модели ADIOS-2

В таб. 1 представлены данные о скорости и направлении ветра и течения от 17 августа 2015 г., взятые с сайтов rp5.ru [8] и Copernicus Marine Service. [7]

Таблица 1. Данные о скорости и направлении ветра и течения 17 августа 2015 г.

Время	Скорость ветра, м/с	Направление ветра	Скорость течения, м/с	Направление течения
7:00	2	ЗСЗ	0,5	С
10:00	2	ЗСЗ	0,5	С
13:00	3	ЗСЗ	0,5	С
16:00	8	ЮЮЗ	0,5	С
19:00	8	Ю	0,5	С
22:00	10	ЮЮВ	0,5	С
01:00	9	ЮЮВ	0,5	С
4:00	9	ЮЮВ	0,5	С

По модели ADIOS-2 был проведен расчет изменения состояния нефти. Результат представлен на рис. 2 и в табл. 2.

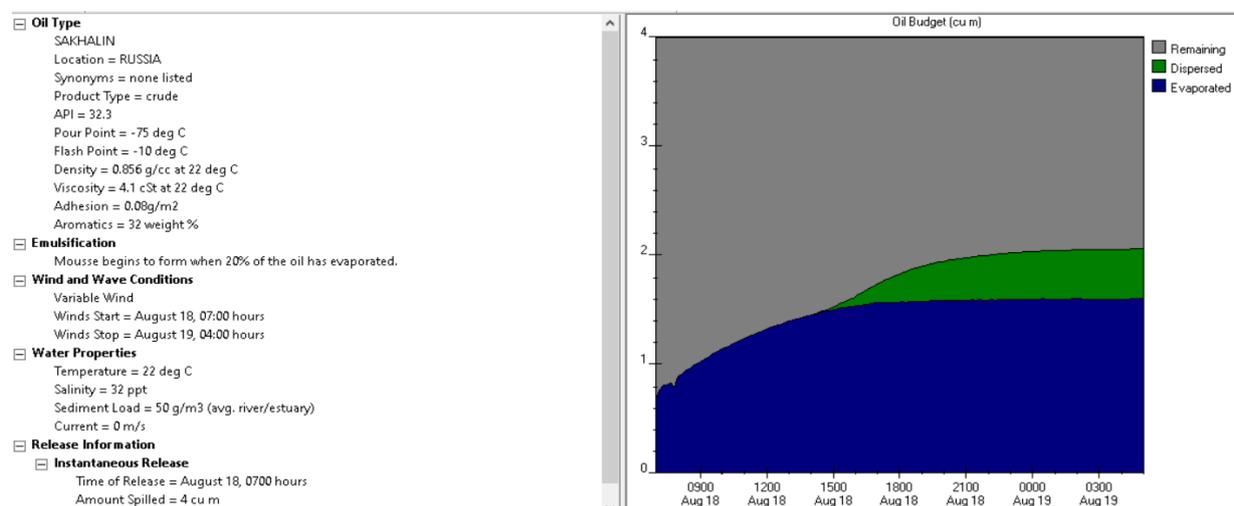


Рисунок 2. Расчет изменения состояния нефти

Таблица 2. Остаток, испарение и диспергирование нефти

Время	Осталось	Диспергировалось	Испарилось
08:00	3,1	0	0,9
02:00	0,4	2,05	1,55

3. Моделирование дрейфа нефтяного пятна

Для линейного моделирования дрейфа нефтяного пятна была использована следующая формула:

$$V_H = V_B + V_T \quad (1),$$

где V_H — дрейф нефтяного пятна; V_B — дрейф нефтяного пятна под действием ветра; V_T — дрейф нефтяного пятна под действием течения.

Чтобы рассчитать дрейф нефтяного пятна под действием ветра, использовалась данная формула:

$$V_B = 0,03 * V_{CB} \quad (2),$$

где V_{CB} — скорость ветра; 0,03 — величина постоянная.

Чтобы рассчитать дрейф нефтяного пятна под действием течения, была взята нижеприведенная формула:

$$V_T = 0,56 * V_{CT} \quad (3),$$

где V_{CT} — скорость течения; 0,5 м/с — величина постоянная; 0,56 — величина постоянная.

Время 07:00

$$V_H = 0,03 * 2 + 0,56 * 0,5 = 0,06 + 0,28$$

Дрейф нефтяного пятна под действием ветра за 3 ч: $0,06 * 10800 = 648$ м (16 пикселей). Дрейф нефтяного пятна под действием течения за 3 ч: $0,28 * 10800 = 3024$ м (76 пикселей).

Время 10:00

$V_H = 0,03 * 2 + 0,56 * 0,5 = 0,06 + 0,28$; ветер — 648 м (16 пикселей); течение — 3024 м (76 пикселей).

Время 13:00

$V_H = 0,03 * 3 + 0,56 * 0,5 = 0,09 + 0,28$; ветер — 972 м (24 пикселя); течение — 3024 м (76 пикселей).

Время 16:00

$V_H = 0,03 * 8 + 0,56 * 0,5 = 0,24 + 0,28$; ветер — 2592 м (65 пикселей); течение — 3024 м (76 пикселей).

Время 19:00

$V_H = 0,03 * 8 + 0,56 * 0,5 = 0,24 + 0,28$; ветер — 2592 м (65 пикселей); течение — 3024 м (76 пикселей).

Время 22:00

$V_H = 0,03 * 10 + 0,56 * 0,5 = 0,3 + 0,28$; ветер — 3240 м (81 пиксель); течение — 3024 м (76 пикселей).

Время 01:00

$V_n = 0,03 \cdot 9 + 0,56 \cdot 0,5 = 0,27 + 0,28$; ветер – 2916 м (73 пикселя);
течение – 3024 м (76 пикселей).

Время 04:00

$V_n = 0,03 \cdot 9 + 0,56 \cdot 0,5 = 0,27 + 0,28$; ветер – 2916 м (73 пикселя);
течение – 3024 м (76 пикселей)

На рис. 3 представлено направление дрейфа нефтяного пятна, полученное со спутника Sentinel-1A 17 августа 2015 г.

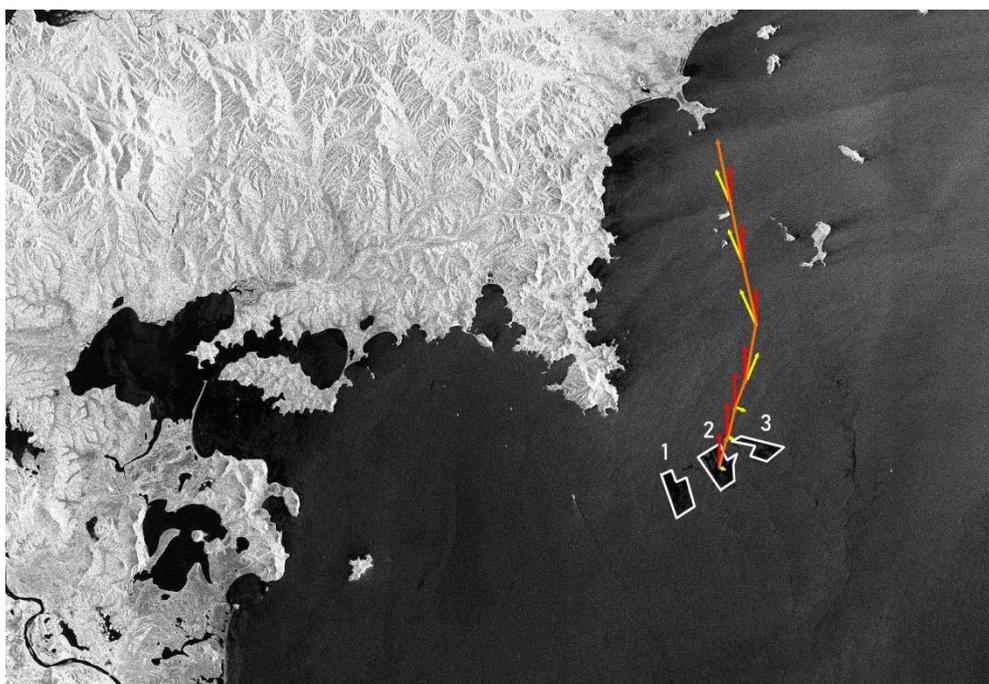


Рисунок 3. Направление дрейфа нефтяного пятна, полученное со спутника Sentinel-1A 17 августа 2015 г.

Согласно рис. 3, в первую половину суток нефтяное пятно смещалось на север-северо-восток, а после — на север-северо-запад. Под воздействием оказался архипелаг Римского-Корсакова, относящийся к Восточному району Дальневосточного морского биосферного заповедника, а также прибрежные воды полуострова Клерка.

На основании проделанной работы можно сделать вывод, что использование РСА-съемки для спутникового мониторинга обладает таким преимуществом, как высокое разрешение, позволяющее определить размеры нефтяных загрязнений и спрогнозировать дальнейшую траекторию дрейфа. Кроме того, сам метод не является энергетически и финансово затратным.

Список литературы:

1. Приказ Минприроды России от 13 апреля 2009 г. № 87 "Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства" (с изменениями и дополнениями).
2. Беликов В. А., Галянин В. В., Орлов С. П. Анализ данных дистанционного зондирования Земли для обнаружения нефтяных разливов /Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2017. – №. 2 (54). – С. 7-12.
3. Герлах С.А. Загрязнение морей. Диагноз и терапия. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 263 с., Немировская И.А. Углеводороды в океане (снег–лед–вода–взвесь–донные осадки). М.: Науч. мир, 2004. 328 с., Патин С.А. Нефтяные разливы и их воздействие на морскую среду и биоресурсы. М.: Изд-во ВНИРО, 2008. – С. 508.
4. Дубина В.А., Катин И.О. Нефтяное загрязнение Дальневосточного морского заповедника по спутниковым данным и натурным наблюдениям /Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2012. – №. 6 (166). – С. 94-100.
5. Дубина В.А., Митник Л.М., Катин И.О., Мельников А.А. Нефтяное загрязнение Японского моря судами: состояние и перспективы спутникового мониторинга // Материалы IV Междунар. экол. форума «Природа без границ», Владивосток, 6–8 окт. 2009 г. Владивосток: Рея, 2010. – С. 206–207
6. Сайт Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации [Электронный ресурс]: статьи. - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://www.mnr.gov.ru/> - Загл. с экрана. - Яз. рус.
7. Copernicus Marine Service – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://marine.copernicus.eu/>, свободный доступ. – (Дата обращения: 28.10.2022)
8. Rp5.ru – [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://rp5.ru/Погода_в_мире, свободный доступ. – (Дата обращения: 28.10.2022)]