



УДК 004.051

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ВЗРЫВОВ РАЗЛИВОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ЗАПАДНОМ ПОРТУ МОСКВЫ

Шапошников Алексей Дмитриевич, аспирант кафедры охраны окружающей среды и производственной безопасности
ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта».
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

Аннотация. В работе представлены результаты прогнозирования экологических последствий взрывов разливов нефтепродуктов в Западном порту Москвы с применением программного комплекса PISCES 2 для определения уровня опасности и экологических рисков при авариях на водном транспорте. В ходе работы производилось прогнозирование зон воздействия поражающих факторов от взрывов разливов нефтепродуктов на водных объектах на примере акватории Канала имени Москвы.

Ключевые слова: разлив нефтепродуктов, избыточное давление, охрана окружающей среды, взрыв разлива, Западный порт Москвы, экологическая безопасность.

Предотвращение экологических последствий разливов нефтепродуктов, в том числе сопровождающихся взрывами и пожарами разлива, имеют высший приоритет для обеспечения устойчивого развития и экологической безопасности [1 – 3]. Западный порт города Москвы играет значительную роль в транспортировке нефтепродуктов и является зоной повышенного риска транспортных происшествий [4 – 6].

Для формирования научных основ оперативных мероприятий по предотвращению распространения разлива и минимизации его воздействия на окружающую среду выполняется прогнозирование на отрезке времени не менее 4 часа.

В целях точного определения таких параметров, как траектория разлива и его распределение выполняется моделирование, с помощью программного продукта PISCES 2, что существенно улучшает планирование и проведение действий по борьбе с аварийными ситуациями [7 – 9].

В качестве примера разливов нефтепродуктов без возгорания на акватории представлено прогнозирование разлива нефтепродуктов на 31 км Канала имени Москвы в районе Западного порта (табл. 1 - 2, рис. 1 - 2).

В работе проведено прогнозирование воздействия поражающих факторов при пожаре разлива дизельного топлива в Западном порту Москвы в очаге аварийности транспортных судов на 31 км Канала имени Москвы [10 – 12] (табл. 3, рис. 3).

В таблице 4 представлены зоны воздействия пороговых уровней теплового излучения на человека и окружающую среду. На рисунке 4 представлены зоны воздействия избыточного давления значением 5 (кПа) характеризующийся нижним уровнем повреждения человека ударной волной [13 – 15].

Сценарий разлива нефтепродуктов на 31 км Канала имени Москвы. Западный порт (дизельное топливо, объем разлива 642,0 м³ (552,1 т), межень, скорость течения 0,22 м/с, ветер западный 5 м/с)

№	Свойства разлива	1 час	2 часа	3 часа	4 часа
1	Время достижения нефтяным пятном берега, час/мин	2 минуты			
2	Дислокация пятна, км	29,7	28,6	27,5	26,6
3	Длина пятна, м	740	894	1000	1000
4	Ширина пятна, м	72,1	95,6	61,5	170
5	Загрязненный берег, м	1263	2351	3382	4134
6	Площадь пятна, м ²	35702	52426	41961	87894
7	Количество нефти на плаву, м ³	611,4	581,7	554,5	529,9
8	Количество испарившейся нефти, м ³	0,6	1,7	2,6	3,6
9	Количество нефти на берегу, м ³	15,5	30,2	42,7	53,0
10	Количество диспергированной нефти, м ³	14,4	28,5	42,2	55,6
11	Максимальная толщина пятна, мм	57,5	54,8	48,4	40,8
12	Вязкость, сСт	4,0	4,9	5,3	5,5
13	Расстояние между источником разлива и пятном, м; пеленг, град	1200 м; 121°	2000 м; 94°	3000 м; 83°	3700 м; 92°
14	Возможно попадание нефти в приоритетные зоны:	Водозабор 30,4 км			

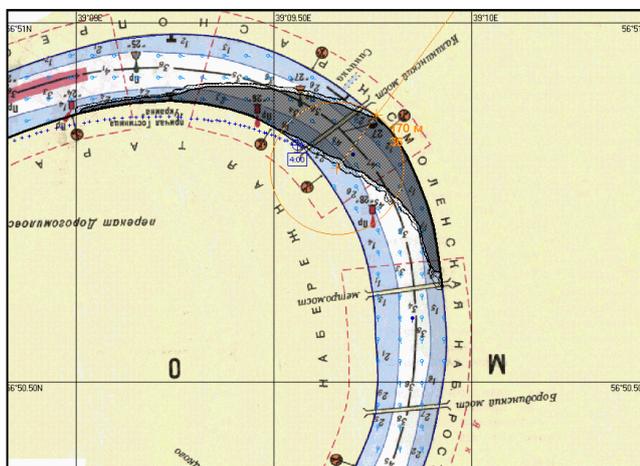


Рис. 1. Карта разлива нефтепродукта на четыре часа (межень, масштаб 1:6000)

Сценарий разлива нефтепродуктов на 31 км Канала имени Москвы. Западный порт (дизельное топливо, объем разлива 642,0 м³ (552,1 т), паводок, скорость течения 1,19 м/с, ветер западный 15 м/с.)

№	Свойства разлива	1 час	2 часа	3 часа	4 часа
1	Время достижения нефтяным пятном берега, час/мин	2 минуты			
2	Дислокация пятна, км	27,3	24	21,9	18,4
3	Длина пятна, м	944	1400	1500	3000
4	Ширина пятна, м	60,5	70,9	51,5	95,4
5	Загрязненный берег, м	3882	6803	8781	11864
6	Площадь пятна, м ²	32625	52652	53817	171600
7	Количество нефти на плаву, м ³	579,1	526,3	488,0	440,2
8	Количество испарившейся нефти, м ³	0,6	1,7	2,6	4,0
9	Количество нефти на берегу, м ³	48,0	86,3	110,6	145,0
10	Количество диспергированной нефти, м ³	14,3	27,7	40,8	52,8
11	Максимальная толщина пятна, мм	70,7	43,9	39,2	28,0
12	Вязкость, сСт	4,0	4,9	5,3	5,5
13	Расстояние между источником разлива и пятном, м; пеленг, град	3100 м; 83°	3200 м; 134°	4300 м; 152°	5600 м; 122°
14	Возможно попадание нефти в приоритетные зоны:	Водозабор 30,4 км			

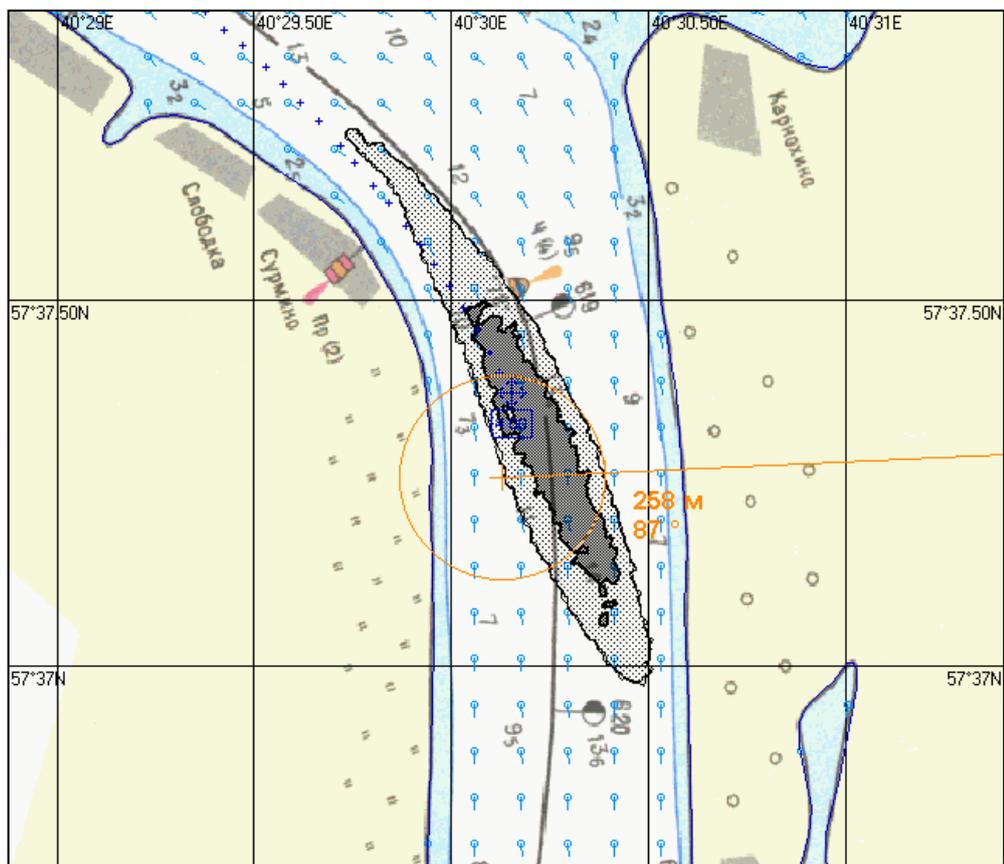


Рис. 2. Карта разлива нефтепродукта на четыре часа (паводок, масштаб 1:12500)

Таблица 3

Сценарий пожара разлива в паводковом гидрологическом режиме в Западном порту
 Москвы на 31 км канала имени Москвы
 (дизельное топливо, объем разлива 642,0 м³ (552,1 т), межень, скорость течения
 0,22 м/с, ветер западный 5 м/с, максимальная площадь пятна на 1 час – 171600 м²)

№	Границы порогового уровня теплового излучения, м	Реципиент	Степень повреждения
1	586,2	Животные и человек	Непереносимая боль через 3-5 с Ожог 1-й степени через 6-8 с Ожог 2-й степени через 12-16 с
2	1674,9		Непереносимая боль через 20-30 с Ожог 1-й степени через 15-20 с Ожог 2-й степени через 30-40 с
3	7034,5		Безопасно для человека в брезентовой одежде
4	13957,2		Без негативных последствий в течение длительного времени
5	502,5	Растительный комплекс	Возгорание 15% древесины через 5 мин.
		Почвенный комплекс	Возгорание торфа, уничтожение верхнего слоя почвенного покрова через 3 мин.
		Техногенный комплекс	Возгорание ЛВЖ 3 мин.

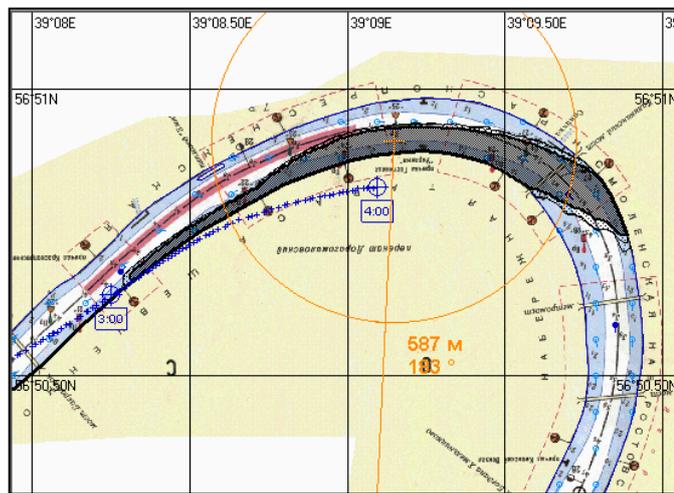


Рис. 3. Граница зоны теплового воздействия 10,5 кВт/м² (масштаб 1:10 000)

Таблица 4

**Сценарий взрыва разлива в паводковом гидрологическом режиме в Западном порту
Москвы на 31 км канала имени Москвы**
(дизельное топливо, объем разлива 642,0 м³ (552,1 т), межень, скорость течения
0,22 м/с, ветер западный 5 м/с, максимальная площадь пятна на 1 час – 171600 м²)

№ п/п	Степень поражения	Избыточное давление, кПа	Границы порогового уровня, м
1	Нижний порог повреждения человека волной давления	5	717,7
2	Умеренные повреждения (повреждение внутренних перегородок, рам, дверей и т.п.)	12	285,8
3	Средние повреждения	28	106,6
4	50%-ное разрушение	53	$\Delta P_{\max}=41,2$ кПа $R = 45,2$ м
5	Полное разрушение	100	-

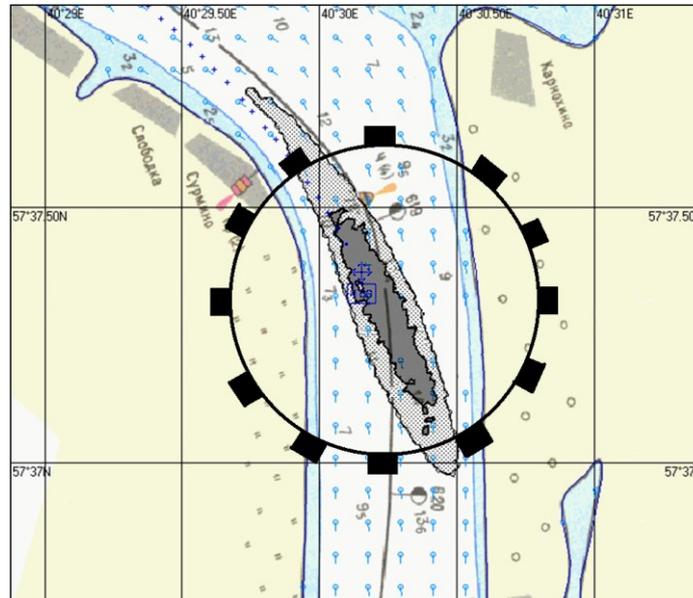


Рис. 4. Граница зоны воздействия ударной волны мощностью 5 кПа (масштаб 1:10 000)

В ходе работы установлено, что в межennem гидрологическом режиме площадь пятна нефтепродуктов на 4 часа составляет 87894 м². В паводковом гидрологическом режиме площадь пятна нефтепродуктов на 4 часа равна 171600 м². В обоих случаях пятно нефтепродукта достигает берега в течении 2-х минут.

В случае разлива нефти на 31 км Канала имени Москвы возможно попадание дизельного топлива в водозабор на 30,4 км.

Границы порогового уровня теплового излучения варьируются от 502,5 до 13957,2 метров. На расстоянии в 502,5 метров происходит возгорание торфа, а также уничтожение верхнего слоя почвенного покрова через 3 минуты от начала пожара. Безопасное расстояние для человека и окружающей среды располагается на расстоянии в 14 км от центра разлива.

Максимальное значение избыточного давления при взрыве разлива дизельного топлива составляет 41,2 кПа на расстоянии в 45,2 метра от центра пятна. Нижний порог повреждения человека волной давления располагается на расстоянии в 717,7 м.

Список литературы:

1. Прогнозирование разливов нефти с судов в Амурском бассейне / А.Н. Каленков, А.Е. Пластинин // Научные проблемы водного транспорта. – 2023. – №74. – С. 216-228. <https://doi.org/10.37890/jwt.vi74.3414>.

2. Ликвидация нефтяного загрязнения в морском порту Зарубино / О.А. Шагалова, А.Н. Бородин, А.Ю. Казанцев, А.Д. Шапошников // В сборнике: Транспорт. Горизонты развития. Труды 2-го Международного научно-промышленного форума. Нижний Новгород. – 2022. – С. 66.

3. Оценка рисков возникновения и последствий разливов нефти в бассейне Карского моря / А.Е. Пластинин, О.Л. Домнина, В.С. Наумов [и др.]. – Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта, 2020. – 220 с. – ISBN 978-5-901722-72-5. – Текст: непосредственный.

4. Предотвращение загрязнения окружающей среды при эксплуатации судов на Северном морском пути планированием работы ледокольного флота / О. М. Пинаева, А. Е. Пластинин, А. А. Разин, Е. А. Уварова. – Текст: электронный // Проблемы экологии Волжского бассейна: Труды 4-й всероссийской научной конференции, Нижний Новгород, 30–31 октября 2019 года. – Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта, 2019. – С. 21. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_43057007_37900826.pdf (дата обращения: 21.04.2024).

5. Оценка площади нефтяного загрязнения при разливах газового конденсата в Каспийском море / Л.И. Головацкая, А.Н. Бородин, А.Е. Пластинин // Морские интеллектуальные технологии. – 2023. – № 2-1(60). – С. 315-319. – DOI 10.37220/МІТ.2023.60.2.039.

6. Моделирование нефтяного загрязнения при разливах газового конденсата в Каспийском море / Л.И. Головацкая, А.Н. Бородин, А.Е. Пластинин // Актуальные решения проблем водного транспорта: сборник материалов II Международной научно-практической конференции, Астрахань, 29 мая 2023 года. – Астрахань: Индивидуальный предприниматель Сорокин Роман Васильевич (Издатель: Сорокин Роман Васильевич), 2023. – С. 98-102.

7. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023623610 Российская Федерация. База данных по источникам разливов нефти и нефтепродуктов: № 2023623290: заявл. 11.10.2023: опубл. 24.10.2023 / Л.И. Головацкая, А.Е. Пластинин, А.Н. Бородин, А.С. Воробьева; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волжский государственный университет водного транспорта». – EDN ITXKIK.

8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023683871 Российская Федерация. Информационно-аналитическая поддержка мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов. Оценка размеров вреда водному объекту: № 2023683646: заявл. 10.11.2023: опубл. 10.11.2023 / Л. И. Головацкая, А. Е. Пластинин, А. Н. Бородин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волжский государственный университет водного транспорта». – EDN IIZDX.

9. Экологические аспекты применения фандоматов на объектах водного транспорта / М.Ю. Кочеткова, Р.А. Кочетков, С.С. Пластинина // Актуальные решения проблем водного транспорта: сборник материалов II Международной научно-практической конференции, Астрахань, 29 мая 2023 года. – Астрахань: Индивидуальный предприниматель Сорокин Роман Васильевич (Издатель: Сорокин Роман Васильевич), 2023. – С. 124-126.

10. Проблемы экономической безопасности: вызовы новой реальности / Е.В. Алексеева, В.В. Бехер, Т.А. Вerezубова [и др.]; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; Южно-Уральский государственный университет; Кафедра «Экономическая безопасность». – Челябинск: Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), 2023. – 732 с. – ISBN 978-5-696-05372-1. – Текст: непосредственный.

11. Прогнозирование нефтяного загрязнения при разливах газового конденсата в Каспийском море / Л. И. Головацкая, А. Н. Бородин, А. Е. Пластинин // Транспорт. Горизонты развития: Труды 3-го Международного научно-промышленного форума, Нижний Новгород, 14–16 июня 2023 года. – Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта, 2023. – С. 48.

12. Reshnyak, V. Evaluating environmental hazards of the potential sources of accidental spills / V. Reshnyak, O. Domnina, A. Plastinin. - doi:10.1088/1755-1315/867/1/012046. - Текст: электронный // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021 International Symposium «Earth Sciences: History, Contemporary Issues and Prospects, ESHCIP 2021». IOP Publishing Ltd. - 2021. - С. 012046. - URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/867/1/012046/pdf> (дата обращения: 10.02.2024).

13. Проблемы экономической безопасности: новые глобальные вызовы и тенденции / Л. М. Анохин, Н. В. Анохина, О. Г. Аркадьева [и др.]; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; Южно-Уральский государственный университет; Кафедра «Экономическая безопасность». – Челябинск: Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), 2021. – 715 с. – ISBN 978-5-696-05206-9. – Текст: непосредственный.

14. Оценка качества воды реки Волги в районе Подновского рейда нефтеналивных судов по азотосодержащим соединениям / М.Д. Павликова, А.Н. Бородин, А.Е. Пластинин // Научные проблемы водного транспорта. – 2022. – № 73. – С. 266-275. DOI: 10.37890/jwt.vi73.303.

15. Проблемы экономической безопасности: новые решения в условиях ключевых трендов экономического развития / М. Стуль, Ш. А. Смагулова, А. Е. Ермуханбетова [и др.]; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; Южно-Уральский государственный университет, Кафедра «Экономическая безопасность». – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2020. – 461 с. – ISBN 978-5-696-05149-9. – Текст: непосредственный.

FORECASTING THE ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF EXPLOSIONS AND OIL SPILLS IN THE WESTERN PORT OF MOSCOW

Alexei D. Shaposhnikov

Abstract. The paper presents the results of forecasting the environmental consequences of explosions of petroleum products in the western port of Moscow using the PISCES 2 software package to determine the level of danger and environmental consequences in accidents on water transport. In the course of the work, the prediction of the impact zones of damaging factors from explosions of oil spills on water bodies was carried out using the example of the water area of the Moscow Canal.

Keywords: oil spill, overpressure, environmental protection, spill explosion, Western port of Moscow, environmental safety.