

УДК 004.051

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ВЗРЫВОВ ПРИ РАЗЛИВАХ НЕФТЕПРОДУКТОВ В МОСКОВСКОМ БАСЕЙНЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**Шапошников А. Д.**

Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Статья **поступила** 12.03.2025, **принята** к публикации 25.03.2025. Опубликовано онлайн.

Аннотация. В исследовании представлены результаты определения зон воздействия избыточного давления при взрывах разливов нефтепродуктов при транспортных происшествиях на акватории Московского бассейна внутренних водных путей. На современном этапе одним из видов наиболее опасных чрезвычайных ситуаций на водном транспорте, сопровождающихся значительными экологическими последствиями, являются взрывы при разливах нефтепродуктов, как в процессе грузовых операций, так и при транспортировании нефтепродуктов. Целью работы является оценка экологических последствий взрывов при разливах нефтепродуктов на акватории Московского бассейна внутренних водных путей с применением

современных информационных технологий прогнозирования и моделирования сценариев развития чрезвычайных ситуаций. Для этого выполнены сбор и обработка исходных данных для прогнозирования разливов нефтепродуктов на акваториях Московского бассейна, прогнозирование и моделирование разливов и оценка уровней воздействия избыточного давления при реализации сценария «взрыв разлива нефтепродуктов».

Ключевые слова: транспортные происшествия, водный транспорт, оценка экологических последствий, математическое моделирование взрыв разлива, экологическая безопасность, разливы нефтепродуктов, Московский бассейн

ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF EXPLOSIONS DURING OIL PRODUCT SPILLS IN THE MOSCOW BASIN USING DIGITAL TECHNOLOGIES**Shaposhnikov A. D.**

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The study presents the results of determining the zones of influence of overpressure during explosions of oil product spills during transport accidents in the water area of the Moscow basin of inland waterways. At the present stage, one of the most dangerous types of emergencies in water transport, accompanied by significant environmental consequences, are explosions during oil product spills, both during cargo

operations and during transportation of petroleum products.

The purpose of the work is to assess the environmental consequences of explosions during oil product spills in the waters of the Moscow basin of inland waterways using modern information technologies for forecasting and modeling scenarios for the development of emergency situations.

For this purpose, the initial data was collected and processed to predict oil product spills in the waters of the Moscow Basin, predict and simulate spills, and assess the levels of overpressure exposure during the implementation of the "oil spill explosion" scenario.

Введение

Крупнейшим источником взрывов нефтепродуктов на водном транспорте являются танки нефтеналивных судов. Одними из примеров таких катастроф являются взрывы датского танкера «Якоб Маерск» в 1975 г, испанского танкера «Уркиола» в 1976 г, румынского танкера «Индепендента» в 1979 г, танкера «Кастилло де Бельве» в 1983 г, танкера «Людовик Свобода» в 1985 г., танкера «Хейвен» в 1991 г., танкера «Виктория» в 2003 г., танкера «Санчи» в 2018 г., танкера «Koala» в 2025 г. в порту Усть-Луга. Но при стечении факторов возможно образование условий для возникновения интенсивного испарения нефтепродуктов с поверхности разлива и накопления требуемых концентраций газопаровоздушной смеси, которые приведут к взрыву разлива нефтепродуктов на акватории внутренних водных путей [1-9].

Рассматриваемая чрезвычайная ситуация на водном транспорте всегда сопровождается значительными размерами вреда, наносимого окружающей среде, и поэтому оценка последствий взрывов разливов нефтепродуктов требует более полного определения ущербообразующих факторов [10-13].

Воздействие ударной волны и тепловой энергии на береговую полосу приводит к сгоранию и уничтожению береговых объектов включая, почвенный покров и растительный мир [15-19].

Взрывы разливов нефтепродуктов сопровождаются выделением большого количества избыточного давления в окружающую среду и требуют разработки защитных мероприятий, направленных. в первую очередь,

Keywords: transport accidents, water transport, environmental impact assessment, mathematical modeling of a spill explosion, environmental safety, oil product spills, Moscow basin

на локализацию процессов распространения опасных факторов.

Целью работы является прогнозирование и моделирование характеристик негативного воздействия взрывов при разливах нефтепродуктов с применением современных цифровых технологий для оценки экологических последствий чрезвычайных ситуаций на водном транспорте.

Основные задачи:

- сбор и обработка исходных данных для прогнозирования разливов нефтепродуктов в Московском бассейне;
- моделирование разливов нефтепродуктов на акватории;
- оценка зон воздействия избыточного давления при взрыве разлива нефтепродуктов.

Материалы и методы

Предотвращение экологических последствий разливов нефтепродуктов, в том числе сопровождающихся взрывами, имеют высший приоритет для обеспечения устойчивого развития и экологической безопасности [1-3]. Речные порты города Москвы играют 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 [7-9].

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 [10-12].

Результаты и обсуждение

В данной работе выполнено прогнозирование экологических последствий транспортных происшествий, связанных с разливами нефтепродуктов в Московском бассейне [13-16] (таблицы 1-2, рис. 1-2).

На основании данных таблицы 1 можно сделать вывод, что пятно нефтепродуктов распространяется вниз по течению, при этом площадь пятна увеличивается с 426463 м² (1 час) до 1070021 м² (4 часа).

На основании данных таблицы 2 можно сделать вывод, что пятно нефтепродуктов распространяется вниз по течению, при этом площадь пятна увеличивается с 44153 м² (1 час) до 89349 м² (4 часа), максимальная площадь пятна составляет 411030 м² (3 часа).

Анализ таблиц 1-2 и карт разливов нефтепродуктов (рис. 1-2) показывает, что площадь пятна нефтепродуктов на акваториях Московского бассейна в зависимости от конкретного источника опасности характеризуется широким диапазоном изменения количественных и качественных характеристик [2].

Например, максимальная площадь разлива может наблюдаться, как на 1, 2, 3 и 4 часа с момента возникновения аварии, как в межень, так и в паводковых условиях [6]. Максимальная площадь разлива могут достигаться, как в центре русла, так и до левого или правого берегов, а также в зоне островов.

Рассматриваемые места разливов выбраны как очаги аварийности транспортных происшествий, разливы на которых могут повлечь за собой негативные последствия для населения, окружающей среды и инфраструктуры [9].

В случае развития аварии и реализации сценария «взрывов разлива нефтепродуктов», из-за большого скопления населенных пунктов и мест постоянных проживаний людей по берегам водным магистралям Московского бассейна, последствия таких аварий будут иметь колоссальные последствия для населения и его нормального жизнеобеспечения.

При оценке факторов воздействия на окружающую среду, сопровождающих взрывом разлива нефтепродуктов, выделяют зону воздействия волны избыточного давления. Зоны уровней волн избыточного давления разделяют по расстояниям воздействия, максимальный прогнозируемый уровень избыточного давления составляет 100 кПа. Безопасным уровнем избыточного давления считается 3 кПа [11].

Таблица 1

Сценарий для дислокации источника в нефтяном порту (г. Муром) в очаге аварийности 217,8 км реки Ока (дизельное топливо, объем разлива 2907,0 м³ (2500,0 т), межень, скорость течения 1,0 м/с, ветер южный 3 м/с)

№	Свойства разлива	1 час	2 часа	3 часа	4 часа
1	Время достижения нефтяным пятном берега, час/мин	1 минута			
2	Дислокация пятна, км	210,9	205,1	200,0	193,0
3	Длина пятна, м	1800	3600	3800	5400
4	Ширина пятна, м	310	380	430	309

Таблица 1 (окончание)

Сценарий для дислокации источника в нефтяном порту (г. Муром) в очаге аварийности 217,8 км реки Ока (дизельное топливо, объем разлива 2907,0 м³ (2500,0 т), межень, скорость течения 1,0 м/с, ветер южный 3 м/с)

№	Свойства разлива	1 час	2 часа	3 часа	4 часа
5	Загрязненный берег, м	6708	10628	11470	14768
6	Площадь пятна, м ²	426463	797770	948368	1070021
7	Количество нефтепродуктов на плаву, т	2436	2402	2394	2360
8	Количество испарившихся нефтепродуктов, т	0,8	1,6	3,7	5,2
9	Количество нефтепродуктов на берегу, т	63,1	96,0	101,0	134,0
10	Количество диспергированных нефтепродуктов, т	0,3	0,5	0,9	1,2
11	Максимальная толщина пятна, мм	87,3	26,0	21,1	26,6
12	Вязкость, сСт	3,2	3,8	4,3	4,7
13	Расстояние между источником разлива и пятном, м; пеленг, град	5000 37°	8400 32°	12100 27°	16100 30°
14	Возможно попадание нефтепродуктов в приоритетные зоны:	г. Муром			

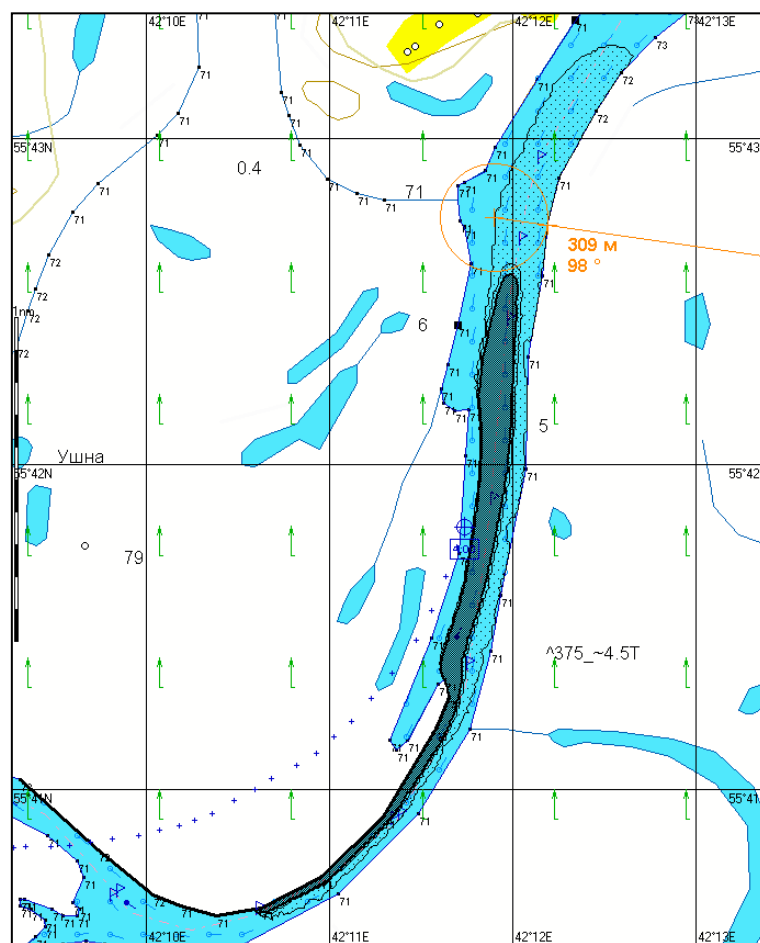


Рис. 1. Карта разлива нефтепродукта на четыре часа (межень, масштаб 1:20000)

Таблица 2

Сценарий для дислокации источника в нефтяном порту (г. Муром) в очаге аварийности 220,0 км реки Ока (дизельное топливо, объем разлива 2907,0 м³ (2500,0 т), паводок, скорость течения 1,5 м/с, ветер южный 15 м/с)

№	Свойства разлива	1 час	2 часа	3 часа	4 часа
1	Время достижения нефтяным пятном берега, час/мин	5 минут			
2	Дислокация пятна, км	210,5	201,8	193,6	184,5
3	Длина пятна, м	1200	2000	2700	1700
4	Ширина пятна, м	50,0	160,0	200,0	49,8
5	Загрязненный берег, м	8450	11942	16073	22549
6	Площадь пятна, м ²	44153	193519	411030	89349
7	Количество нефтепродуктов на плаву, т	1893	1214	992	704
8	Количество испарившихся нефтепродуктов, т	5	11,1	12,8	15,1
9	Количество нефтепродуктов на берегу, т	78	113	153	215
10	Количество диспергированных нефтепродуктов, т	524	1162	1342	1566
11	Максимальная толщина пятна, мм	187	33	14,9	45,6
12	Вязкость, сСт	7,3	7,5	7,5	7,6
13	Расстояние между источником разлива и пятном, м; пеленг, град	6500 25°	13500 16°	18400 25°	26600 30°
14	Возможно попадание нефтепродуктов в приоритетные зоны:	г. Муром			

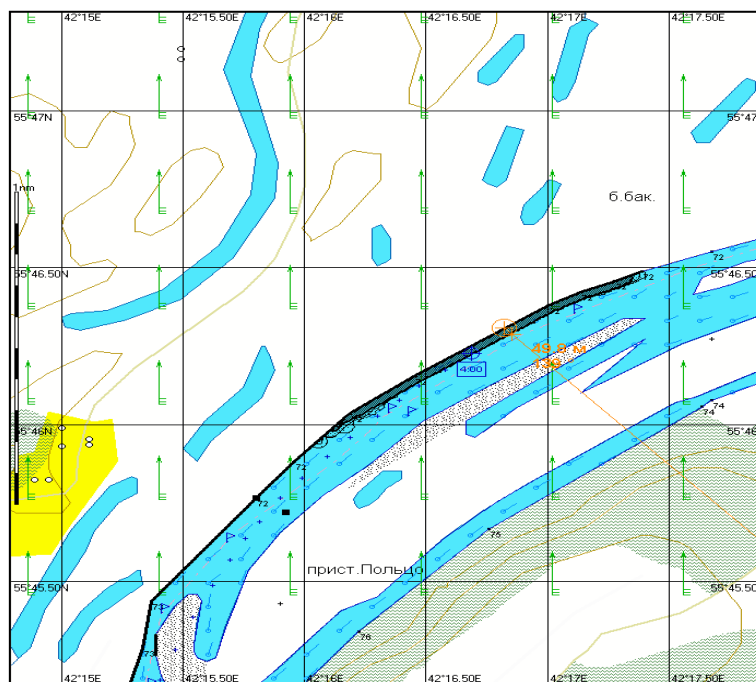


Рис. 2. Карта разлива нефтепродукта на три часа (межень, масштаб 1:15000)

Далее приведены границы зон избыточного давления для ряда источников разлива в Московском бассейне внутренних водных путей (таблицы 3-4, рис. 3-4).

На картах разливов нефтепродуктов представлены зоны воздействия избыточного давления [12-15] (см. рис. 3-4).

Таблица 3

Границы уровней избыточного давления для дислокации источника в нефтяном порту (г. Муром) в очаге аварийности 217,8 км реки Ока (дизельное топливо, объем разлива 2907,0 м³ (2500,0 т), межень, скорость течения 1,0 м/с, ветер южный 3 м/с, максимальная площадь пятна разлива на 3 часа 1070021 м²)

№ п/п	Степень поражения	Избыточное давление, кПа	Границы порогового уровня, м
1	Малые повреждения (разбита часть остекления)	3	3636,3
2	Нижний порог повреждения человека волной давления	5	2167,3
3	Умеренные повреждения (повреждение внутренних перегородок, рам, дверей и т.п.)	12	881,2
4	Средние повреждения	28	354,2
5	50%-ное разрушение	53	162,8
6	Полное разрушение	100	$\Delta P_{\max} = 78,0$ кПа $R = 71,2$ м

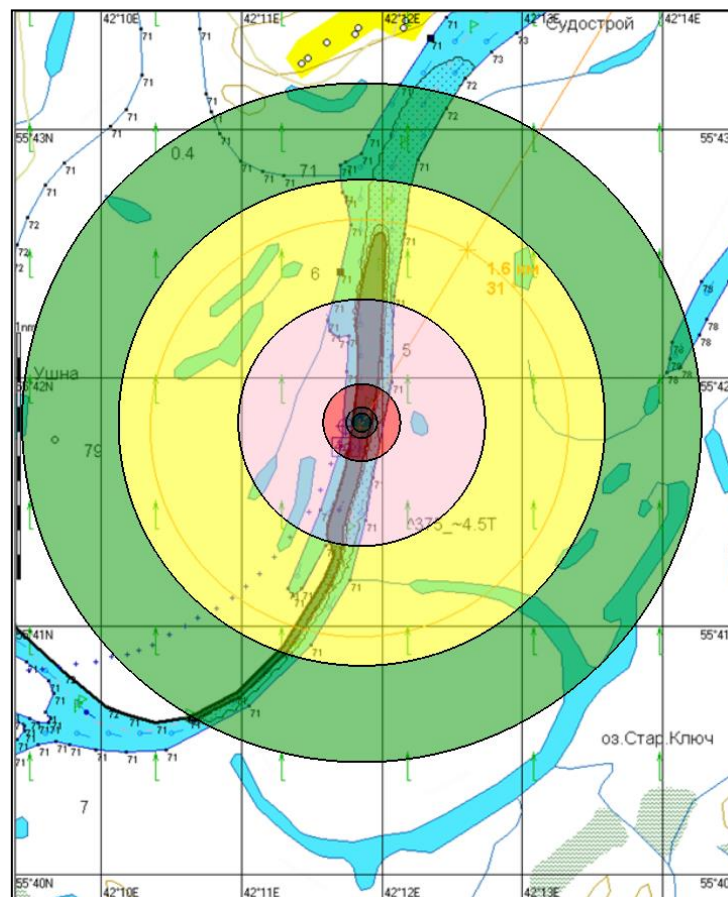


Рис. 3. Границы уровней избыточного давления для дислокации источника в нефтяном порту (г. Муром) в очаге аварийности 217,8 км реки Ока (сценарий взрывов разливов)

Таблица 4

Границы уровней избыточного давления для дислокации источника в нефтяном порту (г. Муром) в очаге аварийности 220,0 км реки Ока (дизельное топливо, объем разлива 2907,0 м³ (2500,0 т), паводок, скорость течения 1,5 м/с, ветер южный 15 м/с, максимальная площадь пятна разлива на 3 часа 411030 м²)

№ п/п	Степень поражения	Избыточное давление, кПа	Границы порогового уровня, м
1	Малые повреждения (разбита часть остекления)	3	1914,4
2	Нижний порог повреждения человека волной давления	5	1138,0
3	Умеренные повреждения (повреждение внутренних перегородок, рам, дверей и т.п.)	12	457,9
4	Средние повреждения	28	177,9
5	50%-ное разрушение	53	68,9
6	Полное разрушение	100	$\Delta P_{\max} = 56,7$ кПа $R = 51,7$ м

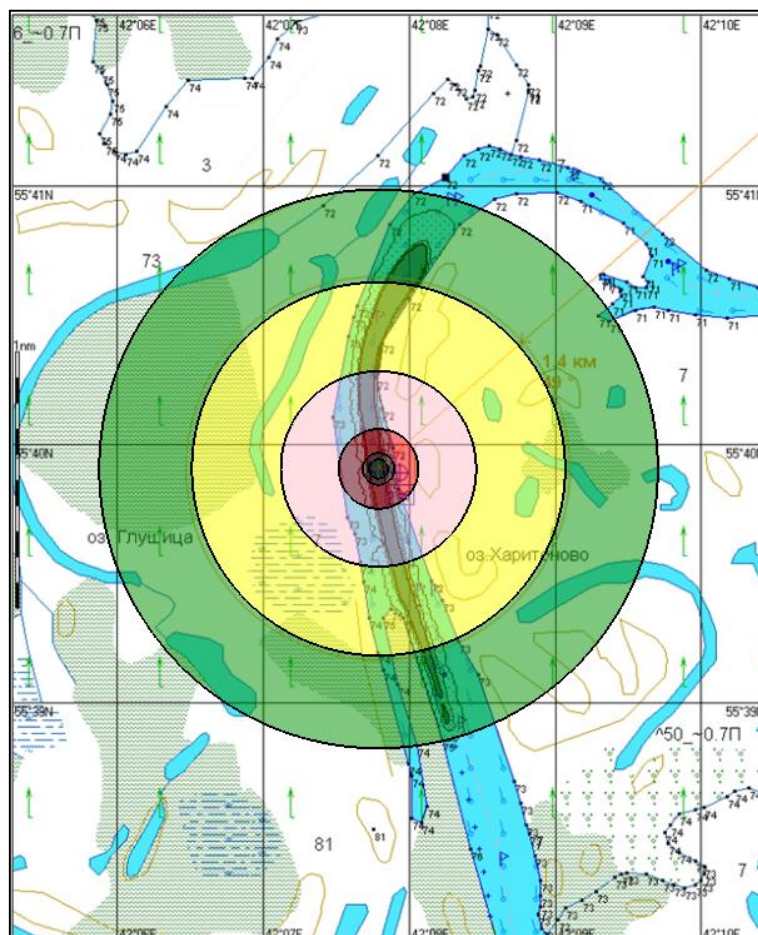


Рис. 4. Границы уровней избыточного давления для дислокации источника в нефтяном порту (г. Муром) в очаге аварийности 220,0 км реки Ока (сценарий взрывов разливов)

В таблицах 3-4 представлены уровни воздействия избыточного давления (кПа), значения варьируются от 3 кПа (нижний порог) до 100 кПа (полное разрушение) [11]. Значения уровней воздействия избыточного давления указывают, на каком расстоянии действует определенная сила ударной волны [8].

Таким образом, были проанализированы последствия воздействия избыточного давления на человека и конструкции. Спрогнозированные зоны воздействия помогают понять, на каких расстояниях какие последствия стоит ожидать от взрыва разлива. Полученные результаты могут быть полезны при прогнозировании мероприятий по ликвидации разливов нефтепродуктов.

Выводы

В ходе исследования выполнено прогнозирование и моделирование транспортных происшествий на акватории Московского бассейна внутренних водных путей на примере 220,0 и 217,8 км реки Ока (нефтяной порт г. Муром).

В результате работы установлено:

- при разливе на 217,8 км реки Ока разлив распространяется вниз по течению, достигает берега в течение 5 минут, максимальная площадь пятна прогнозируется на 3 часа с момента разлива;
- при разливе на 220,0 км реки Ока разлив распространяется вниз по течению, достигает берега в течение 1 минуты, максимальная площадь пятна прогнозируется на 4 часа с момента разлива;
- границы порогового уровня теплового излучения при разливе 2907,0 м³ дизельного топлива на 220,0 км реки Ока варьируются от 51,7 до 1914,4 метров;
- границы порогового уровня теплового излучения при разливе 2907,0 м³ дизельного топлива на 217,8 км реки Ока варьируются от 71,2 до 3636,3 метров.

Взрыв испарившейся с акватории газопаровоздушной смеси является одним из наиболее опасных последствий разливов нефтепродуктов.

При прогнозировании и проведении мероприятий по ликвидации разливов нефтепродуктов на водных объектах необходимо предпринимать максимальные усилия для предотвращения испарения нефтепродуктов с водной поверхности и инициализации сценария «Взрыв разлива нефтепродуктов».

Результаты работы обосновывают необходимость применения негорючих боновых заграждений при мероприятиях по ликвидации разлива, и нанесения на локализованное пятно пленки пены для предотвращения испарения нефтепродуктов с поверхности разлива.

Список литературы

1. Головацкая, Л.И. 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/MIT.2023.60.2.039. – EDN MEQVPB.
2. Piatt, J.F., C.J. Lensink, W. Butler, M. Kendziorok and D.R. Nysewander. 1990. Immediate Impact of the 'Exxon Valdez' Oil Spill on Marine Birds. The Auk. 107(2):387-397.
3. Оценка воздействия разливов нефти на экологически чувствительные районы в Печорском бассейне / Е. Ю. Шматкова, А. Е. Пластинин, А. П. Балденков, А. Н. Бородин // Великие реки - 2020 : Труды 22-го международного научно-промышленного форума, Нижний Новгород, 27–29 мая 2020 года. – Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта, 2020. – С. 18. – EDN ROKDVF.
4. Dayi Zhang, Aizhong Ding, Shuangchao Cui, Cheng Hu, Steven F. Thornton, Junfeng Dou, Yujiao Sun, Wei E. Huang. Whole cell bioreporter application for rapid detection and evaluation of crude oil spill in seawater caused by Dalian oil tank explosion, Water Research, Volume 47, Issue 3, 2013, Pages 1191-1200, ISSN 0043-1354, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.11.038>, (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135412008500>).

5. Bence, A. E., Kvenvolden, K. A., & Kennicutt, M. C. (1996). Organic geochemistry applied to environmental assessments of Prince William Sound, Alaska, after the Exxon Valdez oil spill: review. *Organic Geochemistry*, 24(1), 7-42. DOI:10.1016/0146-6380(96)00010-1.
6. Peterson CH, Rice SD, Short JW, Esler D, Bodkin JL, Balla-chey BE, Irons DB (2003) Long-term ecosystem response to the Exxon Valdez oil spill. *Science* 302:2 082–2086.
7. R Camilli, CM Reddy, DR Yoerger, BAS Van Mooy, MV Jakuba (2010), Tracking hydrocarbon plume transport and biodegradation at Deepwater Horizon *Science* 330 (6001), 201-204.
8. Bragg, J.R., Prince, R.C., Harner, E.J., and Atlas, R.M. (1994) Effectiveness of bioremediation for the Exxon Valdez oil spill. *Nature* 368: 413-418.
9. Tecon, R., & Van der Meer, J. (2008). Bacterial Biosensors for Measuring Availability of Environmental Pollutants. *Sensors*, 8(7), 4062–4080. DOI:10.3390/s8074062.
10. 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.
11. Приказ Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий № 533 от 26.06.2024 г. «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».
12. Прогнозирование разливов нефти с судов в Оленекском заливе / А.Е. Пластинин, А.Н. Каленков // Научные проблемы водного транспорта. – 2023. – №75. – С. 217-228. DOI 10.37890/jwt.vi75.379.
13. Сравнительная динамика изменения качества дистиллированной и природной воды при длительном контакте с некоторыми судовыми конструкционными материалами / Н. Ш. Ляпина, И. Б. Мясникова, А. А. Иконников, А. Н. Бородин // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – 2005. – № 12. – С. 171-176. – EDN PMXNAN.
14. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023623610
- Российская Федерация. База данных по источникам разливов нефти и нефтепродуктов: № 2023623290: заявл. 11.10.2023: опублик. 24.10.2023 / А.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.
15. Reshnyak, V. Evaluating environmental hazards of the potential sources of accidental spills / V. Reshnyak, O. Domnina, A. Platinin. - 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).
16. Шапошников, А. Д. Применение цифровых технологий для оценки экологических последствий разливов нефти в Южном порту Москвы / А. Д. Шапошников, А. Е. Пластинин // Каспийский научный журнал. – 2024. – № 3(4). – С. 11-23.
17. Казанцев А.Ю. Применение искусственного интеллекта в предотвращении и минимизации сбросов нефтесодержащих вод с судов. *Каспийский научный журнал*. 2024 – № 2(1) . – С. 9-20.
18. Милютин М.Ю., Макарова Е.В., Иванова Ю.В., Меньков Н.В., Пластинина С.С. Раннее сосудистое старение у лиц, работающих в условиях воздействия промышленного аэрозоля // *Медицина труда и промышленная экология*. 2019. Т. 59. № 10. С. 855-859.
19. 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.

References

1. Golovatskaia L.I., Borodin A.N., Plastinin A. E. Otsenka ploshchadi neftianogo zagriazneniia pri razlivakh gazovogo kondensata v Kaspiiskom more. Morskoe intellektual'nye tekhnologii. 2023. no 2-1(60). pp. 315-319. DOI 10.37220/MIT.2023.60.2.039. EDN MEQVPB.
2. Piatt, J.F., C.J. Lensink, W. Butler, M. Kendziorek and D.R. Nysewander. 1990. Immediate Impact of the 'Exxon Valdez' Oil Spill on Marine Birds. The Auk. 107(2):387-397.
3. Shmatkova E.Iu., Plastinin A.E., Baldenkov A.P., Borodin A.N. Otsenka vozdeistviia razlivov nefti na ekologicheski chuvstvitel'nye raiony v Pechorskoy basseine. Velikie reki - 2020: Trudy 22-go mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma, Nizhnii Novgorod, 27–29 maia 2020 goda. Nizhnii Novgorod: Volzhskii gosudarstvennyi universitet vodnogo transporta, 2020. pp. 18. EDN ROKDVF.
4. Dayi Zhang, Aizhong Ding, Shuangchao Cui, Cheng Hu, Steven F. Thornton, Junfeng Dou, Yujiao Sun, Wei E. Huang, Whole cell bioreporter application for rapid detection and evaluation of crude oil spill in seawater caused by Dalian oil tank explosion, Water Research, Volume 47, Issue 3, 2013, Pages 1191-1200, ISSN 0043-1354, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.11.038>, (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135412008500>).
5. Bence, A. E., Kvenvolden, K. A., & Kennicutt, M. C. (1996). Organic geochemistry applied to environmental assessments of Prince William Sound, Alaska, after the Exxon Valdez oil spill: review. Organic Geochemistry, 24(1), 7-42. doi:10.1016/0146-6380(96)00010-1.
6. Peterson CH, Rice SD, Short JW, Esler D, Bodkin JL, Balla-chey BE, Irons DB (2003) Long-term ecosystem response to the Exxon Valdez oil spill. Science 302:2 082–2086.
7. R Camilli, CM Reddy, DR Yoerger, BAS Van Mooy, MV Jakuba (2010), Tracking hydrocarbon plume transport and biodegradation at Deepwater Horizon Science 330 (6001), 201-204.
8. Bragg, J.R., Prince, R.C., Harner, E.J., and Atlas, R.M. (1994) Effectiveness of bioremediation for the Exxon Valdez oil spill. Nature 368: 413-418.
9. Tecon, R., & Van der Meer, J. (2008). Bacterial Biosensors for Measuring Availability of Environmental Pollutants. Sensors, 8(7), 4062–4080. doi:10.3390/s8074062.
10. O.A. Shagalova, Borodin A.N., Kazantsev A.Yu., Shaposhnikov A.D. Likvidatsiia neftianogo zagriazneniia v morskoye portu Zarubino. V sbornike: Transport. Gorizonty razvitiia. Trudy 2-go Mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma. Nizhnii Novgorod. 2022. S. 66.
11. Prikaz Ministerstva Rossiiskoi Federatsii po delam grazhdanskoy oborony, chrezvychaynym situatsiiam i likvidatsii posledstviy stikhiinykh bedstvii no 533 ot 26.06.2024 g. «Ob utverzhdenii metodiki opredeleniia raschetnykh velichin pozharnogo riska na proizvodstvennykh obektakh».
12. Plastinin A.E., Kalenkov A.N. Prognozirovaniye razlivov nefti s sudov v Olenekskom zalive. Nauchnye problemy vodnogo transporta. 2023. no75. pp. 217-228. DOI 10.37890/jwt.vi75.379.
13. Liapina N.Sh., Miasnikova I.B., Ikonnikov A.A., Borodin A.N. Sravnitel'naya dinamika izmeneniya kachestva distillirovannoy i prirodnoy vody pri dlitel'nom kontakte s nekotorymi sudovymi konstruksionnymi materialami. Vestnik Volzhskoy gosudarstvennoy akademii vodnogo transporta. 2005. no 12. pp. 171-176. EDN PMXHAH
14. Golovatskaia L.I., Plastinin A.E., Borodin A.N., Vorob'eva A.S. Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii bazy dannykh № 2023623610 Rossiiskaya Federatsiya. Baza dannykh po istochnikam razlivov nefti i nefteproduktov: no 2023623290: zaiavl. 11.10.2023: opubl. 24.10.2023; zaiavitel' Federal'noe gosudarstvennoe biudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdeniye vysshego obrazovaniya «Volzhskii gosudarstvennyi universitet vodnogo transporta». EDN ITXKIK.
15. Reshnyak V., Domnina O., Plastinin A. Evaluating environmental hazards of the potential sources of accidental spills. - DOI:10.1088/1755-1315/867/1/012046. - IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021 International Symposium «Earth Sciences: History, Contemporary Issues and Prospects, ESHCIP 2021». IOP Publishing Ltd. - 2021. - C. 012046. - URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/867/1/012046/pdf> (date accessed: 10.02.2025).

16. Shaposhnikov A.D., Platinin A.E. The use of digital technologies to assess the environmental consequences of oil spills in the Southern Port of Moscow. *Kaspijskij nauchnyj zhurnal*. 2024;4(3):11-23. (In Russ.)
17. Kazantsev A.Yu. Application of artificial intelligence in preventing and minimizing discharges of oily water from ships. *Kaspijskij nauchnyj zhurnal*. 2024;2(1): 9-20. (In Russ.).
18. Miliutina M.Iu., Makarova E.V., Ivanova Iu.V., Men'kov N.V., Platinina S.S. Rannee sosudistoe starenie u lits, rabotaiushchikh v usloviakh vozdviia promyshlennogo

aerologia // *Meditina truda i promyshlennaia ekologiia*. 2019. T. 59. no 10. S. 855-859.

19. Anokhin L. M., Anokhina N. V., Arkad'eva O. G. [i dr.]. *Problemy ekonomicheskoi bezopasnosti: novye global'nye vyzovy i tendentsii*; Ministerstvo nauki i vysshego obrazovaniia Rossiiskoi Federatsii; IUzhno-Ural'skii gosudarstvennyi universitet; Kafedra «Ekonomicheskaiia bezopasnost'». Cheliabinsk: IUzhno-Ural'skii gosudarstvennyi universitet (natsional'nyi issledovatel'skii universitet), 2021. 715 p. ISBN 978-5-696-05206-9.

Информация о спонсорстве: исследование выполнено за счет средств Волжского государственного университета водного транспорта.

Благодарности: автор выражает благодарность Игорю Константиновичу Кузьмичеву за предоставление данных.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ/ ABOUT THE AUTHOR

Шапошников Алексей Дмитриевич, аспирант кафедры охраны окружающей среды и производственной безопасности, Волжский государственный университет водного транспорта. 603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, leha.shaposhnikoff@yandex.ru

Shaposhnikov Alexey Dmitrievich, Postgraduate at the Department of Environmental Protection and Industrial Safety, Volga State University of Water Transport, Russia, Nizhny Novgorod, 5, str. Nesterova, 603950