Научная статья
УДК 504.05; DOI: 10.61260/1998-8990-2026-3-205-215

РАЗРАБОТКА КЛАССИФИКАЦИИ НЕФТЯНЫХ ПЯТЕН В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКЕ ПО ПЛОЩАДИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

✉**Пластинин Андрей Евгеньевич;**
Казанцев Андрей Юрьевич.
Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия
✉***plastininae@yandex.ru***

Аннотация. Представлена классификация нефтяных загрязнений в юго-восточной части Балтийского моря, разработанная на основе анализа площадей нефтяных пятен по данным спутниковых радиолокационных снимков. Обработка информации выполнена с применением геоинформационной системы Pisces 2, обеспечившей высокоточную георефернцию, автоматизированный расчёт площадей и визуализацию пространственных данных. В ходе исследования сформирована обширная база данных по площадям загрязнений, охватывающая российский, польский и литовский секторы юго-восточной части Балтийского моря. Для статистической обработки использовано программное обеспечение Statistica с применением гистограмм, диаграмм размаха, тестов Шапиро–Уилка, Колмогорова–Смирнова и Лиллиефорса, а также расчёта описательных статистик. Разработанная классификация позволяет повысить точность оценки масштабов экологических последствий, выявить зоны повышенного риска и оптимизировать меры реагирования на загрязнение окружающей среды нефтепродуктами.

Ключевые слова: нефтяное загрязнение, Балтийское море, классификация, статистический анализ, площадь загрязнения, спутниковые радиолокационные данные

Для цитирования: Пластинин А.Е., Казанцев А.Ю. Разработка классификации нефтяных пятен в Юго-Восточной Балтике по площади загрязнения // Проблемы управления рисками в техносфере. 2026. № 3 (79). С. 205–215. DOI: 10.61260/1998-8990-2026-3-205-215

Scientific article

DEVELOPMENT OF A CLASSIFICATION OF OIL SPILLS IN THE SOUTHEASTERN BALTIC BY POLLUTION AREA

✉**Plastinin Andrey E.;**
Kazantsev Andrey Yu.
Volga state university of water transport, Nizhniy Novgorod, Russia
✉***plastininae@yandex.ru***

Abstract. The paper presents a classification of oil pollution in the southeastern part of the Baltic Sea, developed on the basis of an analysis of oil slick areas based on satellite radar images. Information processing was performed using the Pisces 2 geoinformation system, which provided high-precision georeference, automated area calculation and visualization of spatial data. In the course of the study, an extensive database of pollution areas was formed, covering the Russian, Polish and Lithuanian sectors of the southeastern Baltic Sea. For statistical processing, the Statistica software was used using histograms, span diagrams, Shapiro–Wilk, Kolmogorov–Smirnov and Lilliefors tests, as well as the calculation of descriptive statistics. The developed classification makes it possible to increase the accuracy of assessing the scale of environmental impacts, identify high-risk areas and optimize response measures to environmental pollution by petroleum products.

Keywords: oil pollution, Baltic Sea, classification, statistical analysis, pollution area, satellite radar data

© Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2026

For citation: Plastinin A.E., Kazantsev A.Yu. Development of a classification of oil spills in the Southeastern Baltic by pollution area // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2026. № 3 (79). P. 205–215. DOI: 10.61260/1998-8990-2026-3-205-215

Введение

Объёмы международных морских перевозок продолжают расти, что неизбежно увеличивает экологические риски, связанные с загрязнением морской среды в результате судовой деятельности [1–3]. На фоне усиления глобального потребления энергетических ресурсов и расширения международной торговли отмечается учащение случаев нефтяных загрязнений и возрастает вероятность серьёзных аварийных разливов нефти [4–6]. Такие инциденты происходят как на судах, так и на нефтяных платформах, включая подводные трубопроводы, что создаёт серьёзную угрозу для экологической безопасности и экономики страны [7–9].

В сложившейся обстановке особенно важно уделять повышенное внимание вопросам экологического регулирования на законодательном уровне. Наряду с контролем воздействия на окружающую среду одной из ключевых задач становится разработка эффективных стратегий защиты на основе прогнозирования, включая создание классификаций антропогенного воздействия по уровню загрязнения [10–12].

Предлагаемое в данной работе решение опирается на комплексный анализ характеристик нефтяных пятен: их геометрических параметров, размеров и пространственного распределения [13–15]. Такой подход не только поможет систематизировать загрязнения, но и выделить разные типы пятен с учётом их специфики, размера, массы и экономических затрат на ликвидацию, позволит более точно определить зоны с повышенным риском и направить усилия на наиболее уязвимые участки морской экосистемы [16–18].

Методы исследования

В ходе данного исследования основным источником информации послужили материалы научных публикаций российских специалистов Института океанологии им. П.П. Ширшова (г. Калининград, Москва) и Балтийского федерального университета им. И. Канта (г. Калининград) [1–3]. Их работы посвящены изучению нефтяных загрязнений в Юго-Восточном регионе Балтийского моря, основаны на анализе данных спутникового мониторинга и натурных наблюдений, включающих акватории Российской Федерации, Польши и Литвы [1]. Полученные данные показывают, что за период с 2004 по 2014 г. судоходная деятельность стала значительным фактором загрязнения рассматриваемой зоны, при этом природные особенности региона, ограниченность водной площади и низкие скорости течений способствуют усложнению экологической обстановки.

По результатам расчетов авторов в системе Pisces 2 за обозначенный промежуток времени в трёх ключевых районах юго-восточной части Балтики зарегистрировано более 700 случаев нефтяных загрязнений (рис. 1).

Система Pisces 2 предоставляет инструменты для точного георефернцирования и автоматизированного расчёта площадей, позволяя привязывать пространственные данные к координатной сетке [19–21], что существенно упрощает анализ и визуализацию географической информации, как показано на рис. 1.

Для статистического анализа площадей нефтяных загрязнений в Юго-Восточной Балтике использовалось программное обеспечение Statistica. Основным методом стали гистограммы, позволившие выявить выбросы в секторах Российской Федерации, Польши и Литвы. Для предварительной оценки распределения применялись диаграммы размаха, а для проверки нормальности – тесты Шапиро–Уилка (W), Колмогорова–Смирнова (D) и Лиллиефорса (L). Дополнительно рассчитывались описательные статистики: среднее, медиана, минимумы, максимумы, процентили, стандартное отклонение, асимметрия, эксцесс и соответствующие ошибки.

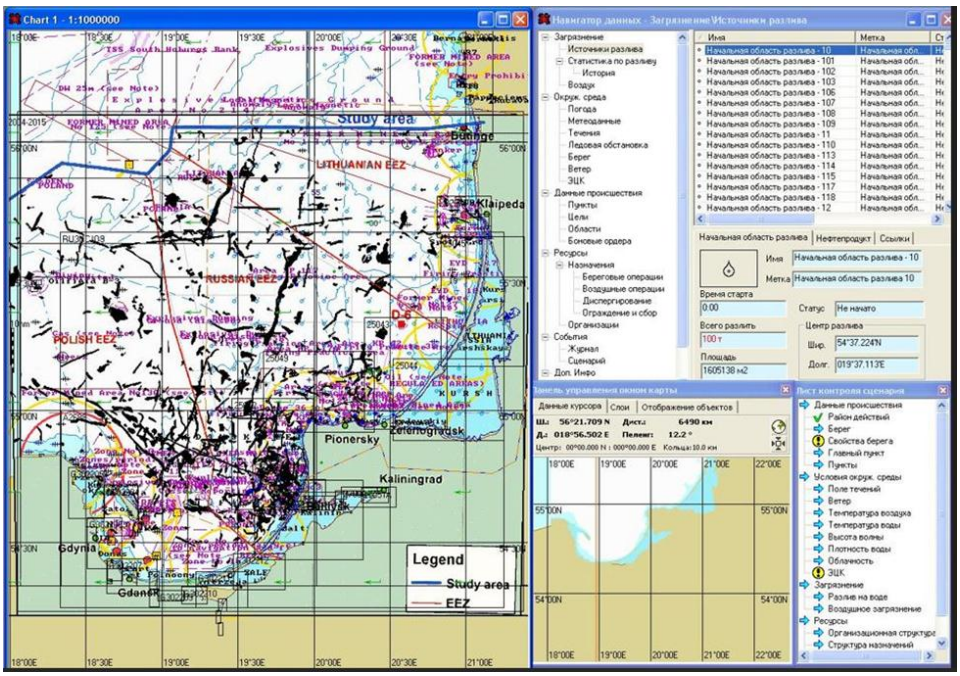


Рис. 1. **Общая карта зафиксированных случаев нефтяных загрязнений в Юго-Восточной Балтике, георефернцированная в Pisces 2**

Результаты исследования и их обсуждение

Фрагмент созданной базы данных по площади нефтяных пятен (загрязнений) представлен в табл. 1.

Характеристики вариационного ряда площади нефтяных пятен (загрязнений) в рассматриваемых секторах Юго-Восточной Балтики показаны в табл. 2.

Статистические данные по площадям нефтяных загрязнений (табл. 2) варьируются в очень широком диапазоне от 16 391 м² до 75 139 237 м², что увеличивает среднее значение по сравнению с медианой. Распределение характеризуется положительной асимметрией и высоким эксцессом. Данное явление отражает наличие в исследуемой совокупности редких, но крайне крупных пятен, выделяющихся из общей картины и способствующих выходу за рамки нормального распределения (рис. 2).

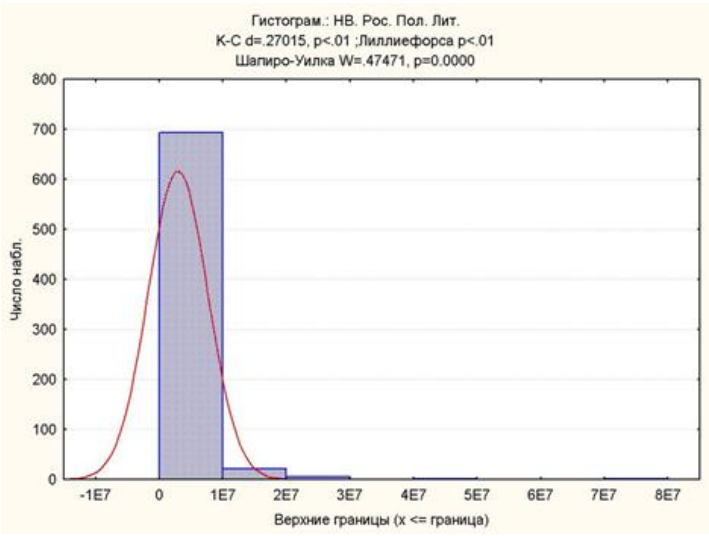


Рис. 2. **Общая статистическая гистограмма нефтяных загрязнений для российского, польского и литовского секторов**

Таблица 1

База данных по площади нефтяных пятен (фрагмент)

№	Площадь пятна ($м^2$)	Долгота	Широта	Длина (м)	Ширина (м)
353	75139237	55°25,903'N	019°47,158'E	43800	3100
574	48569220	55°46,458'N	019°22,274'E	28100	2400
725	28021425	55°21,596'N	018°42,624'E	8700	5000
330	26145770	55°02,346'N	019°12,242'E	43100	2200
694	25892721	54°52,139'N	018°51,055'E	31700	1400
…	…	…	…	…	…
293	1705063	55°04,677N	019°01,516'E	3100	752
391	1704430	55°14,351'N	019°55,607'E	2200	1400
439	1677629	55°02,293'N	019°11,976'E	4100	530
2	1662160	54°42,437'N	019°38,345'E	700	4300
563	1660793	55°51,648'N	019°03,209'E	2600	880
…	…	…	…	…	…
761	115356	55°04,970'N	018°08,930'E	2140	823
37	105790	54°37,083'N	019°44,616'E	515	216
225	104534	55°59,590'N	019°36,511'E	440	300
827	96676	55°43,382'N	020°49,689'E	775	540
413	16391	55°22,317'N	019°35,723'E	1800	1100

Таблица 2

Статистические данные по площадям нефтяных загрязнений

Параметр	Значение	Размерность
Среднее	2944475	$м^2$
Медиана	1669895	$м^2$
Минимум	16391	$м^2$
Максимум	75139237	$м^2$
5-й процентиль	290103	$м^2$
95-й процентиль	9242850	$м^2$
Стандартное отклонение	4682393	$м^2$
Асимметрия	7,625	–
Стандартная ошибка асимметрии	0,090847	–
Эксцесс	93,49666	–
Стандартная ошибка эксцесса	0,181445	–

Распределение данных характеризуется правосторонней асимметрией и длинным хвостом, указывающим на редкие, но значительные отклонения. Статистические тесты (W, D и L) выявили существенное отклонение от нормального закона (табл. 2). Гипотеза о нормальности с высокой достоверностью отвергнута.

По итогам наблюдений количество пятен в Российской Федерации, зафиксированных со спутников в период с 2004 по 2014 г. [1], составило 400 наблюдений. Расчеты показали, что размах их вариации по площади равен 75 122 846 ($м^2$).

Для классифицирования внесённых в базу данных нефтяных пятен по значению площади потребовалось определить количество групп по формуле Стерджесса, которое при данном объеме наблюдений равно 10.

Границы полученных интервалов по площадям нефтяных загрязнений, в том числе сбросов нефтесодержащих вод с судов, в российском секторе Юго-Восточной Балтики представлены в табл. 3.

Для повышения надёжности анализа по методу Йетса авторы объединили малочисленные интервалы в три класса. Интервалы с 1 по 8 вошли в класс 1; соответственно интервал 9 получил порядковый номер 2; а интервал 10 – порядковый номер 3. Следует отметить, что интервал 8 не имеет наблюдений из-за отсутствия данных. Установленные границы классов нефтяных загрязнений отображены в табл. 4.

По аналогии с вышеизложенной методикой статистических вычислений был проведен анализ классов (табл. 4). Проверка данных включала тесты по W, D и L, построение графиков нормального распределения и описательные статистики, что позволило оценить распределение нефтяных загрязнений в классах и выявить аномальные значения.

Таблица 3

Границы полученных интервалов площади нефтяных загрязнений

Номер интервала	Верхняя граница (м²)	Нижняя граница (м²)
1	75139237	67626952,4
2	67626952,4	60114667,8
3	60114667,8	52602383,2
4	52602383,2	45090098,6
5	45090098,6	37577814,0
6	37577814,0	30065529,4
7	30065529,4	22553244,8
8	22553244,8	15040960,2
9	15040960,2	7528675,6
10	7528675,6	16391

Таблица 4

Установленные границы классов нефтяных загрязнений

Класс	Верхняя граница класса, м^2	Нижняя граница класса, м^2
1	75139237	15040960,2
2	15040960,2	7528675,6
3	7528675,6	16391

При этом получены следующие результаты: класс 1, тесты (W, D и L) подтвердили нормальность распределения для данных класса 1, хотя наблюдаются умеренная асимметрия и платокуртозность (ситуация, когда вершина графика плоская, а значения распределены более равномерно по краям), указывая на локальные отклонения.

Класс 2, также как и класс 1, с использованием программного обеспечения Statistica, подвергся ряду статистических исследований, которые в свою очередь сформировали картину о нормальности распределения площадей загрязнений. Набор данных по площадям нефтяных загрязнений существенно отклоняется от нормального распределения. Все три теста (W, D и L) подтвердили статистически значимое несоответствие нормальности (рис. 3).

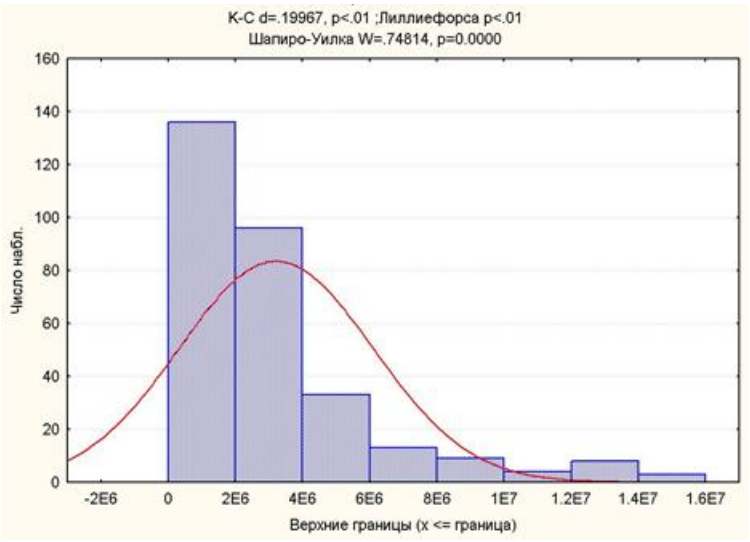


Рис. 3. **Гистограмма для второго класса площадей нефтяных загрязнений**

Далее определялось требуемое количество подгрупп в классе 2, который имеет значительный объем выборки. При этом количество групп составило 9, размах вариации 13949403 м^2. Первые четыре подгруппы были объединены в два подкласса 2.1 и 2.2 соответственно, оставшиеся получили номера 2.2–2.7. Установленные границы подклассов класса 2 показаны в табл. 5.

Таблица 5

Установленные границы подклассов класса 2

Номер подкласса	Верхняя граница (м²)	Нижняя граница (м²)
2.1	14730399	11630531,7
2.2	11630531,7	8530664,3
2.3	8530664,3	6980730,7
2.4	6980730,7	5430797
2.5	5430797	3880863,3
2.6	3880863,3	2330929,7
2.7	2330929,7	780996

Аналогично первым двум классам был проанализирован третий класс нефтяных загрязнений в юго-восточной части Балтийского моря, в котором зафиксировано 94 пятна. На рис. 4 отображена гистограмма для третьего класса.

Руководствуясь результатами трех тестов (особую значимость имеет тест W), авторы пришли к выводу о несоответствии данных нормальному распределению в классе 3 (рис. 4).

Далее класс 3 был разбит на шесть подклассов, границы установленных подклассов представлены в табл. 6.

Результаты проведенных статистических исследований для подклассов 3.1–3.6 внесены в табл. 7.

Подклассы 3.1–3.5 соответствуют нормальному распределению по результатам всех трёх критериев (W, D и L). Для подкласса 3.6 гипотеза о нормальности отклонена по критерию W ($p = 0{,}04085 < 0{,}05$), несмотря на соответствие по D и L.

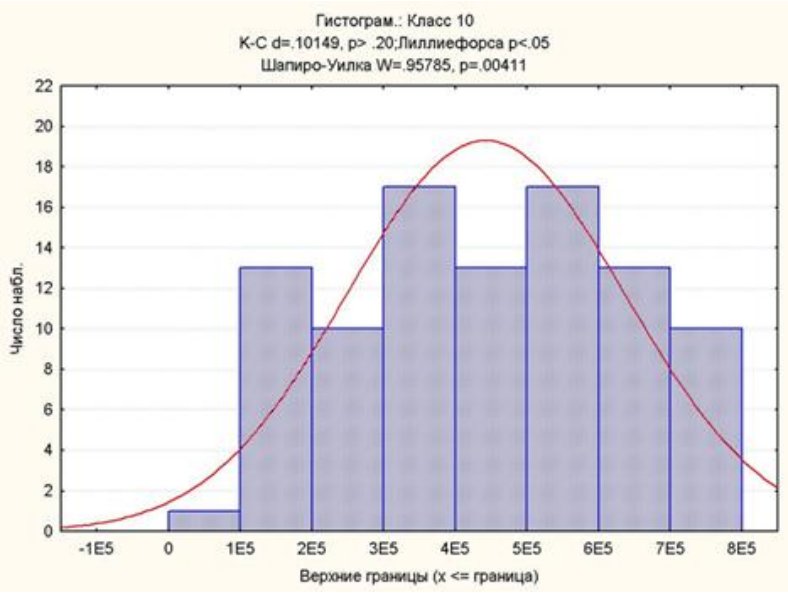


Рис. 4. **Гистограмма выборки нефтяных загрязнений (класс 3)**

Таблица 6

Установленные границы подклассов класса 3

Номер подкласса	Верхняя граница (м²)	Нижняя граница (м²)
3.1	747180	642782
3.2	642782	538383
3.3	538383	433985
3.4	433985	329586
3.5	329586	225188
3.6	225188	16391

Таблица 7

Статистики для подклассов 3.1-3.6

№	D	D (p)	L (p)	W	W (p)
3.1	0,15599	>0.20	>0.20	0,91402	0,07608
3.2	0,14322	>0.20	>0.20	0,93319	0,24599
3.3	0,15854	>0.20	>0.20	0,95431	0,70054
3.4	0,10739	>0.20	>0.20	0,97981	0,96205
3.5	0,20743	>0.20	>0.20	0,89037	0,14055
3.6	0,17002	>0.20	>0.20	0,89144	0,04085

В результате выполненного статистического анализа нами разработана классификация нефтяных загрязнений (в том числе сбросов нефтесодержащих вод с судов) юго-восточной части Балтийского моря по площади, которая представлена в табл. 8.

Таблица 8

Разработанная классификация нефтяных загрязнений (в том числе сбросов нефтесодержащих вод с судов) юго-восточной части Балтийского моря по площади

Класс	Параметр	Значение
Общая база Юго-Восточной Балтики	Me [5p; 95p]	1669895 [290103; 9242850]
Общая база Российской Федерации	Me [5p; 95p]	1648168 [246602,5; 9707189]
Класс 1	M ± SD	43282720 ± 24060359
Класс 2	Me [5p; 95p]	2159492 [861068; 9759725]
Подкласс 1 класса 2	M ± SD	13080555 ± 863615
Подкласс 2 класса 2	M ± SD	9707189 ± 840961,4
Подкласс 3 класса 2	M ± SD	7789327 ± 555320,3
Подкласс 4 класса 2	M ± SD	5920965 ± 450586,4
Подкласс 5 класса 2	M ± SD	4639204 ± 475542,7
Подкласс 6 класса 2	M ± SD	2923590 ± 455402,9
Подкласс 7 класса 2	Me [5p;95p]	1361900 [830418,0; 2234835]
Класс 3	Me [5p; 95p]	454982 [124577,0; 738537,0]
Подкласс 1 класса 3	M ± SD	696506,5 +36078,50
Подкласс 2 класса 3	M ± SD	578729,18+21450,35
Подкласс 3 класса 3	M ± SD	479087,42+25352,93
Подкласс 4 класса 3	M ± SD	382792,06+24344,56
Подкласс 5 класса 3	M ± SD	279932,91+34561,66
Подкласс 6 класса 3	Me [5p;95p]	170268 [16391; 219342]

Анализ полученных статистических данных по выделенным классам и подклассам нефтяных загрязнений подтвердил выраженную неоднородность по исследуемой характеристике «площадь загрязнения».

Крупнейшие средние значения зарегистрированы в классе 1, что свидетельствует о масштабных загрязнениях данного типа. Класс 2 демонстрирует более умеренные значения, однако внутри него наблюдается выраженный градиент, указывая на высокую вариативность сбросов [10–12].

Класс 3 характеризуется значительно меньшими площадями и включает наиболее локализованные разливы.

Заключение

В ходе исследования разработана классификация нефтяных загрязнений в юго-восточной части Балтийского моря по признаку площадей разливов, выявленных по данным спутниковых радиолокационных снимков за период с 2004 по 2014 г. [1]. Для обработки и оценки данных использовалась система геоинформационного анализа Pisces 2 и математическая система Statistica.

В дальнейшем на основе предложенной классификации будут продолжены работы по совершенствованию мероприятий, направленных на минимизацию воздействия нефтесодержащих загрязнений, развитию методов оценки экологической опасности данного вида антропогенного воздействия.

Список источников

1. Булычева Е.В., Крек А.В., Костяной А.Г. Нефтяное загрязнение Юго-Восточной Балтики по спутниковым наблюдениям и натурным данным // Океанология. 2016. Т. 56. № 1. С. 81–89.

2. Булычева Е.В., Костяной А.Г., Крек А.В. Межгодовая изменчивость нефтяного загрязнения морской поверхности Юго-Восточной Балтики в 2004–2015 гг. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 4. С. 74–84.

3. Крек Е.В., Крек А.В., Костяной А.Г. Сезонная изменчивость нефтяного загрязнения в Юго-Восточной Балтике // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 2. EDN UPQXEQ. С. 171–182. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-2-171-182

4. Автоматизированная обработка данных дистанционного зондирования земли при анализе рисков аварийных разливов нефтепродуктов на водной поверхности / И.Г. Малыгин [и др.] // Морские интеллектуальные технологии. 2021. № 3-1 (53). С. 142–149. EDN GWMKRT. DOI: 10.37220/MIT.2021.53.3.016

5. Родина Н.С. Прогнозирование экологических последствий при затоплении танкера в Балтийском море // Каспийский научный журнал. 2024. № 4 (5). С. 57–69.

6. Каленков А.Н., Пластинин А.Е. Прогнозирование разливов нефти с судов в Амурском бассейне // Научные проблемы водного транспорта. 2023. № 74. С. 216–228. EDN YLZIGA. DOI: 10.37890/jwt.vi74.341

7. Osintsev N., Rakhmangulov A., Baginova V. Evaluation of logistic flows in green supply chains based on the combined dematel-anp method // Facta Universitatis. Series: Mechanical Engineering. 2021. Vol. 19. № 3. Special Issue. P. 473–498. EDN AEQXNC. DOI: 10.22190/FUME210505061O

8. Lozhkina O.V., Lozhkin V.N. Estimation of nitrogen oxides emissions from petrol and diesel passenger cars by means of on-board monitoring: Effect of vehicle speed, vehicle technology, engine type on emission rates // Transportation Research Part D: Transport and Environment. 2016. Vol. 47. P. 251–264. EDN WVQSLV. DOI: 10.1016/j.trd.2016.06.008

9. Оценка экологического риска транспортных происшествий на водных объектах / О.Л. Домнина [и др.] // Морские интеллектуальные технологии. 2018. № 4-2 (42). С. 79–86.

10. Multi-agent optimization of the intermodal terminal main parameters by using AnyLogic simulation platform: Case study on the Ningbo-Zhoushan Port / D. Muravev [et al.] // International

Journal of Information Management. 2021. Vol. 57. P. 102133. EDN IEECZG. DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2020.102133

11. Интеллектуальные технологии для поддержки принятия управленческих решений в сфере экологической безопасности транспорта в больших городах-портах / О.В. Ложкина [и др.] // Морские интеллектуальные технологии. 2020. № 2-1 (48). С. 133–141. EDN MWEMRV. DOI: 10.37220/MIT.2020.48.2.010

12. Совершенствование прогнозирования разливов нефти от подводных источников / В.С. Наумов [и др.] // Морские интеллектуальные технологии. 2021. № 2-1 (52). С. 106–117. DOI: 10.37220/MIT.2021.52.2.016

13. Generalized Harmonically Convex Fuzzy-Number-Valued Mappings and Fuzzy Riemann-Liouville Fractional Integral Inequalities / M.B. Khan [et al.] // Mathematics. 2023. Vol. 11. № 3. P. 656. EDN TDIVYZ. DOI: 10.3390/math11030656

14. Discussion on Fuzzy Integral Inequalities via Aumann Integrable Convex Fuzzy-Number Valued Mappings over Fuzzy Inclusion Relation / M.B. Khan [et al.] // Mathematics. 2023. Vol. 11. № 6. P. 1356. EDN SAVERP. DOI: 10.3390/math11061356

15. Головацкая Л.И., Бородин А.Н., Пластинин А.Е. Оценка площади нефтяного загрязнения при разливах газового конденсата в Каспийском море // Морские интеллектуальные технологии. 2023. № 2. Ч. 1. С. 315–319. DOI: 10.37220/MIT.2023.60.2.039

16. Rakhmangulov A., Osintsev N., Mishkurov P. Spatio-Temporal Graphs in Transportation: Challenges, Optimization, and Prospects // Systems. 2025. Vol. 13. № 4. EDN GXLACK. DOI: 10.3390/systems13040263

17. Predicting the Underwater Movement of Diesel Fuel in the Event of a Ship Sinking / V. Naumov [et al.] // International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia. 2021. Ser.: Lecture Notes in Networks and Systems. Switzerland, 2022. Vol. 402-1. P. 1086–1094. DOI: 10.1007/978-3-030-96380-4_119

18. Моделирование погружения темных нефтепродуктов при разливе на водную поверхность / В.С. Наумов [и др.] // Морские интеллектуальные технологии. 2022. Т. 1. № 1 (55). С. 194–201. DOI: 37220/MIT.2022.55.1.026

19. Моделирование всплытия нефти от подводных источников в ледовых условиях / В.С. Наумов [и др.] // Морские интеллектуальные технологии. 2018. № 4-2 (42). С. 87–91.

20. Шапошников А.Д., Пластинин А.Е., Бородин А.Н. Особенности прогнозирования взрывов при разливах нефтепродуктов на бассейновом уровне // Морские интеллектуальные технологии. 2025. № 2-1. С. 254–260. DOI: 10.37220/MIT.2025.68.2.031

21. Zatsepa S.N., Ivchenko A.A., Solbakov V.V. SPILLMOD – a CFD model for information support of marine oil spill response // Journal of Oceanological Research. 2022. Vol. 50. № 2. P. 72–105. DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2022.50(2).4

References

1. Bulycheva E.V., Krek A.V., Kostyanoj A.G. Neftyanoe zagryaznenie Yugo-Vostochnoj Baltiki po sputnikovym nablyudeniyam i naturnym dannym // Okeanologiya. 2016. T. 56. № 1. S. 81–89.

2. Bulycheva E.V., Kostyanoj A.G., Krek A.V. Mezhgodovaya izmenchivost' neftyanogo zagryazneniya morskoj poverhnosti Yugo-Vostochnoj Baltiki v 2004–2015 gg. // Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2016. T. 13. № 4. S. 74–84.

3. Krek E.V., Krek A.V., Kostyanoj A.G. Sezonnaya izmenchivost' neftyanogo zagryazneniya v Yugo-Vostochnoj Baltike // Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2018. T. 15. № 2. EDN UPQXEQ. S. 171–182. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-2-171-182

4. Avtomatizirovannaya obrabotka dannyh distancionnogo zondirovaniya zemli pri analize riskov avarijnyh razlivov nefteproduktov na vodnoj poverhnosti / I.G. Malygin [i dr.] // Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2021. № 3-1 (53). S. 142–149. EDN GWMKRT. DOI: 10.37220/MIT.2021.53.3.016

5. Rodina N.S. Prognozirovanie ekologicheskih posledstvij pri zatoplenii tankera v Baltijskom more // Kaspijskij nauchnyj zhurnal. 2024. № 4 (5). C. 57–69.

6. Kalenkov A.N., Plastinin A.E. Prognozirovanie razlivov nefti s sudov v Amurskom bassejne // Nauchnye problemy vodnogo transporta. 2023. № 74. S. 216–228. EDN YLZIGA. DOI: 10.37890/jwt.vi74.341

7. Osintsev N., Rakhmangulov A., Baginova V. Evaluation of logistic flows in green supply chains based on the combined dematel-anp method // Facta Universitatis. Series: Mechanical Engineering. 2021. Vol. 19. № 3. Special Issue. P. 473–498. EDN AEQXNC. DOI: 10.22190/FUME210505061O

8. Lozhkina O.V., Lozhkin V.N. Estimation of nitrogen oxides emissions from petrol and diesel passenger cars by means of on-board monitoring: Effect of vehicle speed, vehicle technology, engine type on emission rates // Transportation Research Part D: Transport and Environment. 2016. Vol. 47. P. 251–264. EDN WVQSLV. DOI: 10.1016/j.trd.2016.06.008

9. Ocenka ekologicheskogo riska transportnyh proisshestvij na vodnyh ob"ektah / O.L. Domnina [i dr.] // Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2018. № 4-2 (42). S. 79–86.

10. Multi-agent optimization of the intermodal terminal main parameters by using AnyLogic simulation platform: Case study on the Ningbo-Zhoushan Port / D. Muravev [et al.] // International Journal of Information Management. 2021. Vol. 57. P. 102133. EDN IEECZG. DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2020.102133

11. Intellektual'nye tekhnologii dlya podderzhki prinyatiya upravlencheskih reshenij v sfere ekologicheskoj bezopasnosti transporta v bol'shih gorodah-portah / O.V. Lozhkina [i dr.] // Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2020. № 2-1 (48). S. 133–141. EDN MWEMRV. DOI: 10.37220/MIT.2020.48.2.010

12. Sovershenstvovanie prognozirovaniya razlivov nefti ot podvodnyh istochnikov / V.S. Naumov [i dr.] // Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2021. № 2-1 (52). S. 106–117. DOI: 10.37220/MIT.2021.52.2.016

13. Generalized Harmonically Convex Fuzzy-Number-Valued Mappings and Fuzzy Riemann-Liouville Fractional Integral Inequalities / M.B. Khan [et al.] // Mathematics. 2023. Vol. 11. № 3. P. 656. EDN TDIVYZ. DOI: 10.3390/math11030656

14. Discussion on Fuzzy Integral Inequalities via Aumann Integrable Convex Fuzzy-Number Valued Mappings over Fuzzy Inclusion Relation / M.B. Khan [et al.] // Mathematics. 2023. Vol. 11. № 6. P. 1356. EDN SAVERP. DOI: 10.3390/math11061356

15. Golovackaya L.I., Borodin A.N., Plastinin A.E. Ocenka ploshchadi neftyanogo zagryazneniya pri razlivah gazovogo kondensata v Kaspijskom more // Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2023. № 2. Ch. 1. S. 315–319. DOI: 10.37220/MIT.2023.60.2.039

16. Rakhmangulov A., Osintsev N., Mishkurov P. Spatio-Temporal Graphs in Transportation: Challenges, Optimization, and Prospects // Systems. 2025. Vol. 13. № 4. EDN GXLACK. DOI: 10.3390/systems13040263

17. Predicting the Underwater Movement of Diesel Fuel in the Event of a Ship Sinking / V. Naumov [et al.] // International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia. 2021. Ser.: Lecture Notes in Networks and Systems. Switzerland, 2022. Vol. 402-1. P. 1086–1094. DOI: 10.1007/978-3-030-96380-4_119

18. Modelirovanie pogruzheniya temnyh nefteproduktov pri razlive na vodnuyu poverhnost' / V.S. Naumov [i dr.] // Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2022. T. 1. № 1 (55). S. 194–201. DOI: 37220/MIT.2022.55.1.026

19. Modelirovanie vsplytiya nefti ot podvodnyh istochnikov v ledovyh usloviyah / V.S. Naumov [i dr.] // Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2018. № 4-2 (42). S. 87–91.

20. Shaposhnikov A.D., Plastinin A.E., Borodin A.N. Osobennosti prognozirovaniya vzryvov pri razlivah nefteproduktov na bassejnovom urovne // Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2025. № 2-1. S. 254–260. DOI: 10.37220/MIT.2025.68.2.031

21. Zatsepa S.N., Ivchenko A.A., Solbakov V.V. SPILLMOD – a CFD model for information support of marine oil spill response // Journal of Oceanological Research. 2022. Vol. 50. № 2. P. 72–105. DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2022.50(2).4

Информация о статье:
Статья поступила в редакцию: 28.05.2026; одобрена после рецензирования: 12.07.2026;
принята к публикации: 20.07.2026

The information about article:
The article was submitted to the editorial office: 28.05.2026; approved after review: 12.07.2026;
accepted for publication: 20.07.2026

Информация об авторах:
Пластинин Андрей Евгеньевич, профессор кафедры охраны окружающей среды и производственной безопасности Волжского государственного университета водного транспорта (603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, д. 5), доктор технических наук, доцент, e-mail: plastininae@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0003-4244-8703, SPIN-код: 8832-9459
Казанцев Андрей Юрьевич, аспирант кафедры охраны окружающей среды и производственной безопасности Волжского государственного университета водного транспорта (603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5), e-mail: kaf_oospb@vsuwt.ru, https://orcid.org/0009-0000-3754-3920, SPIN-код: 3870-9883

Information about the authors:
Plastinin Andrey E., professor of the department of environmental protection and industrial safety of the Volga state university of water transport (603950, Nizhniy Novgorod, st. Nesterova, 5), doctor of technical sciences, docent, e-mail: plastininae@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0003-4244-8703, SPIN: 8832-9459
Kazantsev Andrey Yu., graduate student of the department of environmental protection and industrial safety of the Volga state university of water transport (603950, Nizhniy Novgorod, st. Nesterova, 5), e-mail: kaf_oospb@vsuwt.ru, https://orcid.org/0009-0000-3754-3920, SPIN: 3870-9883