

Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2025. № 2. С. 81–90.

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ / RESEARCH PAPER

УДК 628.5:629.12.081.5

DOI: 10.22227/2311-1518.2025.2.81-90

ПОСЛЕДСТВИЯ ТЕХНОГЕННЫХ КАТАСТРОФ И ИХ ЛИКВИДАЦИИ

Юрий Леонидович Сколубович, Алексей Юрьевич Сколубович,
Анна Александровна Цыба

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин);
г. Новосибирск, Российская Федерация

Техногенные катастрофы представляют собой серьезные угрозы для окружающей среды, здоровья человека и экономики. Они могут быть вызваны различными факторами, включая человеческие ошибки, технические неисправности и природные явления. В данной статье рассмотрены причины, масштабы и экологические последствия аварийных разливов нефти и нефтепродуктов, а также методы их ликвидации. Разливы нефти, сбросы химических веществ и другие формы загрязнения могут привести к гибели морских организмов, включая рыбу, моллюсков и морских млекопитающих. Например, разливы нефти могут покрывать поверхности воды, нарушая фотосинтез водорослей и приводя к кислородному голоданию в водоемах. Это, в свою очередь, может вызвать массовую гибель рыбы и других морских обитателей, что негативно скажется на рыболовстве и экосистемах. Разливы мазута представляют серьезную угрозу для морской среды. При аварии в декабре 2024 г. в Керченском проливе значительная часть мазута осела на дно, так как температура воды составляла около 10 °С. Часть нефтепродуктов была поднята на поверхность и выброшена на берег в связи со штормом. В настоящее время основные мероприятия по сбору нефтепродуктов заключаются в сборе и вывозе мазута с песком с побережья, удалении нефтепродуктов с поверхности и дна водоема. Однако в связи с повышением температуры воды через 2–3 месяца возможно образование значительного количества эмульгированных нефтепродуктов в воде, что потребует специальных водоочистных сооружений. По результатам рассмотрения вопроса составлены предложения по ликвидации последствий аварии и предотвращению загрязнения акватории.

Ключевые слова: ликвидация аварийных разливов, технология, способы ликвидации, нефтеразливы, сорбент, мазут, Керченский пролив

Для цитирования: Сколубович Ю.Л., Сколубович А.Ю., Цыба А.А. Последствия техногенных катастроф и их ликвидации // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2025. № 2. С. 81–90. DOI: 10.22227/2311-1518.2025.2.81-90

CONSEQUENCES OF TECHNOGENIC DISASTERS AND THEIR ELIMINATION

Yuri L. Skolubovich, Alexey Yu. Skolubovich, Anna A. Tsyba

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin); Novosibirsk, Russian Federation

Technogenic disasters pose serious threats to the environment, human health, and the economy. They can be caused by various factors, including human error, technical malfunctions, and natural phenomena. This article examines the causes, scale, and environmental consequences of accidental oil and petroleum product spills, as well as methods for their remediation. Oil spills, chemical releases, and other forms of pollution can lead to the death of marine organisms, including fish, shellfish, and marine mammals. For example, oil spills can coat the surface of the water, disrupting algae photosynthesis and leading to oxygen depletion in water bodies. This, in turn, can cause mass die-offs of fish and other marine life, negatively impacting fisheries and ecosystems. Fuel oil spills pose a serious threat to the marine environment. During an accident in December 2024 in the Kerch Strait, a significant portion of the fuel oil settled to the bottom because the water temperature was around 10 °C. Some of the petroleum products were brought to the surface and washed ashore due to a storm. Currently, the main measures for collecting petroleum products involve collecting and removing fuel oil mixed with sand from the coast, and removing petroleum products from the surface and bottom of the water body. However, due to the increase in water temperature in 2–3 months, the formation of a significant amount of emulsified petroleum products in the water is possible, which will require specialized water treatment facilities. Based on the review of the issue, proposals have been formulated to mitigate the consequences of the accident and prevent pollution of the water area.

Keywords: elimination of emergency spills, technology, methods of elimination, oil spills, sorbent, fuel oil, Kerch Strait

For citation: Skolubovich Yu.L., Skolubovich A.Yu., Tsyba A.A. Consequences of technogenic disasters and their elimination. Biosphere Compatibility: Man, Region, Technology. 2025; 2:81-90. DOI: 10.22227/2311-1518.2025.2.81-90 (rus.).

Введение

Обеспечение экологической безопасности всегда было и остается актуальной проблемой с точки зрения техногенного развития. С увеличением объемов добычи, переработки и транспортировки нефти и нефтепродуктов возрастает и количество загрязнений, попадающих во все экосистемы, в том числе в водные объекты и Мировой океан. Источниками загрязнения нефтью может стать любой объект нефтяного комплекса: нефтехранилища, скважины, приемо-сдаточные пункты и прочее [1].

Наиболее катастрофические последствия на водные объекты оказывают аварийные разливы нефти, причинами которых могут быть столкновение танкеров, их посадки на мель, взрывы и пожары, крушение судов из-за их технического состояния и метеорологических условий. История наиболее крупных аварий, разливов нефти и нефтепродуктов берет свое начало со второй половины XX в. [2].

В 1978 г. танкер *Амосо Садир* (рис. 1) сел на мель неподалеку от побережья Бретани (Франция). Эта была крупнейшая экологическая катастрофа за всю историю Европы. В воде оказалось 223 тыс. тонн

нефти. Загрязнение нефтью побережья Франции распространилось.

В 1979 г. произошла крупнейшая в истории авария на мексиканской нефтяной платформе *Ixtoc I* (рис. 2), в ходе которой сначала возник резкий выброс нефти из месторождения, а затем она воспламенилась и взорвалась. Буровая установка обрушилась в море, и нефть стала свободно вытекать в Мексиканский залив. В результате в Мексиканский залив вылилось до 460 тыс. тонн сырой нефти. 75 тыс. км² Мексиканского залива оказалось покрыто нефтяной пленкой — это 5 % его площади. Разлив нефти негативно повлиял на экосистему региона, погибло большое количество морских черепах Кемпа, рыб, крабов, моллюсков и других водных и полуводных видов. Из-за сильных течений в океане нефтяное загрязнение затронуло береговую линию в Мексике и даже достигло Техаса.

В 1979 г. во время тропического шторма около побережья Тринидад и Тобаго столкнулись два полностью загруженных нефтеналивных танкера *Atlantic Empress* и *Aegean Captain* в Карибском море. На первом судне находилось 275 тыс. тонн нефти,



Рис. 1. Крушение танкера *Амосо Садир*, побережье Бретани (Франция), 1978 г.



Рис. 2. Разлив нефти с платформы *Ixtoc I* в Мексиканском заливе, 1979 г.



Рис. 3. Разлив нефти с поврежденного танкера «Эксон Валдез» у побережья Аляски, 1989 г.



Рис. 4. Разлив нефти в Персидском заливе, 1991 г.

а на втором — 200 тыс. В результате аварии началась утечка масла, оба судна загорелись, и в Атлантический океан попало 290 тыс. тон нефти. Один из танкеров затонул.

В марте 1989 г. нефтяной танкер «Эксон Валдез» (рис. 3) американской компании Еххон сел на мель в заливе Принц Уильямс у побережья Аляски. Через образовавшуюся в судне пробоину в океан вылилось свыше 48 тыс. т нефти. В результате пострадало свыше 2,5 тыс. км² морской акватории, под угрозой исчезновения оказались 28 видов животных. Район аварии был труднодоступным, что сделало невозможным быструю реакцию служб и спасателей. В результате катастрофы в море образовалось нефтяное пятно в 28 тыс. км². Было загрязнено нефтью около двух тысяч километров береговой линии. Спустя восемнадцать лет эту территорию обследовали и выявили более двадцати галлонов черного топлива в песке. Из-за этого вдоль береговой линии все еще не восстановилась экосистема. По подсчетам уч-

ных остатки излитой нефти исчезают со скоростью четыре процента в год от оставшейся общей массы. То есть для восстановления пострадавшего района потребуется не один десяток лет.

В 1991 г. в ходе войны в Персидском заливе были открыты задвижки на нефтяных терминалах «Си-Айленд» в Кувейте и опорожнены семь крупных нефтяных танкеров, нагруженных нефтью. До 1,5 млн т нефти (различные источники приводят разные данные) вылилось в Персидский залив (рис. 4). У берегов Кувейта и Саудовской Аравии появилось огромное нефтяное пятно 162,5 км в длину и 67,6 км в ширину. Таким образом, общая площадь пятна составляла около 11 тыс. км². Пострадало более 700 км прибрежной зоны Кувейта, Ирана, Катара. Толщина нефтяной пленки в некоторых местах достигала 12,7 см [3]. Также в Кувейте было подожжено 732 нефтяных скважины.

Это привело к ужасным последствиям: около года небо было черным без доступа солнечного



Рис. 5. Крушение танкера Prestige у побережья Испании, 2002 г.

света. Загрязнение воздуха превышало норму на 900 %. Погибло несколько десятков тысяч птиц, популяция верблюдов с 20 тыс. особей снизилась до 2 тыс., погибло около 90 % ракообразных и крабов, погибли морские обитатели, пострадали прибрежные растения. Также пострадал коралловый риф, так как эти существа очень чувствительны к экологической обстановке.

В январе 2000 г. в результате катастрофы в воды бухты Гуанабара близ Рио-де-Жанейро из трубопровода в море попало более 1,3 млн л нефти, что привело к крупнейшей за всю историю мегаполиса экологической катастрофе. Бразильские биологи сравнили масштабы экологического бедствия с последствиями войны в Персидском заливе. К счастью, нефть удалось остановить. Она прошла по течению четыре срочно построенных заградительных барьера и «застряла» лишь на пятом. Часть сырья уже удалили с поверхности реки, часть разлилась по вырытым в экстренном порядке специальным отводным каналам. Оставшиеся же 80 тыс. галлонов из миллиона (4 млн литров), попавших в водоем, рабочие вычерпывали вручную [4].

В ноябре 2002 г. в результате сильнейшего шторма у побережья Испании разломился и затонул танкер Prestige, груженный мазутом (рис. 5). В море попали 64 тыс. т мазута. Несмотря на сравнительно небольшой объем разлитых нефтепродуктов, катастрофа была признана самым масштабным бедствием за всю историю Западной Европы и Испании, так как мазут гораздо более токсичен, чем сырая нефть.

В 2003 г. в южной части Онежского залива Белого моря в районе архипелага Осинки в результате аварийной швартовки двух танкеров произошел разлив 54 т мазута. Особенности дна позволили собрать лишь 9 т. Спустя 10 лет наблюдалось вторичное загрязнение воды нефтяными углеводородами. Ученые выявили полную гибель молодняка камбал

2003 г., уменьшение рыбы в размерах и снижение ее выживаемости. Уровень углеводов в камбале оставался повышенным. Кроме того, белухи, обитавшие в этом районе, были вынуждены покинуть защищенные от ветра и волн места, где ранее приносили потомство. Вследствие этого повысилась смертность молодых особей.

В 2007 г. в результате шторма в Керченском проливе в Азовском и Черном морях за один день затонули четыре судна, еще шесть сели на мель, получили повреждения два танкера. Из разломившегося танкера «Волгонефть-139» (рис. 6) в море вылилось более 2 тыс. т мазута, на затонувших сухогрузах находилось около 7 тыс. т серы. Мазут быстро распространился по акватории, загрязнив побережье протяженностью 50 км. Экологические последствия были серьезными: погибло от 15,5 до 18,5 тыс. водоплавающих птиц. Особенностью ликвидации последствий аварии является тяжесть мазута, что приводит к его оседанию на дно и повторному выбросу при штормах. Он также залегаet под слоем песка, усложняя процесс очистки. Проблема многократно усложняется наличием мусора (пластика и бытового) в зоне загрязнения. Однако водные экосистемы значительно не пострадали. Мазут сохранялся на побережье в виде корок и скоплений, но его концентрация в воде и донных отложениях быстро снизилась. Естественная трансформация мазута заняла от 750 до 2010 дней [5].

В декабре 2024 г. в Керченском проливе на фоне экстремальных погодных условий потерпели крушение 2 танкера «Волгонефть-212» и «Волгонефть-239», перевозившие мазут. Дополнительным фактором аварии стало использование старых танкеров, которые не были предназначены для таких условий. Один из танкеров вообще не должен был выходить в море из-за приостановленных документов. В результате в море вылилось почти 4 тыс. тонн мазута, что вызвало серьезное загрязне-



Рис. 6. Крушение танкера «Волgoneфть-139» в Керченском проливе, 2007 г.



Рис. 7. Карта распространения мазута в Керченском проливе, 2024 г.



Рис. 8. Разлив дизельного топлива в Норильске, 2020 г.

ние не только акватории Черного моря, но и прибрежных зон от м. Панагия до заповедника Утриш на территории Краснодарского края. Загрязнение распространилось на азовское побережье. Особую тревогу вызывают масштабы загрязнения пляжей Анапы, где ситуация достигла критического уровня (рис. 7).

Для морской экосистемы ключевым фактором восстановления после аварии с проливом нефти и нефтепродуктов является способность к самоочищению, определяемая продолжительностью разлива и динамикой загрязнения [6]. Катастрофы подчеркивают уязвимость Керченского пролива к экологиче-

ским катастрофам из-за интенсивного судоходства и сложных погодных условий. Однако разлив 2024 г. оказался более масштабным и сложным для ликвидации, что указывает на необходимость улучшения системы предотвращения аварий и разработки новых технологий для борьбы с разливами мазута.

Одна из крупнейших утечек нефтепродуктов в арктической зоне в истории, создавшая угрозу для экосистемы Северного Ледовитого океана, возникла при разгерметизации резервуара на ТЭЦ-3 в Норильске (район Кайеркан) 29 мая 2020 г. и привела к попаданию 21,2 тыс. т дизельного топлива за пределы промзоны. Из них по оценкам специ-

Источники загрязнения окружающей среды нефтью и нефтепродуктами

Источники загрязнений	Доля в общем объеме, %
Бытовые и промышленные отходы	30
Эксплуатация судов	27
Естественные источники	24
Аварии танкеров и нефтяных платформ	12
Атмосферные осадки	7

алистов порядка 6 тыс. т попали в грунт, а около 15 тыс. т — в гидросферу (рис. 8). Владелец ТЭЦ-3 «Норникель» уплатил штраф в сумме 146 млрд рублей.

Даже если аварийный выброс происходит на суше, разлившаяся нефть или нефтепродукты попадают в конечном счете в воду, таким образом, акватории рек, озер и морей, прежде всего их поверхность, являются основной ареной борьбы с нефтяными загрязнениями.

Ежегодно в Мировой океан попадает до 11 млн т нефти и нефтепродуктов. Однако аварийные разливы, вызванные добычей и транспортировкой, не являются главным источником загрязнения (табл.) [7].

Последствия разливов нефти носят весьма тяжелый характер, так как нарушается экологическое равновесие окружающей среды [8]. Нефтяное загрязнение негативно влияет на многие естественные взаимосвязи и процессы, значительно изменяет условия жизни всех живых организмов и способно накапливаться в биомассе. Попав в нефтяной разлив, мелкие животные погибают сразу. Птицы не могут отличить водоем от нефтяного пятна, поэтому садятся прямо в нефть. Внешнее загрязнение нефтью разрушает их оперение, спутывает перья и вызывает раздражение глаз. От средних до крупных разливов обычно гибнет до 5 тысяч птиц. Пытаясь себя очистить от нефти клювом, птицы заглатывают ее, и токсичное вещество попадает в их организм, от чего они и погибают. На растительность разлитая нефть тоже влияет губительно. На тех местах, где произошел разлив, долгое время расти ничего не будет.

Через 10 мин после того как нефть попала в воду, образуется нефтяное пятно толщиной 1 см. Через некоторое время за счет испарившихся легких фракций и расширения пятна толщина пленки уменьшается до 1 мм. Одна тонна нефти может покрыть площадь до 12 км². Образуя на поверхности воды пленку, которая затрудняет водо- и газообмен между океаном и атмосферой, нефтепродукты резко ухудшают развитие морских организмов. Под воздействием ветра, волн и погоды происходят дальнейшие изменения. Чаще всего пятно дрейфует под воздействием ветра и распадается на более мелкие

пятна, которые отдаляются на большие расстояния от места разлива.

Конечно же страдает и атмосфера в результате испарения легких фракций нефти. Часто такие испарения переносятся на большие расстояния, выпадают с осадками и тем самым отравляют почву. При попадании на грунт нефтяные продукты проникают вглубь, что вызывает нарушение газообмена.

Случаи, связанные с острым отравлением парами нефтепродуктов, достаточно большая редкость, но долговременное воздействие на организм вызывает развитие различных болезней.

Более серьезная проблема возникает в случае, когда взаимодействие летучих углеводородов, которые входят в состав нефти и нефтепродуктов, ультрафиолетового излучения и окислов азота приводит к образованию смога. В такой ситуации серьезно могут пострадать тысячи человек.

Как показывает практика, если авария происходит вблизи населенного пункта, то отравляющий эффект нефти усиливается, так как продукты испарения смешиваются с другими загрязнителями человеческого происхождения [9, 10].

Чтобы избежать таких тяжелых последствий, необходимо произвести ликвидацию аварийных разливов нефти и нефтепродуктов.

Сбор разлитых нефтепродуктов в водоемах — сложная задача, требующая применения различных технологий и методов. Эти методы можно классифицировать на механические, физико-химические и биологические, а также учитывать специфические подходы для удаления нефтепродуктов со дна водоемов.

Механические методы являются наиболее распространенными и эффективными для ликвидации разливов нефти. Они включают использование боновых заграждений (рис. 9). Эти устройства устанавливаются по периметру нефтяного пятна для его локализации. Боны удерживают нефть на поверхности, предотвращая ее дальнейшее распространение. Предлагается использовать в качестве бонов пропиленовый микроволоконный материал, разработанный профессором Г.Г. Волокитиным в ТГАСУ [11, 12].

Использование скиммеров для сбора нефтепродуктов с поверхности воды, работающих по принципу адгезии или вакуума, позволяет эффективно

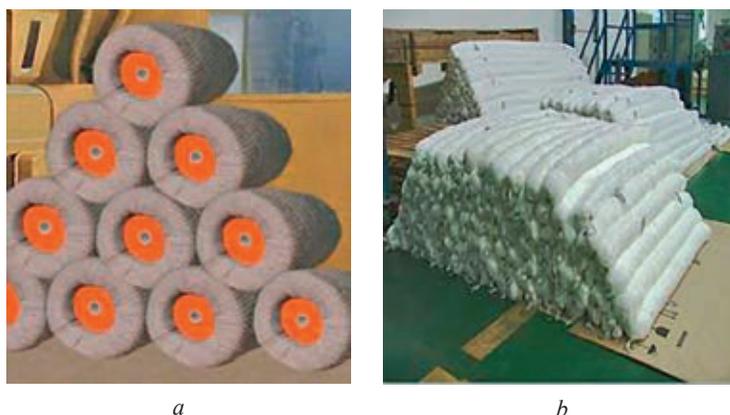


Рис. 9. Боновые ограждения для морских (а) и речных (б) акваторий на основе полипропиленового микроволокна

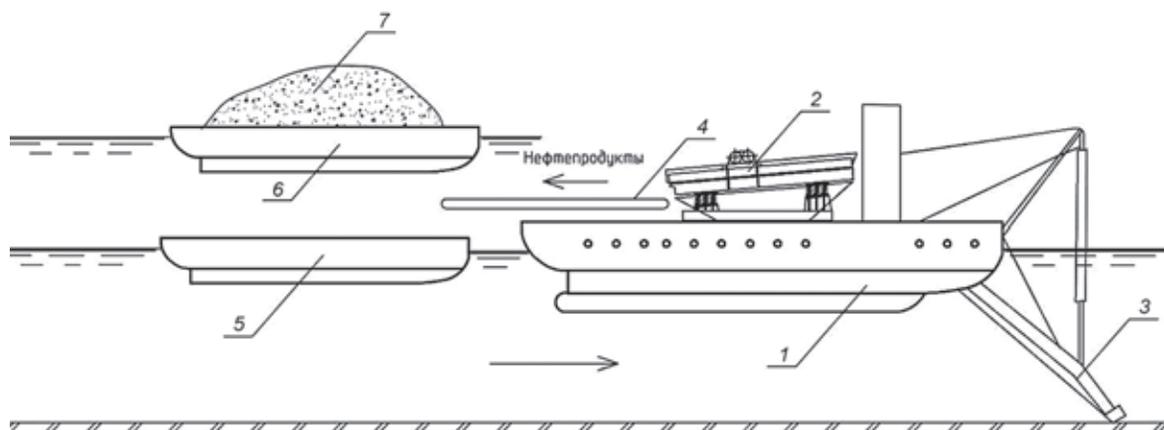


Рис. 10. Установка для очистки придонных отложений: 1 — баржа; 2 — грохот; 3 — земснаряд; 4 — отвод мазута; 5, 6 — баржа, 7 — песок с мазутом

отделять нефть от воды. Возможно также использование насосов для откачки нефтяной пленки с помощью гибких рукавов. Однако их эффективность может снижаться из-за тонкости пленки и вибрации, создаваемой оборудованием.

Использование сорбентов позволяет удалять как плавающие, так и эмульгированные нефтепродукты. Сорбенты могут быть как натуральными, так и синтетическими, они эффективно удаляют загрязнения без негативного воздействия на экосистему. В качестве сорбентов при очистке эмульгированных нефтепродуктов с целью снижения стоимости очистки и решения вопросов дальнейшей утилизации можно рекомендовать дробленый рядовой уголь, использование которого будет рассмотрено ниже.

Для рассеивания нефтяных загрязнений могут использоваться диспергенты, однако их применение может привести к образованию осадка на дне водоема, что создаст дополнительные экологические проблемы.

Биологические методы основаны на использовании микроорганизмов для разложения углеводородов. Этот подход, как правило, применяется после механической и физико-химической очистки для устранения остатков загрязнений. Для такой

очистки могут быть использованы препараты, разработанные в Сибирском федеральном университете (г. Красноярск) [13], а также производимые в НПО «Вектор» (г. Новосибирск), такие как «Путидойл» [14].

Сбор нефти со дна водоемов представляет собой отдельную задачу, которая требует специализированных методов. Авторами предлагается эрлифтный метод, использующий водовоздушную струю для поднятия нефтесодержащих осадков на поверхность. Эрлифтный метод позволяет значительно сократить время и затраты на операцию по сбору нефти. Благодаря своей эффективности и простоте он может быть использован в широком диапазоне условий и с минимальными затратами на обучение персонала. Этот метод позволяет минимизировать вторичное загрязнение водоема.

В НГАСУ (Сибстрин) предложена установка, монтируемая на барже (рис. 10), предусматривающая отвод со дна нефтесодержащего осадка с последующим его разделением на рассеивающем устройстве (типа грохота, используемого для разделения фракций горных пород). Таким образом можно отделить значительную часть нерастворимых неф-

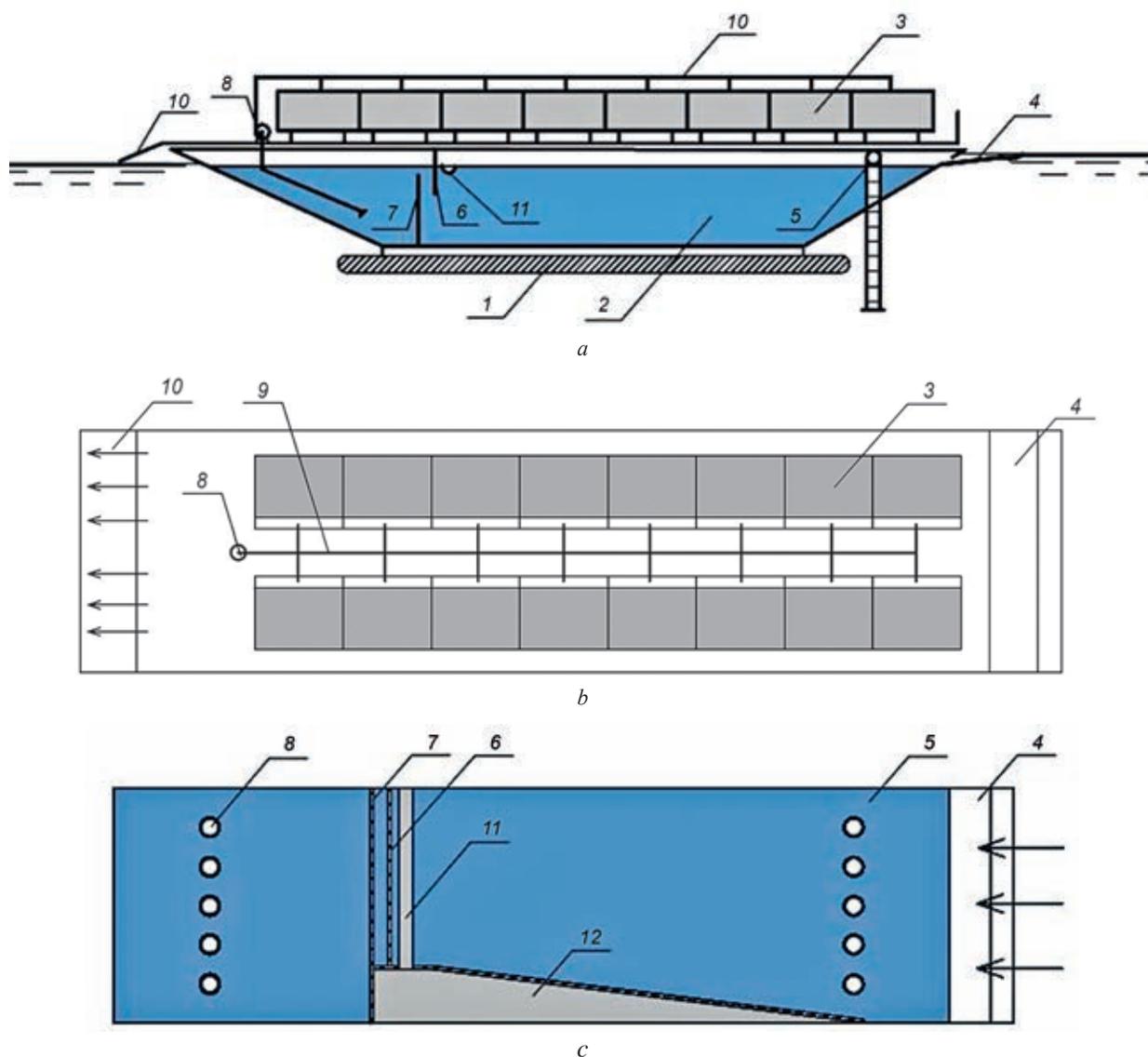


Рис. 11. Установка для сбора нефтепродуктов, плавающих на поверхности морской воды: *a* — вид сбоку; *b* — вид сверху; *c* — вид под перекрытием; 1 — плавучая платформа; 2 — полая емкость; 3 — фильтрующий контейнер; 4 — устройство для сбора нефтяной пленки; 5 — насосы; 6 — полупогружная перегородка; 7 — затопленный водослив; 8 — насосы; 9 — распределительная система; 10 — наклонное перекрытие; 11 — желоб; 12 — сборник нефтепродуктов

тепродуктов со дна водоема от песка с последующей их утилизацией.

Также предложена установка, монтируемая на барже, предусматривающая забор нефтесодержащих вод как с поверхности, так и с глубины водоема, отвод их в нефтеловушку с разделением плавающих нефтепродуктов от растворенных (рис. 11). Далее плавающие нефтепродукты отводятся на дальнейшую обработку и утилизацию, а вода, содержащая эмульгированные нефтепродукты, насосами подается на фильтры, загруженные в качестве фильтрующей загрузки сорбентом, например, дробленным рядовым углем с ближайших месторождений (Донбасс). Вода проходит через фильтры, очищается от нефтепродуктов и сбрасывается обратно в водоем. Отработанную загрузку с задержанными на ней неф-

тепродуктами выгружают и используют в качестве топлива на котельных.

Серьезной проблемой является утилизация песка, насыщенного нефтепродуктами. Учеными ТГУ (г. Хабаровск) предлагается его использование при производстве асфальта, а также в дорожном строительстве [15].

Таким образом, современные методы сбора и очистки разлитых нефтепродуктов в водоемах разнообразны и требуют комплексного подхода в зависимости от условий загрязнения. Механические методы остаются наиболее эффективными для ликвидации разливов на поверхности воды, в то время как удаление эмульгированных нефтепродуктов требует специализированных технологий. Эффективное применение этих методов в зависимости от условий

может значительно снизить экологический ущерб от нефтяных загрязнений.

Ликвидация нефтяных загрязнений — это сложная, дорогая и трудновыполнимая процедура, кото-

рая обычно не приводит к полной очистке водоема. Поэтому стратегия борьбы с аварийными разливами нефти в значительной мере должна включать деятельность, направленную на их предотвращение.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Никонов А.Н., Потапова С.О. Нефтяная промышленность как один из серьезных загрязнителей окружающей среды // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2018. Т. 1. № 9. С. 666–673. EDN SMGFTZ.
2. Владимиров В.А. Разливы нефти: причины, масштабы, последствия // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. 2014. № 1. С. 217–229. EDN SCHGLZ.
3. Адлард Э.Р. Николас П. Черемисинов, Антон Давлетишин. Управление чрезвычайными ситуациями при разливах нефти на шельфе. Руководство для специалистов по чрезвычайным ситуациям. 2010. URL: <https://download.e-bookshelf.de/download/0000/5881/68/L-G-0000588168-0002361974.pdf> (дата обращения: 21.04.2025).
4. Крупнейшие разливы нефти в истории человечества // Neftegaz.ru. 2010. URL: <https://neftegaz.ru/analysis/ecology/329375-krupneyshie-razlivy-nefti-v-istorii-chelovechestva/> (дата обращения: 21.04.2025).
5. Фацук Д.Я. Эколого-географические последствия катастрофы танкера «Волгонефть-139» в Керченском проливе 11 ноября 2007 г. // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2009. № 1. С. 105–117. EDN JVYJGF.
6. Кузнецов А.Н., Федоров Ю.А., Фатмаль П. Самоочищение морских побережий, загрязненных мазутом: результаты многолетних наблюдений, моделирование и картографирование // Экологические проблемы. Взгляд в будущее. 2020. С. 388–393. EDN GNWNMA.
7. Кулакова И.И., Лисичкин Г.В. Ликвидация аварийных разливов нефти. Сорбционная очистка поверхности акваторий от нефтяных загрязнений : уч. пос. к спецкурсам кафедры химии нефти и органического катализа «Переработка нефти» и «Нефтехимия». М., 2022. 82 с.
8. Вылкован А.И., Венцюлис Л.С., Зайцев В.М., Филатов В.Д. Современные методы и средства борьбы с разливами нефти : науч.-практ. пос. СПб. : Центр Техинформ, 2000. 155 с.
9. Меркотун И.Н., Аксенов В.Н. Причины и последствия разливов нефти и нефтепродуктов // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2018. № 1 (9). С. 298–300. EDN XSLWQX.
10. Степаньян О.В. Воздействие разливов нефтепродуктов на прибрежноводные и водные растения // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2019. № 2 (287). С. 12–17. DOI: 10.33285/2411-7013-2019-2(287)-12-17. EDN EHDPOE.
11. Патент РФ 2174165. Устройство для получения волокнистых материалов из расплава термопластов / Волокитин Г.Г., Зотов С.Н. Заявл. 04.12.2000. Оpubл. 27.09.2001.
12. Патент РФ 2345182. Устройство для получения волокнистых материалов из термопластов / Волокитин Г.Г., Филоненко Д.А., Скрипникова Н.К. Заявл. 11.07.2006. Оpubл. 27.01.2009.
13. Дубровская О.Г., Дубровская С.Д., Бобрик А.Г., Таибулатова О., Самадов Н.С. Перспективы применения высокоселективных сорбентов в системах очистки карьерных вод // Международный научно-исследовательский журнал. 2024. № 8 (146). С. 1–9.
14. Габибов Ф.Г., Агаев Т.Б., Гусейнова Л.В., Габибова Л.Ф. Инженерно-экологические проблемы деградации, очистки и рекультивации почвогрунтов, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. М. : Издательство «Георесурс», 2023. 728 с.
15. Лофлер М., Шелегов В.Г., Слободчикова Н.А. Направления использования нефтешламов в дорожном строительстве // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2018. Т. 8. № 4 (27). С. 98–104. EDN YWAKYX.

Об авторах: **Юрий Леонидович Сколубович** — доктор технических наук, профессор, ректор; **Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)**; 630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, д. 113; e-mail: rector@sibstrin.ru;

Алексей Юрьевич Сколубович — канд. техн. наук, доцент кафедры «Водоснабжение и водоотведение»; **Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)**; 630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, д. 113; e-mail: a.skolubovich45@sibstrin.ru;

Анна Александровна Цыба — старший преподаватель кафедры «Водоснабжение и водоотведение»; **Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)**; 630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская,

REFERENCES

1. Nikonov A.N., Potapova S.O. Neftyanaya promyshlennost', kak odin iz ser'eznykh zagryaznitelei okruzhayushchei sredy. *Pozharnaya bezopasnost': problemy i perspektivy*. 2018; 9:666-673. EDN SMGFTZ. (rus.).
2. Vladimirov V.A. Razlivy nefti: Prichiny, masshtaby, posledstviya. *Strategiya grazhdanskoj zashchity: problemy i issledovaniya*. 2014; 1:217-229. EDN SCHGLZ. (rus.).
3. Adlard Eh.R. Nikolas P. Cheremisinov, Anton Davletshin. Upravlenie chrezvychainymi situatsiyami pri razlivakh nefti na shel'fe. *Rukovodstvo dlya spetsialistov po chrezvychainym situatsiyam*. 2010. URL: <https://download.e-bookshelf.de/download/0000/5881/68/L-G-0000588168-0002361974.pdf> (data obrashcheniya: 21.04.2025). (rus.).
4. Krupneishie razlivy nefti v istorii chelovechestva. *Neftegaz.ru*. 2010. URL: <https://neftgaz.ru/analisis/ecology/329375-krupneyshie-razlivy-nefti-v-istorii-chelovechestva/> (data obrashcheniya: 21.04.2025). (rus.).
5. Fashchuk D.Ya. Ehkologo-geograficheskie posledstviya katastrofy tankera «Volgoneft'-139» v Kerchenskom prolyve 11 noyabrya 2007 g. *Izvestiya Rossijskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya*. 2009; 1:105-117. EDN JVYJGF. (rus.).
6. Kuznetsov A.N., Fedorov Yu.A., Fattal' P. Samoochishchenie morskikh poberezhii, zagryaznennykh mazutom: rezul'taty mnogoletnikh nablyudeni, modelirovanie i kartografirovaniye. *Ehkologicheskie problemy. Vzglyad v budushchee*. 2020; 388-393. EDN GNWNMA. (rus.).
7. Kulakova I.I., Lisichkin G.V. Likvidatsiya avariinykh razlivov nefti. Sorbtsionnaya ochistka poverkhnosti akvatorii ot neftnyanykh zagryaznenii. *Uchebnoe posobie k spetskursam kafedry khimii nefti i organicheskogo kataliza "Pererabotka nefti" i "Neftekhiya"*. Moscow, 2022; 82 (rus.).
8. Vylkovan A.I., Ventsyulis L.S., Zaitsev V.M., Filatov V.D. *Sovremennye metody i sredstva bor'by s razlivami nefti: Nauchno-prakticheskoe posobie*. Saint Petersburg, Tsentr Tekhinform, 2000; 155. (rus.).
9. Merkotun I.N., Aksenov V.N. Prichiny i posledstviya razlivov nefti i nefteproduktov. *Sovremennye tekhnologii obespecheniya grazhdanskoj oborony i likvidatsii posledstviy chrezvychainykh situatsii*. 2018; (9):298-300. EDN XSLWQX. (rus.).
10. Stepan'yan O.V. Vozdeistvie razlivov nefteproduktov na pribrezhnovodnye i vodnye rasteniya. *Zashchita okruzhayushchei sredy v neftegazovom komplekse*. 2019; 2(287):12-17. DOI: 10.33285/2411-7013-2019-2(287)-12-17. EDN EHDPOE. (rus.).
11. Patent RF 2174165. *Ustroistvo dlya polucheniya voloknistykh materialov iz rasplava termoplastov* / Volokitin G.G., Zotov S.N. Zayavl. 04.12.2000. Opubl. 27.09.2001. (rus.).
12. Patent RF 2345182. *Ustroistvo dlya polucheniya voloknistykh materialov iz termoplastov* / Volokitin G.G., Filonenko D.A., Skripnikova N.K. Zayavl. 11.07.2006. Opubl. 27.01.2009. (rus.).
13. Dubrovskaya O.G., Dubrovskaya S.D., Bobrik A.G., Tashbulatova O., Samadov N.S. Perspektivy primeneniya vysokosektivnykh sorbentov v sistemakh ochistki kar'ernykh vod. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*. 2024; 8(146):1-9. (rus.).
14. Gabibov F.G., Agaev T.B., Guseinova L.V., Gabibova L.F. *Inzhenerno-ehkologicheskie problemy degradatsii, ochistki i rekul'tivatsii pochvogruntov, zagryaznennykh neft'yu i nefteproduktami*. Moscow, Izdatel'stvo "GeoresurS", 2023; 728. (rus.).
15. Lofler M., Shelegov V.G., Slobodchikova N.A. Napravleniya ispol'zovaniya nefteshlamov v dorozhnom stroitel'stve. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'*. 2018; 8:4(27):98-104. EDN YWAKYX. (rus.).

About the authors: **Yuriy L. Skolubovich** — Grand PhD in Engineering, Professor, Rector; **Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin)**; 113 Leningradskaya St., Novosibirsk, 630008, Russian Federation; e-mail: rector@sibstrin.ru;

Alexey Yu. Skolubovich — PhD in Engineering Associate Professor, Department of "Water Supply and Sanitation"; **Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin)**; 113 Leningradskaya St., Novosibirsk, 630008, Russian Federation; e-mail: a.skolubovich45@sibstrin.ru;

Anna A. Tsyba — Senior lecturer, Department of "Water Supply and Sanitation"; **Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin)**; 113 Leningradskaya St., Novosibirsk, 630008, Russian Federation; e-mail: a.tsyba@sibstrin.ru.