

Научная статья

УДК 614.849; 614.835.3; DOI: 10.61260/1998-8990-2025-3-99-110

## **АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ О ПОЖАРАХ НА ОБЪЕКТАХ, ВХОДЯЩИХ В ИНФРАСТРУКТУРУ НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**Кожевин Дмитрий Федорович;**

✉ **Радова Екатерина Владимировна.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия**

✉ ***radova\_ev@mail.ru***

*Аннотация.* Проведен анализ статистических данных о пожарах на объектах, входящих в инфраструктуру нефтяной промышленности. Представлены статистические распределения по годам возникновения пожаров на исследуемых объектах; количеству в зависимости от объекта возникновения; причинам возникновения и источникам зажигания пожаров на объектах инфраструктуры нефтяной промышленности; обстоятельствам, сопровождающим возникновение пожаров на объектах инфраструктуры нефтяной промышленности. Результаты показали рост числа пожаров в 2022–2024 гг., связанный с атаками беспилотных летательных аппаратов, которые кардинально меняют структуру рисков, исключая этап задержки воспламенения и увеличивая площадь горения проливов, устаревшим оборудованием и нарушениями технологических процессов.

*Ключевые слова:* пожары на объектах хранения и переработки нефти, статистические данные, атаки беспилотных летательных аппаратов, риск-ориентированные модели, площадь пролива нефтепродуктов

**Для цитирования:** Кожевин Д.Ф., Радова Е.В. Анализ статистических данных о пожарах на объектах, входящих в инфраструктуру нефтяной промышленности // Проблемы управления рисками в техносфере. 2025. № 3 (75). С. 99–110. DOI: 10.61260/1998-8990-2025-3-99-110.

Scientific article

## **ANALYSIS OF STATISTICAL DATA ON FIRES AT FACILITIES INCLUDED IN THE INFRASTRUCTURE OF THE OIL INDUSTRY**

**Kozhevin Dmitriy F.;**

✉ **Radova Ekaterina V.**

**Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia**

✉ ***radova\_ev@mail.ru***

*Abstract.* The article analyzes statistical data on fires at facilities included in the infrastructure of the oil industry. Statistical distributions are presented by: the years of occurrence of fires at the studied facilities; the number depending on the object of occurrence; the causes and sources of ignition of fires at the oil industry facilities; the circumstances accompanying the occurrence of fires at the oil industry facilities. The results showed an increase in the number of fires in 2022–2024 associated with attacks by unmanned aerial vehicles, which radically change the risk structure, eliminating the stage of delayed ignition and increasing the burning area of spills, outdated equipment and disruptions to technological processes.

*Keywords:* fires at oil storage and processing facilities, statistical data, unmanned aerial vehicles attacks, risk-based models, oil spill area

**For citation:** Kozhevin D.F., Radova E.V. Analysis of statistical data on fires at facilities included in the infrastructure of the oil industry // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2025. № 3 (75). P. 99–110. DOI: 10.61260/1998-8990-2025-3-99-110.

## Введение

Российская Федерация занимает лидирующие позиции в мире по объемам добычи нефти, при этом является одним из крупнейших экспортеров нефти на мировом рынке, статистические данные по этим показателям приведены на рис. 1.



Рис. 1. Диаграммы добычи и экспорта нефти на мировом рынке

Большой объем добычи нефти требует развитой инфраструктуры:

- объектов хранения нефти и нефтепродуктов;
- объектов транспортировки нефти и нефтепродуктов;
- объектов переработки нефти.

Все выше перечисленные объекты представляют большую пожарную опасность и серьезную угрозу, как для окружающей среды, так и для безопасности людей. Поэтому данное исследование посвящено объектам инфраструктуры нефтяной промышленности (ИНП), где хранение и переработка нефти осуществляется в больших объемах, что может спровоцировать чрезвычайную ситуацию (ЧС).

Актуальность темы обусловлена растущим числом инцидентов, связанных с пожарами на нефтехранилищах и нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ), что требует глубокого анализа причин и последствий этих событий. Пожары на подобных объектах могут привести к значительным экономическим потерям, экологическим катастрофам, угрожают жизни и здоровью работников и местного населения. В связи с этим недостаточное понимание причин и закономерностей возникновения пожаров на объектах ИНП становится серьезной проблемой, требующей научного осмысления и практических решений.

Для этого в исследовании применены методы статистического и сравнительного анализа. Статистический анализ позволил собрать и систематизировать данные о пожарах, а сравнительный анализ помог выявить различия и сходства в инцидентах за разные годы.

Целью исследования является анализ динамики количества пожаров на объектах ИНП и выявление основных тенденций и факторов, влияющих на их возникновение и развитие.

Для достижения этой цели поставлены следующие задачи:

- провести анализ отечественных и зарубежных исследований;
- собрать и систематизировать статистические данные о пожарах на объектах ИНП за 2015–2024 гг. из различных источников, включая отчеты МЧС России, Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзора), Федеральной службы государственной статистики (Росстата), корпоративные данные и материалы средств массовой информации (СМИ);

– провести анализ полученных данных с целью выявления закономерностей и причин; определить основные факторы, влияющие на возникновение пожаров на объектах ИНП; проанализировать последствия пожаров, включая человеческие жертвы, экологический ущерб, экономические потери и социальные последствия.

Данная проблема была проанализирована в различных отечественных и иностранных исследованиях, в каждом рассматриваются инциденты, связанные с пожарами и взрывами в нефтегазовой отрасли. Данные некоторых исследований обобщены и приведены в табл. 1.

Таблица 1

### Краткий анализ научных исследований – выявление причин, последствий и мест пожаров

Основные причины	Последствия	Места пожаров
Анализ зарубежных исследований [4–11]		
Ошибки при проектировании и эксплуатации, допущенные, вследствие недостатка знаний, корпоративной и личной халатности	Крупные аварии, сопровождающиеся взрывами, пожарами, разрушением инфраструктуры, массовыми жертвами, загрязнением окружающей среды	Объекты ИНП (например: Jurong Island, Сингапур; Texas City; Buncefield, Мексика; Piper Alpha, 1988; Abkatun, Мексика, 2015; Bhopal, 1989; Техас, 2008; Pasadena, 1989)
Природный фактор (33 %) и технологическая неисправность (49 %)	Пожары и взрывы, которые вызывают значительные производственные простои, тяжелые травмы персонала и повреждение инфраструктуры	Нефтеперерабатывающие заводы (48 %), вспомогательные системы (31 %), основной процесс (10 %), терминалы хранения (26 %)
Анализ отечественных исследований [12–17]		
Технический износ, нарушение регламентов, слабый контроль и внешние угрозы	Человеческие жертвы, экологические катастрофы, значительные экономические потери и нарушение работы предприятий	Объекты ИНП

Результаты ретроспективного анализа пожаров на объектах ИНП (как отечественных, так и зарубежных), представленные в табл. 1, демонстрируют устойчивые паттерны возникновения ЧС, связанные с технологическими и эксплуатационными факторами.

Однако динамика геополитических и индустриальных процессов последнего десятилетия требует актуализации данных. Современные вызовы усложняют оценку текущих угроз и повышают вероятность недооценки новых факторов риска. Отсутствие единых стандартов учета осложняет выработку комплексных решений. Именно здесь на первый план выходят усилия государственных (МЧС России, Всероссийский институт противопожарной обороны (ВНИИПО, Росстат, Ростехнадзор и др.), нефтяные компании и отраслевые ассоциации, чье взаимодействие в сборе и анализе статистики, включая данные о пожарах.

Доступ к репрезентативным и исчерпывающим статистическим данным в открытых источниках существенно ограничен, что затрудняет их оперативное получение и анализ. Информация, как правило, фрагментарна и может различаться в зависимости от источника. Для повышения объективности в статье объединены и рассмотрены данные, размещенные в открытом доступе, такие как «уроки извлеченные из аварии» Ростехнадзор [1] и ежегодные отчеты ВНИИПО<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Проанализированы статистические сборники ФГБУ ВНИИПО МЧС России с 2015 по 2023 гг. Пожары и пожарная безопасность: информ.-аналит. сб. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России. URL: <https://vniipo.ru/institut/informatsionnye-sistemy-reestry-bazy-i-banki-danny/federalnyy-bank-dannykh-pozhary/> (дата обращения: 03.02.2025)

### Результаты исследования и их обсуждение

За период 2015–2024 гг. наблюдается определенная динамика в количестве пожаров на объектах ИНП. В отдельные годы фиксировались всплески, связанные с крупными авариями или внешними факторами, данные по которым представлены на рис. 2, 3.

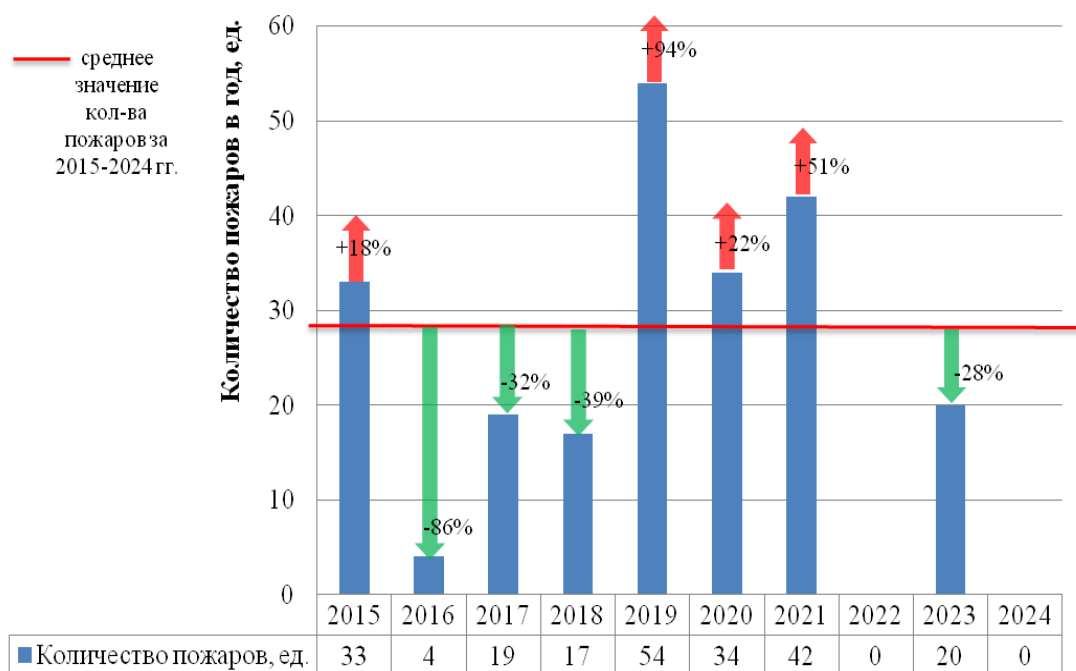


Рис. 2. Распределение количества пожаров за 2015–2024 гг. согласно данным ВНИИПО

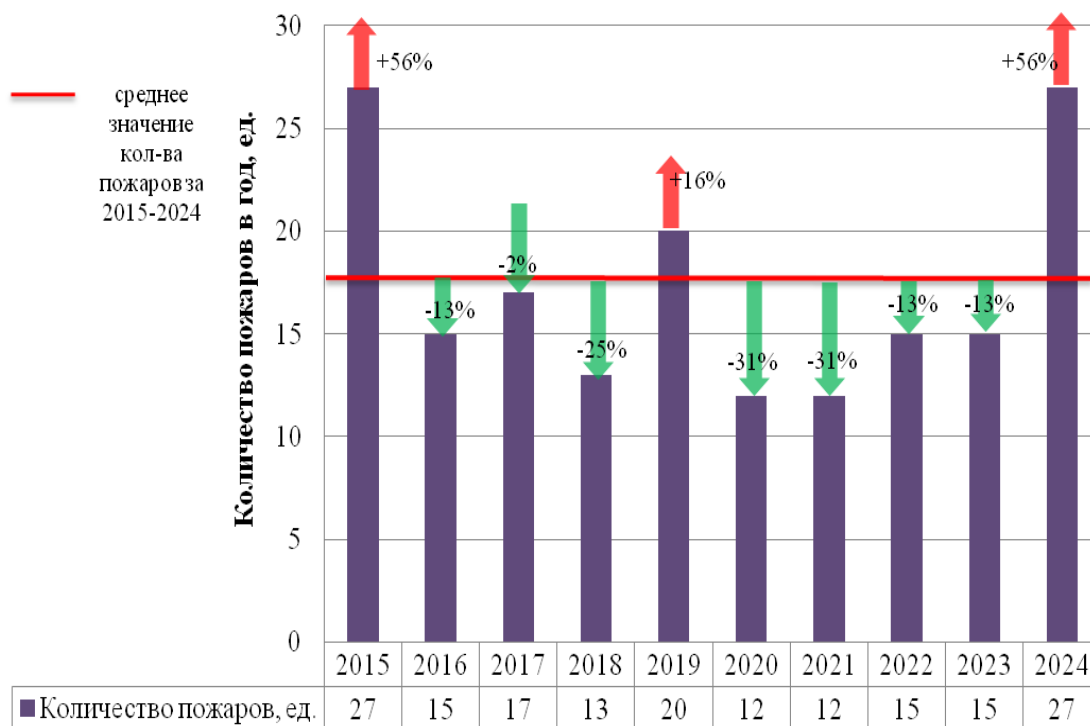


Рис. 3. Распределение количества пожаров за 2015–2024 гг. согласно данным Ростехнадзора совместно со СМИ

Согласно анализу данных, опубликованных ВНИИПО, Ростехнадзором и СМИ, отраженных на рис. 2, 3, динамика числа пожаров на объектах ИНП условно разделена на следующие периоды:

- 2015–2016 гг.: резкое снижение после аномального пика;
- 2017–2019 гг.: нестабильность и рекордный скачок (фиксировалось несколько крупных пожаров на НПЗ и нефтебазах);
- 2020–2021 гг.: влияние пандемии COVID-19, возможное снижение количества пожаров из-за временной приостановки работы некоторых предприятий с последующим возвратом к доковидным уровням;
- 2022–2024 гг.: рост числа инцидентов, связанных с внешними факторами, в частности с атаками беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Данное разделение на периоды позволяет выделить специфические и ключевые факторы, обострившиеся или возникшие в последние годы на объектах ИНП, формирующие новые вызовы, представлены в табл. 2.

Таблица 2

### Факторы, влияющие на возникновение пожаров

Факторы		Пояснение
Специфические факторы	Атаки БПЛА	Начиная с 2022 г. зафиксированы случаи атак БПЛА на объекты ИНП, что привело к пожарам и взрывам на НПЗ. Это новый фактор риска, требующий разработки и внедрения специальных мер защиты
	Санкции	Вследствие введения западных санкций усложнился процесс закупки импортного оборудования и запчастей для НПЗ, что, в долгосрочной перспективе, может привести к проблемам с обслуживанием и ремонтом, и, как следствие, увеличению аварийности
	Устаревание оборудования	На некоторых объектах, особенно на старых нефтебазах, используется устаревшее оборудование, которое не соответствует современным требованиям безопасности
Ключевые факторы	Специфика объектов повышенного риска	Основная доля пожаров связана с предприятиями нефтегазового комплекса, нефтебазами, автозаправочными станциями и транспортировкой нефтепродуктов из-за работы с легковоспламеняющимися веществами и сложных технологических процессов
	Региональная зависимость	Частота и масштабы пожаров варьируются в зависимости от концентрации нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих предприятий в регионе, а также от уровня соблюдения мер пожарной безопасности
	Сезонные закономерности	Риск возгораний усиливается в периоды экстремальных климатических условий (например, жара) или повышенной транспортной активности, что характерно для определенных регионов

Анализ последствий пожаров, возникающих на объектах ИНП, позволяет систематизировать их разрушительное воздействие, выделив четыре ключевые группы негативных эффектов:

- человеческие жертвы и травмы: пожары на объектах ИНП часто приводят к тяжелым ожогам, отравлениям продуктами горения и к летальным исходам среди персонала и населения, находящегося вблизи места происшествия, данные по которым представлены на рис. 4;
- экологический ущерб: разлив нефтепродуктов при пожаре загрязняет почву, водные ресурсы, атмосферу, нанося непоправимый вред окружающей среде;
- экономические потери: ущерб от уничтоженного оборудования, остановки производства, затраты на ликвидацию последствий пожара и выплаты компенсаций исчисляются огромными суммами, данные по которым представлены на рис. 5;

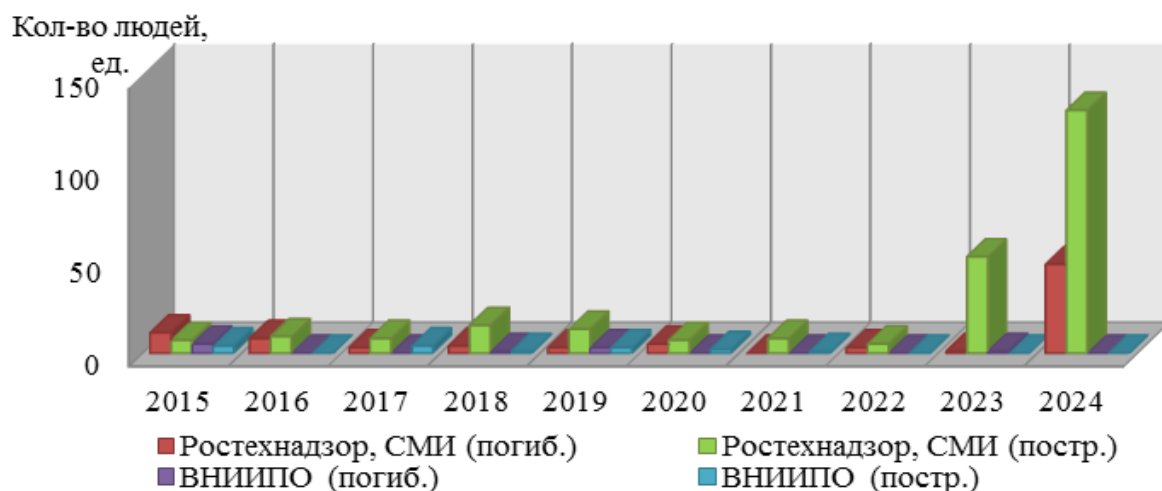


Рис. 4. Распределение по количеству пострадавших и погибших в результате пожаров за 2015–2024 гг.

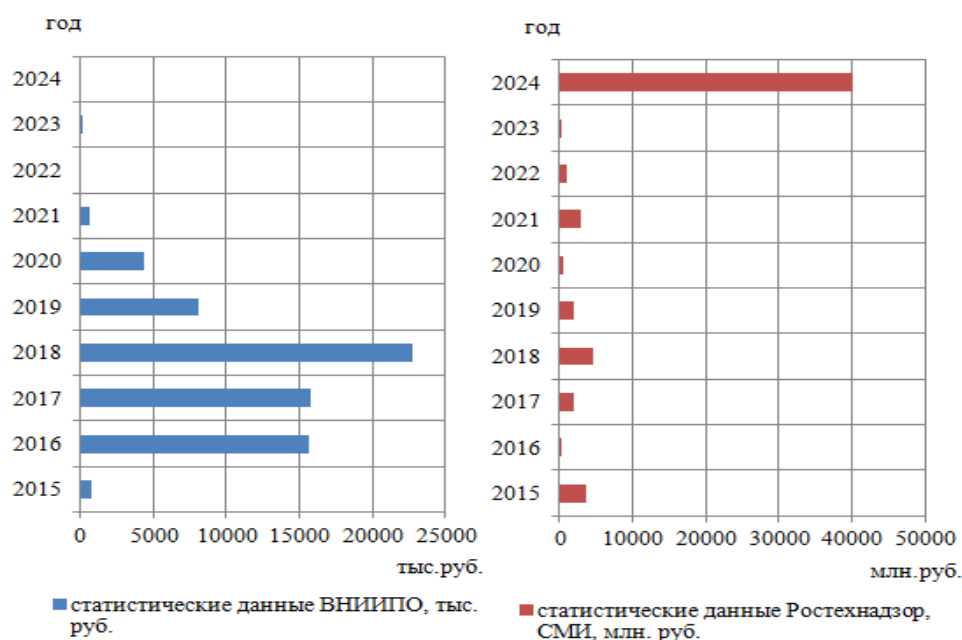


Рис. 5. Распределение по сумме экономического ущерба в результате пожаров за 2015–2024 гг.

– социальные последствия: пожары могут вызвать панику среди населения, потерю рабочих мест и ухудшение социально-экономической ситуации в регионе.

Статистические данные и анализ факторов, влияющих на возникновение пожаров, показывают, что основными очагами возникновения пожаров традиционно становятся объекты, относящиеся к категориям с высоким уровнем пожарного риска. К числу таких наиболее уязвимых зон, в том числе на НПЗ, относятся (рис. 6):

– резервуарные парки: особенно с вертикальными стальными резервуарами (РВС) и резервуарами со стационарной крышей и понтоном (РВСП), используемые для хранения нефти и нефтепродуктов (риск связан с большими объемами легковоспламеняющихся веществ, возможными утечками, искрами или нарушениями герметичности);

– сливноналивные эстакады (пожары возникают из-за испарений горючих жидкостей, статического электричества или ошибок при операциях);

- технологические установки (риск обусловлен высокими температурами, давлением, химическими реакциями и возможными авариями на этапах переработки);
- насосные станции (возгорания связаны с неисправностью оборудования, утечками или перегревом насосов);
- трубопроводы (пожары возникают из-за коррозии, механических повреждений, нарушений герметичности или внешних воздействий).

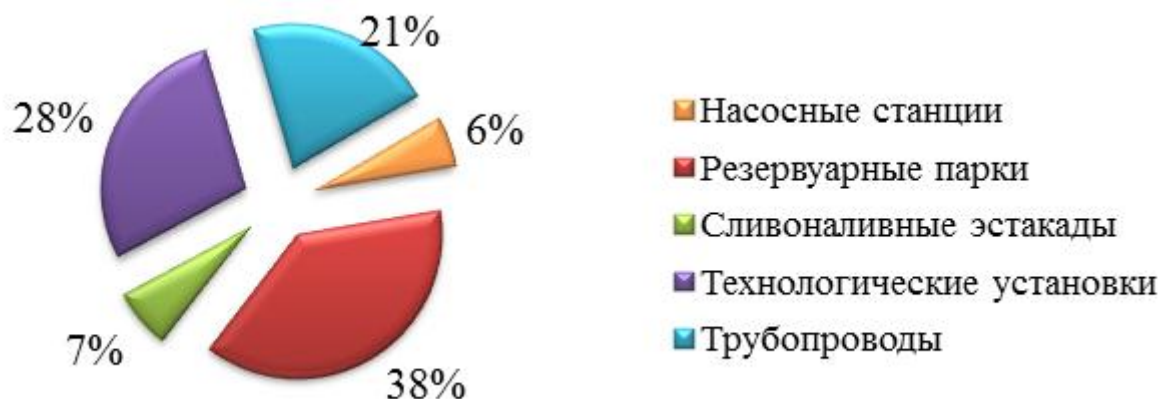


Рис. 6. Распределение по местам возникновения пожаров за 2015–2024 гг.

Анализ статистических данных по пожарам, а также используемая информация из открытых источников данных [1] показали, что характерными местами возникновения пожаров остаются резервуарные парки, где хранятся легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, такие как нефть, нефтепродукты, сжиженные газы и другие химические вещества. Особенности таких пожаров заключаются в том, что легковоспламеняющиеся жидкости горят с высокой температурой и выделяют большое количество тепла; пары нефтепродуктов или газов могут образовывать взрывоопасные смеси; пожар может быстро перекинуться на соседние резервуары, создавая эффект «домино»; при горении выделяются опасные вещества, такие как угарный газ, сернистый газ и другие токсичные соединения.

В методиках оценки пожарной опасности на объектах ИНП ключевым параметром, определяющим уровень риска гибели людей, является площадь пролива нефтепродуктов. Этот показатель напрямую влияет на динамику развития пожара, интенсивность теплового излучения, продолжительность горения и сложность тушения. Увеличение площади пролива приводит к: росту тепловой нагрузки на близлежащие объекты и персонал; увеличению зоны поражения опасными факторами (дым, токсичные продукты горения); усложнению локализации и ликвидации пожара из-за масштабов горения.

Площадь пожаров на объектах ИНП за последние 10 лет оценить сложно из-за разрозненных данных и различий в отчетности. Ориентировочная площадь пожаров, полученная на основе анализа крупных инцидентов в России, суммарно составляет 200–500 га.

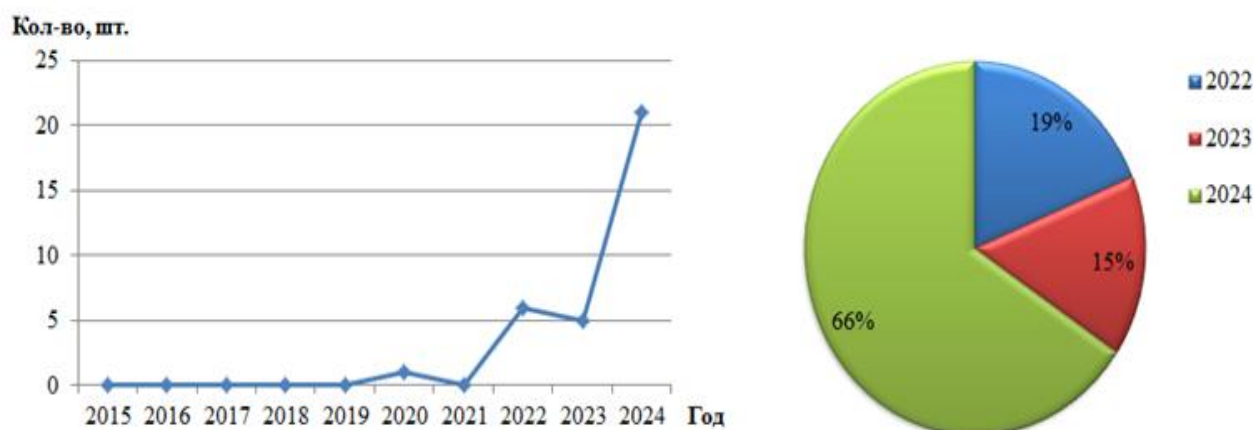
Мировая статистика значительно выше, например, в США (по данным NFPA), ежегодно фиксируются сотни пожаров на подобных объектах, но данные о площади пожаров редко публикуют. Глобальная оценка может достигать 1 000–5 000 га.

Генезис возгорания является значимым фактором при анализе пожарных рисков объекта в рамках комплексного подхода к прогнозированию и профилактике ЧС. Основные причины возникновения пожара, по статистическим данным ВНИИПО и Ростехнадзора, представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Распределение по причинам возникновения пожаров за 2015–2024 гг.**

Причина	Пояснение	Значение
Нарушение правил технологического процесса	Несоблюдение установленных регламентов, несвоевременное техническое обслуживание, ошибки при проведении технологических операций (слив, налив, перекачка) могут привести к аварийным ситуациям	47 %
Технические неисправности оборудования	Износ трубопроводов, резервуаров, насосов, некачественное обслуживание и несвоевременная замена оборудования являются частой причиной утечек и последующего возгорания	21 %
Статическое электричество	При перекачке и перемещении нефтепродуктов может накапливаться статическое электричество, искра от которого способна воспламенить пары	12 %
Человеческий фактор	Неосторожное обращение с огнем, курение в неположенных местах, ошибки персонала из-за недостаточной квалификации или невнимательности – значимая причина пожаров	3 %
Внешние факторы	Удары молний, природные катаклизмы (землетрясения, наводнения), поджоги, диверсии, террористические акты, атаки БПЛА (особенно актуально в последние годы)	17 %

**Рис. 7. График динамики увеличения количества воздействия внешних факторов за 2015–2024 гг. и диаграмма за 2022–2024 г.**

Из данных рис. 7 видно, что в 2024 г. произошло двухкратное увеличение количества пожаров, связанных с воздействием внешних факторов, с высокой долей вероятности – это действие БПЛА.

Воздействие БПЛА на объекты ИНП вносит структурные изменения в общепринятые логические деревья событий (ЛДС), регламентированные приказом МЧС России № 533<sup>2</sup>. Это обусловлено тем, что атаки БПЛА инициируют каскад процессов, включающих не только механическую разгерметизацию оборудования, но и одновременное внесение источника воспламенения, что приводит к устранению этапа задержки воспламенения в структуре ЛДС. Данный фактор исключает классический сценарий «воспламенение с временным лагом», предусмотренный действующей методологией оценки рисков.

<sup>2</sup> Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах: приказ МЧС России от 26 июня 2024 г. № 533 (зарег. в Минюсте России от 2 сент. 2024 г. № 79360). Доступ из инф.-правового портала «Гарант»



Кроме того, применение БПЛА существенно модифицирует вероятностные параметры риск-ориентированных моделей и увеличивает площадь горения проливов нефтепродуктов. Это связано с:

1. Синхронизацией инициирующих событий – комбинация утечки и мгновенного воспламенения исключает этап локализации до возгорания.

2. Динамикой распространения пламени – площадь теплового воздействия возрастает пропорционально площади пролива, что усиливается при наличии внешнего источника зажигания.

3. Топографией зоны поражения – БПЛА часто атакуют критические узлы, где проливы охватывают большие площади из-за особенностей рельефа или конструкции объекта.

Одним из наиболее масштабных пожаров на объектах ИНП в Российской Федерации стал инцидент, зафиксированный 18 августа 2024 г. в 05:00 на территории топливного склада нефтебазы в г. Пролетарске Ростовской обл. Возгорание, спровоцированное атакой БПЛА, охватило площадь 10 000 м<sup>2</sup>.

### Заключение

Анализ научных публикаций и статистических данных о пожарах на объектах ИНП выявил серьезные и многогранные вызовы, стоящие перед нефтегазовой отраслью. Данные табл. 1 демонстрируют, что до 2022 г. наблюдалось статистически значимое сходство в структуре причин возгораний на объектах ИНП как в Российской Федерации, так и за рубежом. Реформирование нормативной базы в рамках закона «О промышленной безопасности»<sup>3</sup>, внедрение интеллектуальных систем мониторинга трубопроводных систем (с 2018 г.), а также модернизация инфраструктуры, включающая замену 15 % устаревших резервуарных парков (по данным ПАО «НК «Роснефть» [2]), способствовали системному повышению уровня контроля в нефтегазовой отрасли. Реализация указанных мер обусловила снижение частоты возникновения хронических рисков, связанных с пожарами, что подтверждается статистическими данными, представленными в табл. 3. В последние годы ситуация усугубилась появлением новой угрозы – атак БПЛА (рис. 7), что кардинально изменило ландшафт рисков. Данный фактор обусловлен способностью БПЛА провоцировать каскадные разрушения, включая комбинированные сценарии (например, поджог с последующим разливом горючих веществ). Существующая нормативно-правовая база, регламентирующая методологию оценки пожарных рисков и разработку деклараций промышленной безопасности, не предусматривает учет антропогенных угроз умышленного характера, таких как диверсии, террористические акты или атаки с использованием дронов.

Параметром, определяющим интенсивность теплового воздействия, скорость распространения пламени и масштабы вторичных возгораний является площадь горения проливов нефтепродуктов. Это обуславливает недостаточную адекватность существующих моделей оценки, что снижает их применимость в условиях современных вызовов.

Минимизация пожарных рисков на объектах ИНП требует реализации адаптивных стратегий управления, основанных на интеграции технологических инноваций, совершенствовании нормативной базы, подготовке специалистов и междисциплинарном взаимодействии. Ключевым условием устойчивого функционирования отрасли является модернизация систем безопасности, включая внедрение алгоритмов прогнозирования комбинированных инцидентов.

Разработка дополнений к действующим методикам, предусматривающих: вероятностное моделирование внешних угроз; оценку уязвимости инфраструктуры к воздействию БПЛА; анализ спектра комбинированных сценариев (например, синхронизация атаки дронов с утечкой

---

<sup>3</sup> О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с изм. и доп.): Федер. закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ. Доступ из инф.-правового портала «Гарант».

нефтепродуктов); количественную оценку площади горения проливов нефтепродуктов как критического параметра для прогнозирования динамики пожара и расчета необходимых ресурсов для его локализации, позволит повысить точность риск-ориентированных моделей, оптимизировать распределение ресурсов для профилактики и ликвидации ЧС, а также минимизировать социально-экономические и экологические последствия. Реализация указанных мер соответствует принципам устойчивого развития и требованиям обеспечения промышленной безопасности в условиях эскалации техногенных и антропогенных угроз.

#### Список источников

1. Федеральная служба по экологическому и атомному надзору «Уроки, извлеченные из аварий. Чек-лист» 2015–2024 гг. URL: <https://www.gosnadzor.ru/industrial/oil/lessons/> (дата обращения: 17.02.2025).
2. НК «Роснефть». Годовые отчеты 2015–2024 гг. URL: [https://www.rosneft.ru/Investors/statements\\_and\\_presentations/annual\\_reports/?ysclid=m7ukl249b0261794220](https://www.rosneft.ru/Investors/statements_and_presentations/annual_reports/?ysclid=m7ukl249b0261794220) (дата обращения: 20.02.2025).
3. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. Ежегодные отчеты о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору 2015–2024 гг. URL: [https://www.gosnadzor.ru/public/annual\\_reports/](https://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/) (дата обращения: 10.02.2025).
4. Amyotte P.R. Why major accidents are still occurring // *Current Opinion in Chemical Engineering*. 2016. P. 1–8. DOI: 10.1016/j.coche.2016.07.003.
5. Wang D., Zhang P., Chen L. Fuzzy fault tree analysis for fire and explosion of crude oil tanks // *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2013. P. 1390–1398. DOI: 10.1016/j.jlp.2013.08.022.
6. Hans J. Pasman. Chapter 1: Industrial processing systems. Their Products and Hazards // *Risk Analysis and Control for Industrial Processes-Gas, Oil and Chemicals*. 2015. P. 1–31. DOI: 10.1016/B978-0-12-800057-1.00001-8.
7. Chang J.I., Lin C.C. A study of storage tank accidents // *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* ed. 2006. P. 51–59. DOI: 10.1016/j.jlp.2005.05.015.
8. Nolan, Dennis P. Chapter 6: Historical Survey of Major Fires and Explosions in the Process Industries. *Handbook of Fire and Explosion Protection Engineering Principles for Oil, Gas, Chemical, and Related Facilities (Fourth Edition)*, 2019. P. 123–149. DOI: 10.1016/B978-0-12-816002-2.00006-4.
9. Okoh P., Haugen S. Maintenance-related major accidents: Classification of causes and case study // *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2013. P. 1060–1070. DOI: 10.1016/j.jlp.2013.04.002.
10. Sesseng C., Storesund K., Steen-Hansen A. Analysis of 985 fire incidents related to oil- and gas production on the Norwegian continental shelf. 2018. URL: [https://www.researchgate.net/publication/325870446\\_Analysis\\_of\\_985\\_fire\\_incidents\\_related\\_to\\_oil\\_and\\_gas\\_production\\_on\\_the\\_Norwegian\\_continental\\_shelf](https://www.researchgate.net/publication/325870446_Analysis_of_985_fire_incidents_related_to_oil_and_gas_production_on_the_Norwegian_continental_shelf) (дата обращения: 24.04.2025).
11. Goh Y.M., Tan S., Lai K.C. Learning from the Bhopal disaster to improve process safety management in Singapore // *Process Safety and Environmental Protection*. 2015. Vol. 97. P. 102–108. DOI: 10.1016/j.psep.2015.02.004.
12. Фомин А.В., Шахманов Ф.Ф., Артемов А.С. Анализ статистических данных о пожарах на объектах нефтегазового сектора в республике Башкортостан // *Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности*. 2019. № 3. С. 24–28. EDN NJFQEY.
13. Вороной Е.А. Анализ происшествий объектов нефтегазового комплекса и решение по их предупреждению // *Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. Железногорск: Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России*. 2021. С. 186–190. DN IBXDNP.

14. Особенности протекания крупных пожаров на объектах нефтегазового комплекса и методика снижения аварийной эмиссии CO<sub>2</sub> / Е.А. Басова [и др.] // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. 2024. Т. 8. № 3. С. 325–336. DOI 10.33408/2519-237X.2024.8-3.325. EDN RWFTST.

15. Кечин В.П. Обзор причин пожаров на объектах нефтегазового комплекса на примере базы хранения нефтепродуктов // Инновации. Наука. Образование. 2021. № 30. С. 510–514. EDN ETEVQS.

16. Кондратьев С.А., Петрова Н.В., Попов А.В. Технология экспертного анализа обеспечения пожарной безопасности объектов нефтегазового комплекса // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2014. Т. 1. № 1 (5). С. 269–273. EDN VMDIJB.

17. Ивахнюк С.Г., Петрова Н.В., Плешаков В.В. Пожары и взрывы на объектах нефтепереработки и нефтепродуктообеспечения России в 2018–2022 гг. // Техносферная безопасность. 2024. № 1 (42). С. 90–102. EDN ICYADI.

## References

1. Federal'naya sluzhba po ekologicheskomu i atomnomu nadzoru «Uroki, izvlechenyye iz avarij. Chek-list» 2015–2024 gg. URL: <https://www.gosnadzor.ru/industrial/oil/lessons/> (data obrashcheniya: 17.02.2025)

2. NK «Rosneft'». Godovye otchety 2015-2024 gg. URL: [https://www.rosneft.ru/Investors/statements\\_and\\_presentations/annual\\_reports/?ysclid=m7ukl249b0261794220](https://www.rosneft.ru/Investors/statements_and_presentations/annual_reports/?ysclid=m7ukl249b0261794220) (data obrashcheniya: 20.02.2025).

3. Federal'naya sluzhba po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru. Ezhegodnye otchety o deyatelnosti Federal'noj sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru 2015–2024 gg. URL: [https://www.gosnadzor.ru/public/annual\\_reports/](https://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/) (data obrashcheniya: 10.02.2025).

4. Amyotte P.R. Why major accidents are still occurring // Current Opinion in Chemical Engineering. 2016. P. 1–8. DOI: 10.1016/j.coche.2016.07.003.

5. Wang D., Zhang P., Chen L. Fuzzy fault tree analysis for fire and explosion of crude oil tanks // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2013. P. 1390–1398. DOI: 10.1016/j.jlp.2013.08.022.

6. Hans J. Pasman. Chapter 1: Industrial processing systems. Their Products and Hazards // Risk Analysis and Control for Industrial Processes-Gas, Oil and Chemicals. 2015. P. 1–31. DOI: 10.1016/B978-0-12-800057-1.00001-8.

7. Chang J.I., Lin C.C. A study of storage tank accidents // Journal of Loss Prevention in the Process Industries ed. 2006. P. 51–59. DOI: 10.1016/j.jlp.2005.05.015.

8. Nolan, Dennis P. Chapter 6: Historical Survey of Major Fires and Explosions in the Process Industries. Handbook of Fire and Explosion Protection Engineering Principles for Oil, Gas, Chemical, and Related Facilities (Fourth Edition), 2019. P. 123–149. DOI: 10.1016/B978-0-12-816002-2.00006-4.

9. Okoh P., Haugen S. Maintenance-related major accidents: Classification of causes and case study // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2013. P. 1060–1070. DOI: 10.1016/j.jlp.2013.04.002.

10. Sesseng C., Storesund K., Steen-Hansen A. Analysis of 985 fire incidents related to oil- and gas production on the Norwegian continental shelf. 2018. URL: [https://www.researchgate.net/publication/325870446\\_Analysis\\_of\\_985\\_fire\\_incidents\\_related\\_to\\_oil\\_and\\_gas\\_production\\_on\\_the\\_Norwegian\\_continental\\_shelf](https://www.researchgate.net/publication/325870446_Analysis_of_985_fire_incidents_related_to_oil_and_gas_production_on_the_Norwegian_continental_shelf) (data obrashcheniya: 24.04.2025).

11. Goh Y.M., Tan S., Lai K.C. Learning from the Bhopal disaster to improve process safety management in Singapore // Process Safety and Environmental Protection. 2015. Vol. 97. P. 102–108. DOI: 10.1016/j.psep.2015.02.004.

12. Fomin A.V., Shahmanov F.F., Artemov A.S. Analiz statisticheskikh dannyh o pozharah na ob"ektah neftegazovogo sektora v respublike Bashkortostan // Nadzornaya deyatel'nost' i sudebnaya ekspertiza v sisteme bezopasnosti. 2019. № 3. S. 24–28. EDN NJFQEY.

13. Voronoy E.A. Analiz proisshestvij ob"ektov neftegazovogo kompleksa i reshenie po ih preduprezhdeniyu // Aktual'nye problemy obespecheniya pozharnoj bezopasnosti i zashchity ot chrezvychajnyh situacij: sb. materialov Vseros. nauch.-prakt. konf. ZHeleznogorsk: Sibirskaya pozharно-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii. 2021. S. 186–190. DN IBXDNP.

14. Osobennosti protekaniya krupnyh pozharov na ob"ektah neftegazovogo kompleksa i metodika snizheniya avarijnoj emissii CO<sub>2</sub> / E.A. Basova [i dr.] // Vestnik Universiteta grazhdanskoj zashchity MCHS Belarusi. 2024. T. 8. № 3. S. 325–336. DOI 10.33408/2519-237X.2024.8-3.325. EDN RWFTST.

15. Kechin V.P. Obzor prichin pozharov na ob"ektah neftegazovogo kompleksa na primere bazy hraneniya nefteproduktov // Innovacii. Nauka. Obrazovanie. 2021. № 30. S. 510–514. EDN ETEVQS.

16. Kondrat'ev S.A., Petrova N.V., Popov A.V. Tekhnologiya ekspertnogo analiza obespecheniya pozharnoj bezopasnosti ob"ektov neftegazovogo kompleksa // Pozharnaya bezopasnost': problemy i perspektivy. 2014. T. 1. № 1 (5). S. 269–273. EDN VMDIJB.

17. Ivahnyuk S.G., Petrova N.V., Pleshakov V.V. Pozhary i vzryvy na ob"ektah neftepererabotki i nefteproduktoobespecheniya Rossii v 2018–2022 gg // Tekhnosfernaya bezopasnost'. 2024. № 1 (42). S. 90–102. EDN ICYADI.

#### **Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 10.04.2025; одобрена после рецензирования: 12.05.2025; принята к публикации: 03.06.2025

#### **The information about article:**

The article was submitted to the editorial office: 10.04.2025; approved after review: 12.05.2025; accepted for publication: 03.06.2025

#### *Информация об авторах:*

**Кожевин Дмитрий Федорович**, начальник кафедры физико-химических основ процессов горения и тушения Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, доцент, e-mail: Yagmort\_KDF@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6418-107X>, SPIN-код: 9647-7196.

**Радова Екатерина Владимировна**, адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: radova\_ev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4687-6692>, SPIN-код: 3992-9600

#### *Information about the authors:*

**Kozhevin Dmitriy F.**, chief of the physical and chemical bases of the burning and extinguishing processes department of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovskiy ave., 149), candidate of technical sciences, e-mail: Yagmort\_KDF@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6418-107X>, SPIN: 9647-7196

**Radova Ekaterina V.**, adjunct of the faculty of training highly qualified personnel of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: radova\_ev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4687-6692>, SPIN: 3992-9600