

Научная статья
УДК 504.064.4

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ХРАНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ

✉ Ударцева Ольга Владимировна.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

✉ oblad@mail.ru

Аннотация. Современное состояние окружающей природной среды вызывает опасения в связи с нарастающей статистикой аварийных ситуаций на опасных производственных объектах. Предприятия хранения нефтепродуктов, помимо проблемы взрывопожароопасности, формируют угрозу загрязнения окружающей среды как следствие аварийных ситуаций. Несмотря на достигнутые результаты в оборудовании резервуарных парков средствами защиты от разливов, проблема загрязнения почвы остается актуальной.

В представленной статье описаны результаты исследования систем защиты почвенного слоя в прилегающей территории. Обоснована необходимость использования в качестве гидроизоляционного материала современного композита, который является экологически безопасным пластиком, отличается большей прочностью, устойчив к агрессивным средам, имеет высокую температуру плавления, обладает тепло- и морозостойкостью.

Использование данного материала позволяет исключить проникновение нефти в почвенный слой и предотвратить загрязнение прилегающих территорий.

Ключевые слова: экологическая безопасность, резервуары вертикальные стальные, аварийные разливы нефти

Для цитирования: Ударцева О.В. Проблемы экологической безопасности хранения нефтепродуктов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2023. № 2 (66). С. 206–213.

Scientific article

PROBLEMS OF ENVIRONMENTAL SAFETY OF PETROLEUM PRODUCTS STORAGE

✉ Udartseva Olga V.

Tumen industrial university, Tumen, Russia

✉ oblad@mail.ru

Abstract. The current state of the environment raises concerns in connection with the growing statistics of emergencies at hazardous production facilities. Oil products storage enterprises, in addition to the problem of explosion and fire hazard, form the threat of environmental pollution as a consequence of emergency situations. Despite the results achieved in equipping tank farms with spill protection equipment, the problem of soil contamination remains relevant.

The presented article describes the results of the study of soil layer protection systems in the adjacent territory. The necessity of using a modern composite as a waterproofing material, which belongs to an environmentally friendly type of plastic, is more durable, resistant to contamination, has a high melting point, heat and frost resistance, is justified. The use of this material makes it possible to exclude the penetration of oil into the soil layer and prevent contamination of adjacent territories.

Keywords: environmental safety, vertical steel tanks, emergency oil spills

For citation: Udartseva O.V. Problems of environmental safety of petroleum products storage // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2023. № 2 (66). P. 206–213.

Введение

Нефтегазовая отрасль в настоящее время занимает лидирующее положение в обеспечении безопасности и экономической устойчивости нашей страны.

С увеличением объема добываемой нефти, развитием промышленного производства возникает необходимость строительства и модернизации резервуарных парков, используемых для хранения нефтепродуктов.

Вместе с тем технологический процесс хранения нефти формирует проблемы не только промышленной, но и экологической безопасности [1–4].

В настоящее время резервуары вертикальные стальные наземные являются основным средством хранения нефтепродуктов, процесс эксплуатации которых сопровождается воздействием различных факторов с последующим развитием аварийных ситуаций и причинением вреда окружающей среде. Сравнительный анализ процентного соотношения причин аварий на предприятиях данной отрасли показал, что взрыв является основной причиной и составляет 35 % от анализируемых случаев. За восемь месяцев 2022 г. этот показатель вырос до 50 % [5–6].

Возникает необходимость обеспечения не только промышленной, но и экологической безопасности процесса хранения нефтепродуктов в резервуарном парке и прилегающей территории.

По статистическим данным, на предприятиях нефтехранения аварийные ситуации, сопровождающиеся разливом нефти, как правило, связаны с нарушением технологических процессов и эксплуатацией оборудования.

Технологический процесс хранения нефтепродуктов, кроме требований по оборудованию резервуаров, имеет обязательные нормативы по обустройству прилегающей территории [7–10].

Основным требованием для наземных резервуаров является наличие ограждающей стенки и обвалования по периметру, необходимое для защиты территории расположения парка от разливов.

Высота ограждающей стенки рассчитывается исходя из радиуса резервуара и объема хранящейся нефти.

По периметру резервуарных парков предусмотрено замкнутое обвалование. Согласно техническим требованиям замкнутое обвалование необходимо для исключения разлива нефти за территорию.

Предполагается, что площадь загрязненных земель при аварийной ситуации будет фактически определяться площадью обвалования.

Возникает необходимость предотвратить проникновение нефтепродуктов в почву на территории замкнутого обвалования с возможностью ее сбора и повторного использования, применением нового типа гидроизоляционного материала.

Постановка задачи и расчетная часть

На основании вышеизложенного проведен расчет размера гидроизоляционного материала, необходимого для оборудования подстилающей поверхности, что не только предотвратит загрязнение почв, но и позволит собрать нефтепродукты после аварии.

Расчет проведен для резервуарного парка по следующим параметрам.

Группа резервуаров – РВС-5000 с нефтью расположены в обваловании площадью 6 400 м². Полный объем одного резервуара – 5 000 л, диаметр резервуара – 22,804 м, высота резервуара – 12,345 м. Степень заполнения – 0,8. При аварии происходит полное разрушение одного из крайних резервуаров с выходом в обвалование 4 000 л нефти. Температура окружающего воздуха – 20 °С.

Расчет проведен согласно ГОСТ Р 533–2009 «Ограждения резервуаров. Требования пожарной безопасности» [11] с учетом следующих параметров: V=5 000 м³, D=22,804 м, H=12,345 м.

Технологическая карта резервуарного парка с распространением зон чрезвычайной ситуации представлена на рисунке.

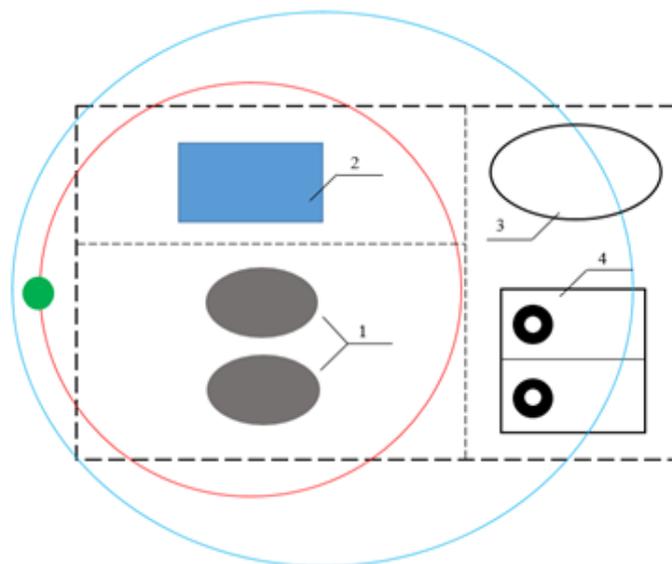


Рис. Карта резервуарного парка (схема расположения оборудования):

- Зона поражающего воздействия при пожаре
- Граница слабых разрушений
- Точка негативного воздействия на окружающую среду

1 – резервуары 5 000; 2 – емкость с техническим маслом;
3 – емкость для стоков; 4 – модуль котельной

Расчет актуален, если выполнены следующие условия:

$$100 \leq V_i \leq 30000$$

$$3 \leq L \leq 30$$

где L – расстояние от вертикальной стены до стенки резервуара, 6,75 м; V_i – объем резервуара, м³.

Площадь обвалования с учетом a – ширина обвалования и b – длина обвалования:

$$S_{обв} = a \cdot b ;$$

$$S_{обв} = a \cdot b = 80 \cdot 80 = 6\,400 \text{ м}^2.$$

При разрушении одного из четырех резервуаров проведен расчет площади обвалования.

Площадь уцелевших резервуаров:

$$S_{рез}^{ост} = \pi \frac{d^2}{4},$$

где d – диаметр резервуара.

$$S_{рез}^{ост} = 3,14 \cdot \frac{22,804^2}{4} = 408,22 \text{ м}^2.$$

Площадь необходимого гидроизоляционного материала для обвалования:

$$S = 6400 - 408,22 = 5991,78 \text{ м}^2.$$

Результаты исследования и предложения

В настоящее время в эксплуатации находится 80 % резервуаров, построенных в конце прошлого тысячелетия. Согласно проектному решению в качестве подстилающей поверхности использовано бетонное покрытие с гидроизоляционным основанием, не обеспечивающее в полной мере достаточного соблюдения норм экологической безопасности в связи с длительной эксплуатацией и природно-климатическими условиями.

Использование новых технологий в нефтегазовую отрасль направлено на обеспечение качества, эффективности при строительстве, эксплуатации и модернизации резервуаров для снижения вероятности возникновения чрезвычайной ситуации и причинение вреда природной среде [12].

С целью обеспечения экологической безопасности территорий, прилегающих к резервуарам, предлагается использование современных гидроизолирующих покрытий в качестве подстилающей поверхности.

Выбор подстилающей поверхности является важным этапом при проектировании строительства или модернизации резервуарного парка в связи с тем, что от ее технических характеристик зависит уровень загрязнения почвы и сила ударной (отраженной) волны при возникновении аварийной ситуации.

Способность предотвратить проникновение нефтепродуктов в почвенный слой определяется проницаемостью используемого материала (табл. 1).

Таблица 1

Технические характеристики используемых видов подстилающей поверхности

Тип поверхности	Коэффициент фильтрации, м/с	Пористость, %	Плотность, кг/м ³
Бетон	$0,05 \cdot 10^{-11}$	17	2 000
Гидроизоляционный грунт	0,005	70	1 750

Лучшими техническими характеристиками обладает бетон, но вместе с тем бетон, применяемый в качестве подстилающей поверхности, увеличивает дальность действия ударной волны и при отражении частично разрушается, что создает экологическую проблему проникновения нефти в почву.

Анализ радиуса действия ударной волны от 2–100 кПа с учетом типа подстилающей поверхности представлен в табл. 2.

Таблица 2

Изменение радиуса действия отраженной от поверхности ударной волны с учетом давления

Тип поверхности	100 кПа	70 кПа	28 кПа	14 кПа	2 кПа
Бетон	18,26 м	26,91 м	46,12 м	134,52 м	269,03 м
Гидроизоляционный грунт	7,26 м	10,69 м	18,34 м	53,49 м	106,99 м

По приведенным характеристикам, указанным в табл. 2, в зависимости от типа подстилающей поверхности – бетона или гидроизоляционного материала, происходит изменение массы отраженной волны, так, при давлении 100 кПа у бетона дальность действия ударной волны составляет 18,26 м, у гидроизоляционного материала – 7,26 м, что составляет 2,5 %.

Технические характеристики используемых в настоящее время подстилающих поверхностей свидетельствуют, что бетон является более водонепроницаемым материалом, чем грунт, в связи с низкой пористостью. Гидроизоляционная способность бетона снижается при разрушении материала в процессе эксплуатации, а также при аварийной ситуации. Исследование возможного улучшения гидроизоляционных характеристик бетона нерационально ввиду высокого радиуса действия отраженной ударной волны. Используемое грунтовое покрытие также не обеспечивает экологическую безопасность процесса хранения нефти в связи с плотностью.

Сравнительный анализ технических характеристик гидроизоляционных материалов, используемых на предприятиях нефтехранения, позволяет выделить геосинтетический материал «Канвалан» – продукт отечественной нефтехимической промышленности.

Таблица 3

Техническая характеристика геосинтетических материалов «Канвалан»

Наименование материала	Поверхностная плотность, кг/м ³	Разрывная нагрузка, кН/м	Удлинение при разрыве, %	Коэффициент фильтрации	Состав
«Канвалан»	6 000	12,7	110	Водонепроницаем	Полипропилен (100 %)
«Нетма-теплонит»	4 800	10,6	95	Водонепроницаем	Полиэтиленовая пленка (50 %), геотекстиль (50 %)

Стоимость геосинтетического материала «Канвалан» – 107 руб./м².

Затраты на оборудование подстилающей поверхности резервуарного парка материалом «Канвалан» составят 55 035,54 руб., что и экономически целесообразно в сравнении с материалом «Нетма-Теплонит», стоимость которого составляет 129 руб./м².

«Канвалан» – плоский геосинтетический материал, относящийся к группе геотекстильных материалов. Характеристики данного материала позволяют рекомендовать его для использования в качестве подстилающей поверхности в радиусе обвалования сооружений резервуарного парка. Материал, согласно техническим характеристикам, не допускает проникновения в почву воды и нефтепродуктов, не подвержен влиянию агрессивных химических веществ и углеводородов, устойчив к высоким температурам.

Использование данного материала позволяет предотвратить проникновение нефти в почвенный слой и загрязнение прилегающих территорий.

Дополнительным фактором, обеспечивающим преимущества применения гидроизоляционного материала, является его состав.

«Канвалан» относится к экологически безопасному виду пластика, отличается повышенной прочностью, обладает высокой температурой плавления, тепло- и морозостойкостью [13–16].

На основании вышеизложенного можно предположить, что использование материала «Канвалан» является наиболее целесообразным решением с точки зрения эколого-экономической эффективности.

Заключение

Предприятия нефтегазовой отрасли являются важным элементом экономики страны. При всей значимости данного направления деятельности вопросы экологической безопасности остаются решенными не в полной мере. Возникает угроза загрязнения окружающей среды при аварийных разливах нефти.

Одним из перспективных направлений обеспечения экологической безопасности процессов эксплуатации нефтехранилищ является использование современных геосинтетических материалов, обладающих необходимыми техническими характеристиками.

Список источников

1. Колосова Н.В., Федорова Н.П., Лаптиеv А.В. Анализ и оценка воздействия на окружающую среду предприятий нефтяного комплекса // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2021. № 2. С. 30–36.
2. Сараева А.А. Аварийные разливы нефти и окружающая среда // Научные исследования как основа инновационного развития общества. 2019. № 1.
3. Плиско Н.Н. Безопасное хранение нефти и нефтепродуктов в резервуарных парках // Естественные и технические науки. 2017. № 6. С. 10.
4. Аралов Е.С., Помогалов В.Н., Карташов Н.А. Анализ современных проблем обеспечения надежности объектов хранения углеводородного сырья // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2020. № 4. С. 6–11.
5. Коваль А.В. Анализ особенностей разлива нефти на стационарных объектах хранения нефти и нефтепродуктов // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XV Междунар. науч.-практ. конф. молодых исследователей. Волгоград, 2021. С. 77–78.
6. Информационный бюллетень Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору // Ростехнадзор. 2022. № 5 (122).
7. Киреев И.Р., Тукбаева Р.Б., Еникеева Т.М. Современные технологии обеспечения безопасности хранения нефтепродуктов // Современные тенденции развития науки и технологий: сб. науч. трудов по материалам XXV Междунар. науч.-практ. конф. 2017. № 6.
8. Оценка и прогнозирование надежности и уровня промышленной безопасности резервуаров хранения нефтепродуктов: монография / А.А. Климантов [и др.]. СПб.: Университетская книга, 2017. 176 с.
9. Дорош И.В., Нафикова Э.В. Снижение потерь нефти в резервуарных парках и меры по обеспечению безопасности при их эксплуатации // Проблемы обеспечения безопасности. 2020. № 13. С. 259–262.
10. Будыкина Т.А., Будыкина К.Ю. Современные способы и средства обеспечения безопасности при ликвидации аварийных разливов нефти в резервуарных парках // Прогрессивные технологии и процессы. 2019. № 17. С. 41–47.
11. ГОСТ Р 53324–2009. Ограждения резервуаров. Требования пожарной безопасности. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2009. 12 с.
12. Халилова Д.И., Елизарьева Е.Н. Экономическая эффективность методов ликвидации нефтяных загрязнений почвы // Форум молодых ученых. 2016. № 4.
13. Куликова А.Н., Иванова А.П. Геосинтетические материалы // Молодежная наука в XXI веке: традиции, инновации, векторы развития. Оренбург, 2019. С. 25–28.
14. Strehlow R.A., Ricker R.E. The blast wave from a bursting sphere // Loss Prevention. 2016.
15. Held M., Jager E.H., Stolz D. TNT-equivalence for uncontrolled explosion of gas pressure vessels // Paper at Euro-Mech. 2018.
16. Igra O., Ben-Dor G. Dusty shock waves // Appl. Mech. Rev. 2021.

References

1. Kolosova N.V., Fedorova N.P., Laptiev A.V. Analiz i ocenka vozdeystviya na okruzhayushchuyu sredu predpriyatij neftyanogo kompleksa // Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikacii. 2021. № 2. S. 30–36.
2. Saraeva A.A. Avarijnye razlivy nefi i okruzhayushchaya sreda // Naukoemkie issledovaniya kak osnova innovacionnogo razvitiya obshchestva. 2019. № 1.
3. Plisko N.N. Bezopasnoe hranenie nefi i nefteproduktov v rezervuarnyh parkah // Estestvennye i tekhnicheskie nauki. 2017. № 6. S. 10.
4. Aralov E.S., Pomogalov V.N., Kartashov N.A. Analiz sovremennyh problem obespecheniya nadezhnosti ob"ektov hraneniya uglevodorodnogo syr'ya // Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikacii. 2020. № 4. S. 6–11.
5. Koval' A.V. Analiz osobennostej razliva nefi na stacionarnykh ob"ektah hraneniya nefi i nefteproduktov // Nauka i molodezh': novye idei i resheniya: materialy XV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. molodyh issledovatelej. Volgograd, 2021. S. 77–78.
6. Informacionnyj byulleten' Federal'noj sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru // Rostekhnadzor. 2022. № 5 (122).
7. Kireev I.R., Tukbaeva R.B., Enikeeva T.M. Sovremennye tekhnologii obespecheniya bezopasnosti hraneniya nefteproduktov // Sovremennye tendencii razvitiya nauki i tekhnologii: sb. nauch. trudov po materialam XXV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. 2017. № 6.
8. Ocenka i prognozirovaniye nadezhnosti i urovnya promyshlennoj bezopasnosti rezervuarov hraneniya nefteproduktov: monografiya / A.A. Klimantov [i dr.]. SPb.: Universitetskaya kniga, 2017. 176 s.
9. Dorosh I.V., Nafikova E.V. Snizhenie poter' nefi v rezervuarnyh parkah i mery po obespecheniyu bezopasnosti pri ih ekspluatatsii // Problemy obespecheniya bezopasnosti. 2020. № 13. S. 259–262.
10. Budykina T.A., Budykina K.Yu. Sovremennye sposoby i sredstva obespecheniya bezopasnosti pri likvidatsii avarijnyh razlivov nefi v rezervuarnyh parkah // Progressivnye tekhnologii i processy. 2019. № 17. S. 41–47.
11. GOST R 53324–2009. Ograzhdeniya rezervuarov. Trebovaniya pozharnoj bezopasnosti. M.: IPK Izd-vo standartov, 2009. 12 s.
12. Halilova D.I., Elizar'eva E.N. Ekonomicheskaya effektivnost' metodov likvidatsii neftyanyh zagryaznenij pochvy // Forum molodyh uchenyh. 2016. № 4.
13. Kulikova A.N., Ivanova A.P. Geosinteticheskie materialy // Molodezhnaya nauka v XXI veke: tradicii, innovacii, vektory razvitiya. Orenburg, 2019. S. 25–28.
14. Strehlow R.A., Ricker R.E. The blast wave from a bursting sphere // Loss Prevention. 2016.
15. Held M., Jager E.H., Stolz D. TNT-equivalence for uncontrolled explosion of gas pressure vessels // Paper at Euro-Mech. 2018.
16. Igra O., Ben-Dor G. Dusty shock waves // Appl. Mech. Rev. 2021.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 28.02.2023; одобрена после рецензирования: 07.04.2023;
принята к публикации: 11.04.2023

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 28.02.2023; approved after review: 07.04.2023;
accepted for publication: 11.04.2023

Информация об авторах:

Ударцева Ольга Владимировна, профессор кафедры техносферной безопасности Тюменского индустриального университета (625000, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38), доктор технических наук, доцент, e-mail: oblad@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2896-2300>

Information about the authors:

Udartseva Olga V., professor of the department of technosphere security of Tyumen industrial university (625000, Tyumen, Volodarsky str., 38), doctor of technical sciences, associate professor, e-mail: oblad@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2896-2300>