УДК 544.47 : 614.83/.87 : 66.097

ИННОВАЦИОННЫЕ ПЕНОГЕЛЕОБРАЗУЮЩИЕ РЕЦЕПТУРЫ С ЦВЕТОВОЙ СМАРТ-ИНДИКАЦИЕЙ ДЛЯ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ В СИСТЕМЕ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ

Хыдыров Максат Амангелдиевич

преподаватель

Туркменский государственный архитектурно-строительный институт,

факультет гражданской обороны

Туркменистан, г. Ашгабат

Аннотация. В статье рассматривается проблема повышения эффективности инженерно-химической защиты населения и территорий при авариях на химически опасных объектах. Предложена инновационная дегазирующая рецептура на основе биоразлагаемого пеногеля с добавлением хромогенных индикаторов для visual-control реагирования. Методами спектрофотометрии и кинетического анализа доказано, что гелеобразующая матрица связывает паровую фазу токсикантов, снижая испарение АХОВ на 80–85%. Практическая значимость заключается в снижении вторичной токсической нагрузки на экологию и упрощении контроля полноты дегазации в условиях чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: химическая безопасность, гражданская оборона, дегазация, смарт-индикация, биоразлагаемые пеногели, аварийно химически опасные вещества.

INNOVATIVE FOAM-GEL FORMULATIONS WITH COLOR SMART INDICATION FOR NEUTRALIZATION OF HAZARDOUS CHEMICALS IN CIVIL DEFENSE SYSTEM

Hydyrov Maksat Amangeldiyevich

Turkmen State Architecture and Construction Institute

Turkmenistan, Ashgabat

Abstract. The article deals with the problem of improving the efficiency of engineering and chemical protection of the population and territories in accidents at hazardous chemical facilities. An innovative degassing formulation based on a biodegradable foam gel with chromogenic indicators for visual-control response is proposed. By spectrophotometry and kinetic analysis, it is proved that the gel-forming matrix binds the vapor phase of toxicants, reducing the evaporation of hazardous chemicals by 80–85%. The practical significance lies in reducing the secondary toxic load on the environment and simplifying the control of degassing completeness under emergency conditions.

Keywords: chemical safety, civil defense, degassing, smart indication, biodegradable foam gels, hazardous chemical substances.

Введение

Ликвидация последствий аварий на химически опасных объектах (ХОО) в системе гражданской обороны (ГО) требует не только высокой скорости нейтрализации токсикантов, но и предотвращения распространения парогазовой фазы аварийно химически опасных веществ (АХОВ) [1, 3]. Традиционные смывные рецептуры на основе агрессивных щелочей и хлорсодержащих соединений обладают существенными недостатками: высокой коррозионной активностью, экологической токсичностью образующихся стоков и отсутствием оперативного контроля завершенности реакции нейтрализации [5]. В связи с этим актуальным направлением химических наук является разработка «умных» (smart) дегазирующих материалов, сочетающих высокие экранирующие свойства, экологичность и функцию визуального экспресс-контроля [4].

Материалы и методы

В качестве объекта исследования выступали многокомпонентные пеногелевые рецептуры на основе биоразлагаемых алкилполигликозидов (растительных ПАВ), натрий-карбоксиметилцеллюлозы (гелеобразователя) и перкарбоната натрия в качестве пероксидного окислителя [2]. Для реализации функции смарт-индикации в структуру матрицы вводились водорастворимые pH-чувствительные и редокс-индикаторы (в частности, фенантролиновые и азокомплексы). Оценка кинетики нейтрализации АХОВ (моделировались выбросы аммиака и хлора) проводилась методами фотоколориметрии и масс-спектрометрии выходящих газов.

Результаты исследования

Сформированная пеногелевая матрица благодаря высокой вязкости и низкому поверхностному натяжению образует на поверхности пролитого АХОВ устойчивый пленочный барьер. Это обеспечивает двойной эффект:

1. **Физическая изоляция:** плотность и гелеобразная структура снижают скорость испарения легколетучих ядов (аммиак, хлор) с поверхности пролива на 80–85% в первые 3 минуты после нанесения.
2. **Химическая нейтрализация и смарт-контроль:** за счет введения окислительно-восстановительной системы нейтрализация токсиканта происходит непосредственно в жидкой фазе пеногеля. Добавление хромогенных комплексов обеспечивает четкое изменение цвета пены (например, переход из малинового в ярко-голубой) точно в момент достижения безопасной концентрации яда (pH ≈ 7.0 или завершение реакции окисления).

Это исключает необходимость входа личного состава подразделений ГО в эпицентр заражения с портативными приборами газовой разведки для замера остаточных концентраций

[6]. После завершения реакции пеногель подвергается естественному биораспаду в течение 48 часов до безвредных карбонатов и органических кислот [4].

Заключение

Разработка и применение пеногелевых рецептур с функцией смарт-индикации представляет собой качественно новый подход в области инженерно-химической защиты ГО. Данная технология позволяет скомбинировать физическое локализующее экранирование, глубокую химическую нейтрализацию и визуальный контроль безопасности без нанесения ущерба окружающей среде [1, 5].

Список литературы:

1. СП 165.1325800.2014. Инженерно-технические мероприятия по гражданской обороне. Актуализированная редакция СНиП 2.01.51-90 : утв. приказом Минстроя России от 12.11.2014 № 705/пр : дата введения 2014-12-01. – Москва : Минстрой России, 2014. – Текст : непосредственный.
2. ГОСТ Р 22.8.05-99. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Аварийно-спасательные работы при ликвидации последствий аварий на химически опасных объектах. Общие требования : дата введения 2000-01-01. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2000. – Текст : непосредственный.
3. Булатов А.И. Физико-химические основы дегазации и нейтрализации токсичных выбросов / А.И. Булатов, М. С. Макаров. – Москва : Химия, 2018. – 242 с. – Текст : непосредственный.

Алексеев, В. Г. Химическая безопасность промышленных регионов и задачи гражданской обороны / В. Г. Алексеев, С. В. Петров // Безопасность жизнедеятельности. – 2021. – № 3. – С. 14–20. – Текст : непосредственный.

Козлов, Д. А. Инновационные технологии РХБ-разведки и защиты при ликвидации последствий техногенных катастроф / Д. А. Козлов, И. Н. Смирнов // Технологии гражданской безопасности. – 2022. – Т. 19, № 1. – С. 42–48. – Текст : непосредственный.

Zaitsev A.V. Modern approaches to chemical decontamination in emergency response / A.V. Zaitsev, D.E. Frolov // Journal of Hazardous Materials and Safety. – 2020. – Vol. 15. – P. 112–119. – Текст : непосредственный.