

УДК 614.484

Экспресс-обнаружение агрессивных химических веществ и соединений урана в воде и на поверхностях объектов

ISSN 1996-8493

DOI:10.54234/CST.19968493.2022.19.1.71

© Технологии гражданской безопасности, 2022

В.А. Пашинин, П.Н. Косырев, Н.Н. Посохов

Аннотация

Необходимость разработки способа экспресс-обнаружения четырех типов агрессивных химических веществ кислого, щелочного, окислительного и восстановительного характера в воде обусловлена тем, что попадание этих веществ в воду и последующее употребление ее может привести к отравлению и получению химических ожогов работающего персонала и населения.

Рассмотрены научно-методические и технологические подходы к разработке способа группового экспресс-обнаружения агрессивных химических веществ и соединений урана в воде и на поверхностях объектов с помощью аэрозольных устройств с индикаторными рецептурами и универсального комплекта средств для его осуществления.

Ключевые слова: аэрозольное устройство; агрессивные химические вещества; групповая идентификация; индикаторная рецептура; соединения урана; экспресс-обнаружение.

Express Detection of Aggressive Chemicals and Uranium Compounds in Water and on the Surfaces of Objects

ISSN 1996-8493

DOI:10.54234/CST.19968493.2022.19.1.71

© Civil Security Technology, 2022

V. Pashinin, P. Kosyrev, N. Posokhov

Abstract

The need to develop a method for express detection of four types of aggressive chemicals of an acidic, alkaline, oxidizing and reducing nature in water is due to the fact that the ingress of these substances into water and its subsequent use can lead to poisoning and chemical burns for working personnel and the population.

Scientific, methodological and technological approaches to the development of the method for group rapid detection of aggressive chemicals and uranium compounds in water and on the surfaces of objects using aerosol devices with indicator formulations and the universal set of tools for its implementation are considered.

Key words: aerosol device; aggressive chemicals; group identification; indicator formulation; uranium compounds; express detection.

20.01.2022

Радиационная, химическая и биологическая (РХБ) защита населения является одним из приоритетных направлений государственной политики в сфере национальной безопасности Российской Федерации и представляет собой совокупность согласованных мероприятий и действий сил гражданской обороны и сил единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, направленных на обеспечение радиационной, химической и биологической защиты населения в условиях угрозы возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также при опасностях, возникающих при военных конфликтах или вследствие этих конфликтов [1].

В соответствии с пунктом 3.2 Плана мероприятий по реализации актуализированной редакции Концепции радиационной, химической и биологической защиты населения предусмотрена разработка современных методов и эффективных технологий в области РХБ защиты (далее — План). Планом предусматриваются разработка и совершенствование методов и средств обнаружения загрязненности воды и водоемисточников вредными и агрессивными химическими веществами [1]. В качестве агрессивных химических веществ (АХВ) традиционно рассматриваются вещества кислого и щелочного характера, а также окислители и восстановители.

К окислителям относятся: азотная кислота, концентрированная серная кислота, перекись водорода и другие.

К агрессивными токсичным восстановителям относится ракетное топливо гептил (несимметричный диметилгидразин), а также продукты его трансформации. Несимметричный диметилгидразин (НДМГ) является компонентом ракетного топлива. Это высокотоксичное и летучее вещество, обладающее сильным токсическим и мутагенным действием. Действие на организм человека: раздражение слизистых оболочек глаз, дыхательных путей и легких; сильное возбуждение центральной нервной системы; расстройство желудочно-кишечного тракта (тошнота, рвота), в больших концентрациях может наступить потеря сознания.

Необходимость разработки способа экспресс-обнаружения вышеперечисленных четырех типов агрессивных химических веществ в воде обусловлена тем, что попадание этих веществ в воду и последующее употребление ее могут привести к отравлению и получению химических ожогов работающего персонала и населения. Потребность обнаружения типа загрязнения (заражения) воды агрессивными химическими веществами обусловлена также выбором способов и соответствующих рецептур для ее обеззараживания.

В настоящее время для обнаружения загрязненности воды используют полевые химические лаборатории типа: АЛ-4М, АЛ-5, ПХЛ-1, ПХЛ-2, ПХЛ-54М, ПЛВС, МПХЛ. Но они разрабатывались в основном для обнаружения отравляющих веществ и ядов и в меньшей степени пригодны для обнаружения агрессивных химических веществ. Применяются также мини экспресс-лаборатории, тест-наборы и различные инструментальные методы анализа. Все они, как правило, требуют проведения отбора проб воды с последующим их анализом в специализированных

лабораториях. При этом определяются только отдельные типы агрессивных химических веществ.

Ранее был известен способ обнаружения наличия в воде продуктов кислого и щелочного характера с помощью набора универсальных индикаторных бумаг [2].

Известен также способ определения качества дезинфицирующих рецептур окислительного характера в растворах с помощью индикаторных салфеток типа «Дезиконт-хлор». [3]. Однако режимы использования салфеток по данному назначению до настоящего времени не отработаны. Работоспособность индикаторных салфеток сохраняется только при температурах выше плюс 5 °С. Срок их хранения в продажной упаковке составляет 12 месяцев, а во вскрытой упаковке они должны быть использованы в течение не более 3 суток.

Известен способ определения наличия НДМГ путем индикации, включающим его контактирование с реагентом, сопровождающееся переходом окраски. Контактирование осуществляют на поверхности объекта путем распыления реагента с использованием аэрозольного устройства, выполненного в виде герметичного корпуса, заправленного реагентом, с распылительной головкой, а в качестве реагента используют растворы хлорида, нитрата или сульфата кобальта (II) в воде [4].

Таким образом, для группового экспресс-обнаружения в пробах воды всех четырех типов агрессивных химических веществ, включающих вещества щелочного, кислого характера, окислители и НДМГ, необходимо одновременно использовать универсальные индикаторные бумаги, салфетки на окислители и индикаторную рецептуру на НДМГ.

Недостатками приведенных выше способов обнаружения агрессивных химических веществ с помощью индикаторных бумаг и салфеток являются: однократность их использования; ограниченный интервал рабочих температур и срок сохранения работоспособности во вскрытом состоянии; необходимость непосредственного контакта с обследуемой пробой.

Таким образом, существует необходимость разработки и совершенствования универсальных методов группового экспресс-обнаружения агрессивных химических веществ в воде.

Решение данной проблемы возможно путем совершенствования существующих и разработки новых средств и способов экспресс-обнаружения загрязненности воды, в первую очередь — агрессивными химическими веществами.

В 2021 году в ФБГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) была выполнена научно-исследовательская работа (далее — НИР) «Разработка способа экспресс-обнаружения агрессивных химических веществ и соединений урана в воде» [5].

Были проанализированы известные способы экспресс-обнаружения агрессивных химических веществ и соединений урана в воде.

На основе проведенных исследований был разработан способ группового экспресс-обнаружения агрессивных химических веществ кислого, щелочного, окислительного характера, производных диметилгидразина и соединений урана в воде с помощью комплекта аэрозольных устройств с индикаторными рецептурами и предложен состав данного комплекта.

Актуальность работы была обусловлена необходимостью реализации мероприятий государственной политики Российской Федерации в области гражданской обороны*.

В ходе проведенных исследований была оценена чувствительность обнаружения агрессивных химических веществ и соединений урана в воде предложенным способом, составившая 0,01–0,005 мг/мл, что удовлетворяет существующим требованиям.

Данная НИР являлась логическим продолжением опытно-конструкторской работы (ОКР) «Комплект-8», в ходе которой ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) была разработана Портативная химическая экспресс-лаборатория модульного типа (ПХЛ МТ), предназначенная для обнаружения агрессивных химических веществ на поверхностях объектов [6]. Решением временно исполняющего обязанности министра А.П. Чуприяна от 14.12.2021 № ДЗ-22-109-5495-АЧ ПХЛ МТ принята на снабжение МЧС России.

В состав предлагаемого универсального комплекта средств входят: шесть аэрозольных устройств (АУ) для обнаружения агрессивных химических веществ и соединений урана; пять емкостей для отбора проб воды объемом 100 мл; четыре запасных насоса-распылителя; набор обеззоленных фильтров и средства документирования информации (авторучка, фломастер, комплект самоклеющихся закладок и блокнот).

Шестое аэрозольное устройство АУ-9/2 служит для перевода нерастворимых соединений урана в растворимую форму.

Внешний вид кейса для размещения универсального комплекта средств в закрытом и раскрытом положении приведен на рис. 1.



Рис. 1. Внешний вид кейса для размещения комплекта средств: а) в закрытом положении; б) в раскрытом положении

Технический результат достигается за счет: использования универсальных аэрозольных устройств с специфичными индикаторными рецептурами; увеличения рабочего интервала температур и срока хранения индикаторных рецептур; обеспечения многократности использования, удобства и безопасности проведения работ.

Групповое экспресс-обнаружение агрессивных химических веществ и соединений урана в воде предлагается осуществлять: путем отбора проб исследуемой воды объемом около 50 мл каждой в прозрачную стеклянную или пластиковую тару; последующим распылением в каждую пробу воды одной из индикаторных рецептур с использованием пяти типов аэрозольных устройств и перемешиванием пробы. При этом о типе агрессивного

химического вещества судят по комбинации появляющихся характерных индикационных эффектов в воде в соответствии с окраской эталона, нанесенного на этикетку каждого аэрозольного устройства.

Одной заправкой рецептуры аэрозольных устройств обеспечивается проведение до 50 обнаружений загрязненности воды.

Распыление индикаторных рецептур осуществляется за счет многократного нажатия на распылительную головку насоса-распылителя.

Каждое аэрозольное устройство представляет собой баллончик объемом 150 мл, снабженный насосом-распылителем, заполненный соответствующей индикаторной рецептурой на агрессивные химические вещества, и изготовлено из материалов, стойких к индикаторным рецептурам.

На поверхность аэрозольного устройства наносится этикетка методом шелкографии, обеспечивающим сохранение ее целостности при попадании различных растворителей. Небольшие массо-габаритные характеристики АУ обеспечивают удобство и безопасность его использования.

На индикаторные составы для обнаружения НДМГ и окислителей ранее в ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) были получены патенты на изобретения [7, 8].

По результатам проведенной работы оформлена и подана в Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС) заявка на предполагаемое изобретение [9].

Внешний вид аэрозольных устройств и характер индикационных эффектов от агрессивных химических веществ щелочного характера приведены на рис. 2; веществ кислого характера — на рис. 3; веществ окислительного характера — на рис. 4; несимметричного диметилгидразина и аммиака — на рис. 5; соединений урана — на рис. 6.



Рис. 2. а) АУ-2 (вид спереди и сзади) и индикационный эффект от различных концентраций веществ щелочного характера (гидроксида натрия); б) вид спереди; в) вид сверху



Рис. 3. а) АУ-3 (вид спереди и сзади) и индикационный эффект от различных концентраций веществ кислого характера (азотной кислоты); б) вид спереди; в) вид сверху

* Основы государственной политики Российской Федерации в области гражданской обороны на период до 2030 года, утвержденные Указом Президента Российской Федерации от 20 декабря 2016 г. № 696 (П.12, п.п. в).



Рис. 4. а) АУ-6 (вид спереди и сзади) и индикационный эффект от различных концентраций веществ окислительного характера (азотной кислоты); б) вид спереди; в) вид сверху

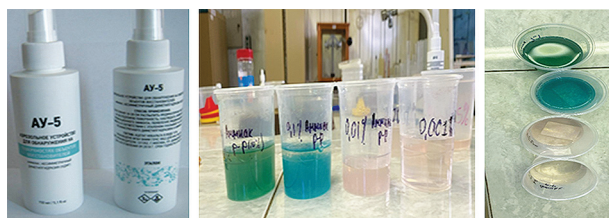


Рис. 5. а) АУ-5 (вид спереди и сзади) и индикационный эффект от различных концентраций НДМГ; б) вид спереди; в) вид сверху

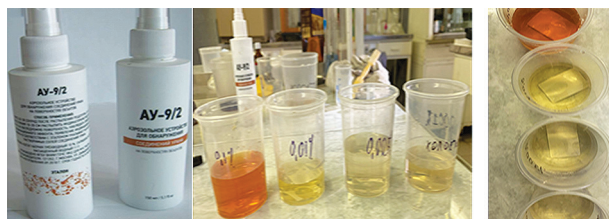


Рис. 6. а) АУ-9/2 (вид спереди и сзади) и индикационный эффект от различных концентраций урансодержащих соединений (азотнокислого уранила); б) вид спереди; в) вид сверху

Приведенные рис. 2–6 подтверждают возможность обнаружения типа загрязненности воды указанными агрессивными химическими веществами и соединениями урана.

Выводы:

Разработан способ группового экспресс-обнаружения типа агрессивных химических веществ и соединений урана в воде, обеспечивающий повышение чувствительности, многократности, безопасности и надежности их обнаружения.

Предложен макетный образец универсального комплекта средств для реализации указанного выше способа.

Материалы статьи имеют большое практическое значение и могут быть использованы для обеспечения безопасности жизнедеятельности на объектах ракетно-космического комплекса России.

Литература

1. Косырев П. Н., Пашинин В. А., Сергеев И. Ю. Актуализированная редакция Концепции радиационной, химической и биологической защиты населения: основные положения, задачи и перспективы реализации / ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) // Актуальные проблемы безопасности в техносфере. 2021. № 2 (2). С. 33–41.

2. Лабораторное оборудование и химреактивы. Бумага индикаторная универсальная рН 0–12. Компания ООО «Прайм КемикалсГрупп». М., 2019 [Электронный ресурс] // URL: <https://pscgroup.ru> (дата обращения: 23.12.2020).
3. Технические условия ТУ 2642-031-11764404-2003. Салфетки «Дезиконт-хлор», изготовитель НПФ «Винар».
4. Пашинин В. А., Косырев П. Н., Вайсфельд Д. А., Горупай П. И., Усин В. В., и др. Способ определения наличия несимметрично-диметилгидразина. Патент на изобретение 2117 935. ТОО «Фонд Прогресс» Заявка: 97119889/25, 09.12.1997. Опубликовано: 20.08.1998.
5. Пашинин В. А., Косырев П. Н., Посохов Н. Н. и др. Отчет о НИР «Разработка способа группового экспресс-обнаружения агрессивных химических веществ и соединений урана в воде» (заключительный). ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2021. 80 с.
6. Портативная химическая экспресс-лаборатория модульного типа для индикации наличия токсичных веществ на зараженных поверхностях, ПХЛ МТ 000 ТУ. 2018. 30 с.
7. Посохов Н. Н., Пашинин В. А., Косырев П. Н., Халимова А. С. Индикаторный состав для экспресс-обнаружения несимметрично-диметилгидразина и аммиака. Патент на изобретение № 2563 839. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). Дата подачи заявки: 24.03.2014. Опубликовано: 20.09.2015. Бюл. № 26.
8. Посохов Н. Н., Пашинин В. А., Косырев П. Н., Халимова А. С. Индикаторный состав для экспресс-обнаружения окислителей. Патент на изобретение № 2568 585. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). Дата подачи заявки: 24.03.2014. Опубликовано: 20.11.2015. Бюл. № 32.
9. Пашинин В. А., Косырев П. Н., Посохов Н. Н. и др. Заявка на предполагаемое изобретение «Способ экспресс-обнаружения и групповой идентификации типа агрессивных химических веществ и соединений урана в воде и комплект для его осуществления». Регистрационный номер заявки 2021127427 от 17.09.2021.

Сведения об авторах

Пашинин Валерий Алексеевич: д. т. н., проф., ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), с. н. с. науч.-исслед. центра. Москва, Россия. e-mail: pashininmiit@yandex.ru SPIN-код: 4277-4056.

Косырев Павел Николаевич: к. т. н., с. н. с., ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), в. н. с. науч.-исслед. центра. Москва, Россия. e-mail: kosyrevp@mail.ru SPIN-код: 6708-2678.

Посохов Николай Николаевич: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), нач. науч.-исслед. центра. Москва, Россия. e-mail: nik.posokhov@yandex.ru SPIN-код: 4277-4056.

Information about authors

Pashinin Valeru. A.: ScD (Technical Sc.), Professor, All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies, Senior Researcher, Research Center. Moscow, Russia. e-mail: pashininmiit@yandex.ru SPIN-scientific: 8305-8211.

Kosyrev Pavel. N.: PhD (Technical Sc.), Senior Researcher, All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies, Leading Researcher, Research Center. Moscow, Russia. e-mail: kosyrevp@mail.ru SPIN-scientific: 6708-2678.

Posokhov Nikolai N.: All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies, Head of Research Center. Moscow, Russia. e-mail: nik.posokhov@yandex.ru SPIN-scientific: 3220-2654.