

Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны,
чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам
гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России»
(федеральный центр науки и высоких технологий)

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

ОБНАРУЖЕНИЕ ЗАГРЯЗНЁННОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОБЪЕКТОВ АГРЕССИВНЫМИ ХИМИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ И СОЕДИНЕНИЯМИ УРАНА

**Учебное пособие
для технических специальностей**

Москва
2023

УДК 614.8
ББК 68.9
О-20

Рецензенты:

П.В. Авитисов – доктор медицинских наук, профессор, заслуженный врач Российской Федерации, заведующий кафедрой Медико-биологической и экологической защиты АГЗ МЧС России;

М.В. Кузнецов – доктор химических наук, главный научный сотрудник ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ).

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

О-20 Обнаружение загрязнённости поверхностей объектов агрессивными химическими веществами и соединениями урана: Учебное пособие / Под общ. ред. д. т. н., проф. В.А. Пашинина / МЧС России. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2023. 84 с.

ISBN 978-5-93970-286-7

В учебном пособии изложены способы обнаружения загрязнённости поверхностей объектов агрессивными химическими веществами и соединениями урана. Существующие и разрабатываемые в настоящее время приборы контроля загрязнённости различных поверхностей пока еще недостаточно хорошо отработаны, обладают высокой стоимостью, сложны в эксплуатации и техническом обслуживании, не предназначены для обнаружения загрязнённости поверхностей каплями и аэрозолями агрессивных химических веществ.

Для подразделений РХБ защиты МЧС России наряду с использованием данных приборов актуальной задачей является разработка простейших средств экспресс-обнаружения загрязнённости поверхностей объектов агрессивными химическими веществами. Одним из путей решения этой задачи является разработка аэрозольных устройств с индикаторными рецептурами, которые дистанционно наносятся на обследуемую поверхность и способны обеспечить высокочувствительное экспресс-обнаружение загрязнённости поверхностей, в том числе веществами, впитавшимися в лакокрасочные покрытия, без непосредственного контакта с ними. Решению этой задачи посвящены материалы настоящего пособия. Пособие может использоваться для обучения курсантов, студентов и слушателей образовательных организаций МЧС России. Пособие будет полезно как для студентов, так и для преподавателей вузов, читающих курс безопасности жизнедеятельности и занимающихся разработкой методов анализа загрязнений объектов окружающей среды.

Коллектив авторов выражает благодарность Посоховой А.Н. и Агеевой К.А. за предоставленные материалы и оказанную помощь при подготовке данного учебного пособия.

**УДК 614.8
ББК 68.9**

© Авторы, 2023

© МЧС России, 2023

© ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2023

ISBN 978-5-93970-286-7

Содержание

Обозначения и сокращения	5
Введение	6
Глава 1. Характеристика агрессивных химических веществ	8
Глава 2. Современное состояние системы технических средств химического контроля степени загрязненности поверхностей объектов агрессивными химическими веществами и соединениями урана	25
Глава 3. Аэрозольное устройство и технологии экспресс-обнаружения загрязненности поверхностей объектов агрессивными химическими веществами	36
3.1. Характеристика аэрозольного устройства, используемого для обнаружения агрессивных химических веществ	36
3.2. Технология экспресс-обнаружения загрязненности поверхностей объектов агрессивными химическими веществами щелочного характера	39
3.3. Технология экспресс-обнаружения загрязненности поверхностей объектов агрессивными химическими веществами кислого характера	40
3.4. Технология экспресс-обнаружения загрязненности поверхностей объектов производными гидразина и аммиаком	43
3.5. Технология экспресс-обнаружения загрязненности поверхностей объектов агрессивными химическими веществами окислительного характера	45
3.6. Технология экспресс-обнаружения загрязненности поверхностей объектов соединениями урана	48
3.7. Утилизация реактивов с истекшим сроком годности	50
3.8. Способ экспресс-обнаружения загрязненности поверхностей объектов неизвестным агрессивным химическим веществом	52
Глава 4. Портативная химическая экспресс-лаборатория модульного типа ПХЛ МТ	54
4.1. Устройство, состав и возможности портативной химической экспресс-лаборатории модульного типа ПХЛ МТ	54
4.2. Комплект аэрозольных устройств с имитационными рецептурами для обучения операторов работе с ПХЛ МТ и проверки ее работоспособности	62

Глава 5. Указание по мерам безопасности	65
Список использованных источников	66
Приложение А. Комплект аэрозольных устройств для экспресс-обнаружения загрязненности поверхностей объектов агрессивными химическими веществами	71
1. Описание и работа изделия	71
2. Использование по назначению	73
3. Техническое обслуживание	73
4. Хранение	74
5. Гарантии изготовителя	74
6. Свидетельство о приемке	74
Приложение Б. Комплект аэрозольных устройств для экспресс-обнаружения загрязненности поверхностей объектов соединениями урана	75
1. Описание и работа изделия	75
2. Использование по назначению	76
3. Техническое обслуживание	77
4. Хранение	77
5. Гарантии изготовителя	78
6. Свидетельство о приемке	78
Приложение В. Комплект аэрозольных устройств с имитационными рецептурами для проверки работоспособности комплектов аэрозольных устройств для экспресс-обнаружения загрязненности поверхностей объектов агрессивными химическими веществами и соединениями урана	79
1. Описание и работа изделия	79
2. Использование по назначению	81
3. Техническое обслуживание	82
4. Хранение	82
5. Гарантии изготовителя	82
6. Свидетельство о приемке	82
Предметный указатель	83

Обозначения и сокращения

АХВ	– агрессивное химическое вещество
ГУ НЦУКС	– Главное управление (Национальный центр управления в кризисных ситуациях)
МЧС России	– Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий
НДМГ	– несимметричный диметилгидразин
ОГ	– опасные грузы
ОТИ	– объекты транспортной инфраструктуры
ПДК	– предельно допустимая концентрация
ПХЛ МТ	– Портативная химическая лаборатория модульного типа
РСЧС	– единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций
СВФ	– спасательные воинские формирования
ТСХР	– техническое средство химической разведки
ФОИВ	– федеральный орган исполнительной власти
ФОВ	– фосфорорганическое отравляющее вещество
ХОО	– химически опасный объект
ЦУКС	– центр управления в кризисных ситуациях
ЧС	– чрезвычайная ситуация

Введение

Настоящее учебное пособие посвящено современным методам и способам обнаружения загрязненности поверхностей объектов агрессивными химическими веществами и соединениями урана с помощью комплекта аэрозольных устройств, объединенных в состав портативной химической экспресс-лаборатории модульного типа ПХЛ МТ.

Агрессивные химические вещества (АХВ) перевозятся в больших количествах различными видами транспорта: железнодорожным, автомобильным, водным.

При авариях, в том числе на железнодорожном транспорте, обусловленные хранением и перевозками АХВ, могут возникнуть чрезвычайные ситуации, связанные с проливом (просыпью) таких веществ. Это может привести к возникновению пожаров, взрывов и получению химических ожогов обслуживающим персоналом.

В учебном пособии проведен анализ существующих методов и способов обнаружения загрязненности поверхностей объектов АХВ, показаны преимущества применения для этих целей аэрозольных устройств.

Необходимость такого учебного пособия обусловлена отсутствием в настоящее время современных простейших методов и способов экспресс-обнаружения загрязненности поверхностей объектов капельно-жидкими АХВ. Внедрение таких методов и способов с помощью ПХЛ МТ с комплектом аэрозольных устройств обеспечит возможность экспрессного обнаружения загрязненности поверхностей различных объектов нештатными аварийно-спасательными формированиями химически и радиационно опасных объектов и подразделениями радиационной, химической и биологической защиты спасательных воинских формирований МЧС России с целью своевременного принятия мер защиты и по их обеззараживанию.

В учебном пособии описаны новые индикаторные составы для использования в аэрозольных устройствах с целью обнаружения утечек, проливов и просыпей агрессивных химических веществ (АХВ) окислительного, кислого и щелочного характера, производных гидразина,

в том числе компонента ракетного топлива – несимметричного диметилгидразина (НДМГ), аммиака и аммиачной воды.

Приведено описание состава и устройства портативной химической экспресс-лаборатории ПХЛ МТ, которая может быть использована для решения этих задач.

Глава 1.

Характеристика агрессивных химических веществ

По физико-химическим свойствам агрессивные химические вещества могут быть разделены на четыре основные группы.

В качестве агрессивных химических веществ рассматриваются вещества кислого и щелочного характера, а также окислители и восстановители.

К веществам кислого характера относятся сильные (серная, азотная, соляная и другие) и слабые (уксусная, муравьиная и другие) кислоты.

К веществам щелочного характера относятся сильные (гидроокись калия, гидроокись натрия и другие) и слабые (гидроокись аммония и другие) основания.

К восстановителям относятся: гидразин; несимметричный диметилгидразин (гептил, НДМГ); органические амины; аммиак и другие.

К окислителям относятся: азотная кислота; концентрированная серная кислота и другие.

Характеристика некоторых агрессивных химических веществ приведена ниже.

Гидразин и его производные, такие как монометилгидразин (метилгидразин), 1,1-диметилгидразин (несимметричный диметилгидразин, НДМГ) и др., широко используются в хозяйственной деятельности при производстве пластиков, красителей, гербицидов и лекарств [1–3]. Одной из важнейших областей применения гидразинов является ракетно-космическая деятельность, в которой такие соединения используются как компоненты высокоэффективного ракетного топлива [4]. Следует отметить, что в Российской Федерации (ракеты-носители «Протон», «Циклон», «Рокот», «Космос»), как и в Европейском Союзе («Ариан»), Китае («Великий поход») и Индии (ракета-носитель для запуска геосинхронных спутников, «GSLV Mk.3»), в качестве реактивного топлива используется несимметричный диметилгидразин [5–8].

Являясь чрезвычайно токсичным веществом первого класса опасности и обладая способностью накапливаться в природных экосистемах, а также давать при разложении другие высокотоксичные и канцерогенные продукты (гидразин, метилгидразин, нитрозодиметиламин, тетраметилтетразен и др.), 1,1 диметилгидразин рассматривается как один из основных факторов, обуславливающих экологическую опасность ракетно-космической деятельности.

Кроме районов падения проблема воздействия на окружающую среду ракетного топлива характерна также для стартовых комплексов космодромов и прилегающих территорий вследствие возможности утечек и проливов топлива в процессе заправки ракет-носителей. Исключительно важным аспектом этой проблемы является возможность возникновения экологических катастроф и чрезвычайных ситуаций вследствие техногенных аварий в процессе предстартовой подготовки и запуска ракет-носителей, когда возможен выброс в окружающую среду большого объема сверхтоксичного топлива. В связи с этим в настоящее время особую актуальность представляют вопросы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космической деятельности и, как следствие, мониторинга содержания в природных объектах несимметричного диметилгидразина и продуктов его разложения. Это нашло отражение в Федеральной целевой программе «Развитие российских космодромов на 2006–2015 годы», предусматривающей: проведение экологического мониторинга в районах падения отработанных частей ракет-носителей; нормирование допустимого воздействия объектов космодромов на окружающую среду; обследование мест падения отработанных частей ракет-носителей; инвентаризацию источников загрязнения; взятие и анализ проб загрязняющих веществ [9].

Крупнотоннажные и применяемые в различных отраслях народного хозяйства вещества окислительного характера по своим основным или смежным свойствам относятся к 5 классу опасных грузов – «Окисляющие вещества и органические пероксиды» (по ГОСТ 19433): серная кислота, азотная кислота, азотнокислые окислители, пероксид водорода, хлор, бром, кислородсодержащие соединения хлора и хрома (VI).

Основные проблемы, возникающие в процессе оборота таких окисляющих веществ, как хлор, бром, серная и азотная кислоты, пероксид водорода, вызваны их высокой коррозионной активностью, способностью к воспламенению и детонации горючих материалов и взрывчатых веществ, токсичностью по отношению к человеку и объектам окружающей среды.

По своим смежным свойствам отдельные вещества могут быть отнесены к 2, 7 и 8 классам опасных грузов. Это означает, что при их производстве, хранении, транспортировании и применении необходимо соблюдение особых мер безопасности и использование в технологических процессах аппаратов, изготовленных из устойчивых к агрессивному воздействию материалов.

Важно отметить, что многие окислители, особенно такие, как пероксид водорода, серная и азотная кислоты, способны при определенных условиях поддерживать горение органических и неорганических веществ.

ХЛОР (Cl₂)

Хлор является сильнодействующим ядовитым веществом, оказывающим общетоксическое и раздражающее воздействие, а также вызывающим химические ожоги. Он может поступать в организм через органы дыхания и кожный покров. Чувствительность к хлору различна у разных людей и зависит прежде всего от концентрации хлора в воздухе и продолжительности пребывания в зараженной зоне. Хлор относится к удушающим ядам. Он вызывает резкое раздражение слизистых оболочек глаз, дыхательных путей и легких. Проникая в глубокие дыхательные пути, хлор поражает легочную ткань, вызывая отек легких. Отравление высокой концентрацией хлора приводит к смерти, наступающей через несколько минут после вдыхания газа. При поражении средней и низкой концентрациями хлора у человека может развиваться токсический отек легких, наблюдаются: слезотечение, жжение глаз, насморк; чувство сильного сдавливания в груди, одышка; непрерывный или приступообразный сухой кашель; синюшность. Отмечается сильное возбуждение либо подавленность.

Смертельная концентрация при нескольких глубоких вдохах достигается при концентрации хлора в 3 г/м³ [10].

Хранение и перевозка хлора к местам потребления осуществляются только в сжиженном состоянии. В качестве сосудов для этого применяют хлорные танки, железнодорожные хлорные цистерны, автоцистерны для хлора, хлорные контейнеры (бочки) и баллоны. Сосуды для перевозки хлора эксплуатируются под давлением более 70 кПа.

Хранение в одном месте больших масс хлора представляет высокую потенциальную опасность для работающих с ним, а также для жителей близлежащих территорий. Еще большую опасность представляет перевозка сжиженного хлора различными видами транспорта. Опасность

хранения больших масс жидкого хлора связана с возможностью утечки хлора в газообразном и жидком состоянии при возникновении аварийной ситуации. При сжижении хлора и на местах его потребления всегда стремятся к уменьшению объема хранения.

Правилами безопасности установлены максимальные количества жидкого хлора на предприятиях: по производству хлора – не более трехсуточной выработки (не более 2000 т); для потребляющих предприятий – не более 15-суточной потребности [11–12].

Для перевозки больших масс жидкого хлора применяются железнодорожные цистерны моделей 15-1409 и 15-1556, грузоподъемностью 47,6 и 57,5 т каждая.

Объем перевозки хлора железнодорожным транспортом в несколько раз превышает объем перевозки в контейнерах и баллонах (более 600 тыс. т/год к 100 тыс. т/год для последних).

Существуют два способа хранения сжиженного хлора: под высоким давлением и под небольшим избыточным давлением при низкой температуре.

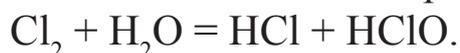
Хранение под высоким давлением осуществляют при температуре окружающей среды под давлением выше 70 кПа в механически прочных сосудах и емкостях. Как правило, при таком способе хранения применяемая тара не используется в качестве испарителя хлора и не имеет отвода для паров.

Изотермическое хранение при пониженной температуре осуществляют в хлорных сосудах при температуре, приближенной к точке конденсации хлора при атмосферном давлении. Хлор заливается в емкость предварительно охлажденным. При естественном нагреве изотермического сосуда часть продукта постоянно испаряется. Образующиеся пары должны непрерывно отводиться для повторной конденсации или производственных нужд. Такой способ хранения хлора представляет собой сложный технологический процесс. Однако утечка из таких хранилищ, оборудованных согласно требованиям безопасности, менее опасна, чем в случае аварийной ситуации с хлором под давлением.

При разливе хлора из сосуда под высоким давлением или протечке либо прорыве трубопровода под давлением происходят мгновенное его вскипание и мощный выброс в атмосферу, называемый «хлорной волной», представляющей крайне высокую степень опасности для персонала и населения близлежащих районов. Во втором же случае

будут наблюдаться постепенный нагрев и испарение газа, если температура среды значительно выше температуры хранения. Кроме того, в большинстве случаев при аварии сосуда под давлением происходит выброс значительно большего количества продукта, чем при проливе охлажденного хлора. Поэтому большой объем хлора безопаснее хранить изотермическим способом при небольшом давлении. Особенно это актуально в густонаселенных районах, поблизости от школ, больниц, крупных магистралей [10].

При проектировании и эксплуатации объектов, задействованных в обороте хлора, крайне важно правильно выбирать конструкционные и защитные материалы. Как очень реакционно способное вещество, хлор может взаимодействовать практически со всеми металлами и большинством органических полимеров. В присутствии влаги химическая активность возрастает за счет частичного гидролиза:



Образующиеся в результате продукты – соляная и хлорноватистая кислоты – еще более агрессивны по отношению к металлическим поверхностям, а степень агрессивности главным образом определяется содержанием влаги в газообразном хлоре.

Коррозионное действие хлора на органические полимеры обусловлено прежде всего его способностью встраиваться в полимерную структуру с образованием хлорпроизводных. В зависимости от природы контактирующего с хлором материала на его поверхности может образовываться плотный слой продуктов хлорирования, затрудняющий дальнейший процесс хлорирования, либо, наоборот, слой рыхлых продуктов, не препятствующих дальнейшему ходу реакции. Однако в обоих случаях пластические свойства материалов ухудшаются.

Из всех органических полимеров инертен по отношению к хлору только фторопласт-4 (политетрафторэтилен). Составы на основе полиэфирной смолы ПН-10, обладающие удовлетворительной стойкостью к сухому и влажному хлору, используют в качестве защитного покрытия. Другие эпоксидные смолы, как каучуки, резины, эбониты, быстро подвергаются хлорированию и теряют свои свойства. Полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид относительно устойчивы как в сухом, так и во влажном хлоре, однако при длительном контакте происходит их деполимеризация, приводящая к повышению хрупкости. Стекланные,

стеклоэмалевые, керамические, фарфоровые покрытия устойчивы к действию хлора [11].

БРОМ(Br₂)

Повышенная опасность брома обуславливается прежде всего его высокой летучестью, а главным фактором его вредного воздействия на человека и объекты окружающей среды считается сильная окисляющая способность, приводящая даже при небольшой концентрации к раздражению и ожогам дыхательных путей, слизистых оболочек, кожных покровов. Из-за легкой испаряемости в случае аварийной утечки допустимые нормы его содержания в атмосфере превышаются очень быстро.

При повышении концентрации брома в воздухе его действие резко усиливается и приводит к слезотечению, носовому кровотечению, удушью, отеку легких, желудочным болям, поносу и смерти. При попадании на кожу Br₂ вызывает ожоги с омертвлением кожи (некрозы).

Поэтому проблемам безопасности производства, хранения, перевозки и применения несвязанного брома необходимо уделять большое внимание. В отдельных случаях стоимость специальной тары и транспортировки становится решающим фактором в общей стоимости продукта, так как бром очень агрессивен по отношению к большинству металлических изделий [13].

Обращение с бромом требует тщательной герметизации аппаратуры и емкостей, исключающей возможность попадания паров в производственные помещения или окружающую среду. Чаще всего нарушения герметичности происходят в результате коррозионных повреждений. Помещения для работы с бромом должны быть обеспечены надежной системой вентиляции. К местам потенциальных утечек, как правило, подводится местная вытяжная вентиляция.

Бром – негорючее вещество, однако являясь сильным окислителем, контактируя с некоторыми органическими веществами или металлическими порошками, может вызывать их возгорание. В свою очередь, нагрев в окружающей среде ускоряет процесс испарения жидкого брома и выброс ядовитых паров. Кроме того, во избежание повышения давления в сосудах с бромом запрещается их нагревание до температур выше 70 °С.

Небольшие партии, как правило, можно транспортировать в стеклянной таре. По ГОСТ 454-76 для этого используют чистые сухие оранжевые или бесцветные склянки со стенками толщиной не менее

3 мм, вместимостью 1 л, с навинчивающейся крышкой из фторопласта. Склянки упаковывают по 4 или 6 штук в деревянные ящики. Пространство между склянками в ящике засыпают поглощающим материалом (вермикулит, трепельные глины), который должен обеспечивать полное поглощение Br_2 , если при перевозке склянка окажется разбитой [14].

Для перевозки больших партий применяется металлическая тара. При этом необходимо исключать возможность попадания влаги в металлические емкости с бромом и обеспечивать максимальную осушку продукта перед погрузкой. В противном случае содержащаяся вода приводит к активной электрохимической коррозии внутренней поверхности металлической тары. В отдельных случаях применяется способ хранения брома подобно хлору – в стальных баллонах (24 л). Однако при этом наблюдаются некоторое загрязнение продукта соединениями железа и образование пленки бромистых соединений на внутренней поверхности баллона. После его опорожнения эти соединения, в силу своей гигроскопичности, активно поглощают атмосферную влагу, что, в свою очередь, приводит к ускорению коррозионного разрушения. Кроме того, масса стали в этом случае приближается к 50% от брутто-массы всего груза.

Широко применяют контейнеры для перевозки жидкого брома емкостью 320 л, изготовленные из стали СТ.3 с толщиной стенок 6 мм, с внутренним свинцовым покрытием толщиной 1,5 мм. Контейнеры закрепляются на железнодорожной платформе в количестве до 38 штук. Подобным образом устроены и контейнеры на 400 л продукта с эмалевым покрытием вместо освинцовки [13].

Средства транспортирования и хранения хлора и брома представлены в табл. 1.

Таблица 1

Средства транспортирования и хранения хлора и брома

Продукт	Транспортирование		Хранение
	ЖДТ	Другими видами	
Сжиженный хлор под высоким давлением (более 70 кПа)	Цистерны 15-1409 (38 м ³), 5-1556 (46 м ³)	Хлорные танки, контейнеры (бочки), хлорные баллоны	Цистерны, танки, контейнеры, баллоны

Жидкий хлор под небольшим избыточным давлением и пониженной температуре	-	-	Изотермические сосуды
Бром	Склянки из темного стекла (1 л) в деревянных ящиках с сыпкой-поглотителем, освинцованные или эмалированные контейнеры (320 и 400 л)		

СЕРНАЯ КИСЛОТА (H_2SO_4)

Серная кислота и олеум (раствор триоксида серы SO_3 в концентрированной серной кислоте) широко применяются в промышленности и лабораторной практике. Представляют собой маслянистые бесцветные (в отсутствие примесей) жидкости почти в 2 раза тяжелее воды и смешивающиеся с ней во всех соотношениях с выделением большого количества тепла. По объему перевозки они занимают ведущие позиции среди продуктов химической промышленности. Основные факторы опасности при обращении с серной кислотой обусловлены:

- ее крайне высокой гигроскопичностью – способностью поглощать влагу из атмосферы, жидкостей, влажных тел, в том числе животных и растительных объектов. Активное поглощение влаги при контакте концентрированной кислоты или олеума с другими продуктами или природными объектами сопровождается сильным разогревом, иногда обугливанием тканей и воспламенением;

- сильными окислительными свойствами триоксида серы, средне- и высококонцентрированной серной кислоты, проявляющимися в возможности разрушения многих, устойчивых даже в сильноокислых средах металлов и сплавов, легком воспламенении многих горючих продуктов, детонации потенциально взрывоопасных веществ и др.;

- кислотными свойствами разбавленной водой серной кислоты (и олеума, который при растворении в воде образует кислоту), способной активно разрушать большинство металлов и металлических сплавов с выделением взрывоопасного водорода, высокотоксичных сероводорода и сернистого газа.

Вдыхание паров кислоты или попадание ее на слизистые оболочки, кожу человека и животных вызывает: химические ожоги разной степени тяжести в зависимости от концентрации продукта и времени контакта; отек гортани, затруднение дыхания, кашель; заболевания легких.

Смертельная доза серной кислоты при попадании в организм в жидком виде составляет 5–10 мл. Попадание капель в глаза вызывает тяжелое поражение слизистой оболочки с возможной полной потерей зрения. При кратковременном действии на кожу появляются покраснения, при длительном воздействии проникает вглубь тканей, образует струпья и глубокие язвы. Поражение большой поверхности кожи может привести к смертельному исходу [15].

Как уже было отмечено выше, наиболее активное взаимодействие серной кислоты с металлами протекает, если она находится в разбавленном виде, а значит диссоциирована в достаточно высокой степени. Потому перевозка в большом объеме разбавленной кислоты невозможна. Концентрированная кислота и олеум образуют на многих металлических поверхностях плотную защитную пленку соединений, которая пассивирует металлы, что позволяет обеспечить одновременную перевозку большого объема продукта.

Основным средством транспортировки концентрированной серной кислоты являются железнодорожные цистерны с котлами, изготовленными из легированных сталей различных марок в зависимости от качества перевозимого продукта. Для перевозки улучшенной серной кислоты подают цистерны моделей 15-1548 и 15-1601 грузоподъемностью 67 и 77 т, соответственно, изготовленные из высоколегированных сталей. Под продукт более низкого качества используют цистерны 15-1401 и 15-Ц854.

Все эти модели оснащены однотипной арматурой, состоящей из: люка диаметром 570 мм; сливноналивного устройства с присоединительным фланцем; патрубка для отбора проб и подвода воздуха при сливе кислоты перекачиванием; защитных козырьков (модель 15-1548) или заградительных желобов (модель 15-1601) для защиты рамы и авторемного оборудования от разлившейся при сливноналивных работах кислоты.

Олеум в зависимости от содержания SO_3 имеет различные температуры кристаллизации, изменяющиеся в пределах: от минус 11 до плюс 33 °С; поэтому его транспортируют в специализированных цистернах с паробогривательным кожухом: 15-Ц855, 15-Ц856, 15-Ц857, 15-1402 и 15-1424. Налив и слив продукта производится через люк сверху котла [16]. Средства транспортирования и хранения олеума и серной кислоты представлены в табл. 2.

Средства транспортирования и хранения олеума и серной кислоты

Продукт	Транспортирование		Хранение
	ЖДТ	Другими видами	
Серная кислота улучшенная, техническая	Цистерны 15-1548 (38,5 м ³), 15-1601 (46 м ³), 15-1401 (32,7 м ³), 15-Ц854 (32 м ³), стеклянные бутылки (1–20 л) с обрешеткой или полиэтиленовые канистры в крытых вагонах	Стальные бочки (50–275 л), стеклянные бутылки (1–20 л) с обрешеткой или полиэтиленовые канистры, емкости отправителя	
Олеум	Цистерны 15-Ц855 (29 м ³), 15-Ц856 (26 м ³), 15-Ц857 (26 м ³), 15-1402 (32,7 м ³), 15-1424 (38,5 м ³)		

ПЕРОКСИД ВОДОРОДА (H₂O₂)

Пероксид водорода обладает высокой коррозионной активностью по отношению к большинству металлов. Его растворы могут вызывать ожоги кожи, слизистых оболочек его пары – поражения дыхательных путей. Обладает способностью самопроизвольно разлагаться на кислород и воду, причем многие посторонние вещества и примеси каталитически ускоряют этот процесс:



Поэтому особое внимание следует уделять не только очистке производимого продукта, его стабилизации, но и чистоте используемой тары и ее устойчивости к действию перекиси, выделяющегося кислорода и возможному повышению давления вследствие его образования.

При хранении, наливе или перевозке продукта не допускаются его контакт с железом, хромом, свинцом, серебром, марганцем и их солями, применение аппаратуры из нелегированных сталей, чугуна, меди, латуни, бронзы.

Особо чистый пероксид водорода транспортируют и хранят в виде 30%-ного раствора, называемого пергидролем, в стеклянных и полиэтиленовых бутылках и канистрах объемом от 0,5 до 40 литров. Такие условия, а также отсутствие в растворе стабилизирующих разложение агентов позволяют гарантировать сохранность продукта в течение 2–6 месяцев.

Самый значительный недостаток содержания в стеклянной таре – это ее хрупкость. Повреждение бутылки или трещина в ней сопровождается проливом агрессивного вещества, что в определенных условиях

приводит к воспламенению соседствующих легковоспламеняющихся или химически активных материалов [17].

Полиэтиленовая тара более безопасна с позиции устойчивости к механическим повреждениям, однако, тем не менее, резкое воздействие острых предметов может относительно легко привести к разрыву упаковки и утечке продукта. Кроме того, полиэтиленовые и стеклянные емкости должны закрываться пробками с устройствами для выпуска кислорода и предотвращения повышения давления в сосуде.

Технические растворы H_2O_2 , как правило, транспортируют и хранят в специальных алюминиевых бочках различного объема, контейнерах вместимостью $1,3 \text{ м}^3$, сосудах типа ВЭЭ-1,6-1-М-01 объемом $1,6 \text{ м}^3$ и цистернах объемом до 200 м^3 . Значительная часть технического пергидроля поставляется крупным потребителям в железнодорожных цистернах 15-1406, 15-1596 объемом до 35 м^3 .

Большой объем используемой тары предполагает и большую сложность при очистке ее внутренних поверхностей или нанесении на них защитных покрытий. Также труднореализуема тонкая очистка самих растворов от каталитических примесей. Поэтому перед наливом в транспортные емкости или отправкой на хранение в технические растворы пероксида водорода добавляют стабилизирующие составы, содержащие гидрофосфаты, пирофосфаты, метастаннаты натрия, нитрат аммония, органические кислоты, комплексообразующие агенты, связывающие каталитические примеси в неактивные соединения. С этой же целью стремятся использовать тару из высокоочищенного алюминия (содержание $\text{Al} > 99.5\%$), содержащего минимум примесей железа и меди, которые, будучи растворенными с поверхности тары, ускоряют реакцию распада продукта. Растворение же самого алюминия не вызывает такого эффекта [16–18].

Несмотря на применение широкого спектра стабилизирующих добавок и высокочистых материалов, вся алюминиевая тара должна оснащаться воздушниками с фильтрами из стекловаты, обеспечивающими свободный выход кислорода и предохраняющими от попадания загрязнений из внешней среды.

Хранение большого количества пероксида осуществляют в крупногабаритных горизонтальных алюминиевых цистернах объемом $50\text{--}200 \text{ м}^3$, в условиях защиты от повышенных температур (до $30 \text{ }^\circ\text{C}$), в закрытых складских помещениях или под тенью козырьками с обеспечением теплоизоляции. Должны обеспечиваться постоянный контроль температуры продукта в цистерне и система сигнализации о ее превышении [18].

Хранилище всегда должно быть оснащено системой подачи воды или располагать емкостью с достаточными ее количествами для сильного разбавления H_2O_2 в случае аварийной ситуации с разливом [17].

Новую тару перед заполнением пергидролем подвергают тщательной промывке водопроводной, а затем дистиллированной водой и при необходимости – процедуре пассивации внутренней поверхности. Емкости, используемые для хранения и транспортировки растворов перекиси водорода, нельзя использовать под другие продукты.

Возвратная тара перед наливом продукта должна быть осмотрена и проверена на отсутствие механических и значительных коррозионных повреждений. При необходимости она промывается дистиллированной водой или паровым конденсатом, а при обнаружении коррозионных повреждений на поверхности алюминия должна быть подвергнута перепассивации. Средства транспортирования и хранения пероксида водорода представлены в табл. 3.

Таблица 3

Средства транспортирования и хранения пероксида водорода

Продукт	Транспортирование		Хранение
	ЖДТ	Другими видами	
Особо чистый пероксид водорода	Стеклянные (в обрешетках) и полиэтиленовые бутылки и канистры (0,5–40 л)		
Технический пероксид водорода (стабилизированный)	Цистерны 15-1406, 15-1596, алюминиевые бочки, контейнеры	Алюминиевые бочки, контейнеры (1,3 м ³), сосуды ВЭЭ-1,6-1-М-01 (1,6 м ³)	Алюминиевые бочки, контейнеры (1,3 м ³), сосуды ВЭЭ-1,6-1-М-01 (1,6 м ³), цистерны (до 200 м ³)

АЗОТНАЯ КИСЛОТА (HNO_3)

Азотная кислота является одним из самых крупнотоннажных продуктов химической промышленности. В высокой концентрации выделяет ядовитые газообразные оксиды азота коричневого цвета. Азотная кислота разрушает многие органические вещества: бумага и ткани разрушаются

вследствие окисления образующих эти материалы веществ; на коже появляется устойчивое в течение нескольких дней пожелтение после кратковременного контакта с концентрированной азотной кислотой. Азотная кислота – одна из самых агрессивных, она действует на большинство металлов (за исключением золота, платины, родия, иридия, тантала и некоторых других).

Дымящая азотная кислота при хранении под действием теплоты и на свету частично разлагается:



Чем выше температура и чем выше концентрация кислоты, тем быстрее идет процесс разложения. Поэтому хранят ее в прохладном и темном месте. Выделяющийся диоксид азота растворяется в кислоте и придает ей бурую окраску.

Разбавленную азотную кислоту хранят и перевозят в таре из хромистой стали, концентрированную – в алюминиевой таре, т.к. концентрированная кислота пассивирует алюминий, железо и хром из-за образования нерастворимых пленок оксидов:



Небольшие количества хранят в стеклянных бутылках. Азотная кислота сильно разъедает резину. Поэтому бутылки должны быть с притертыми стеклянными или полиэтиленовыми пробками.

Азотная кислота выпускается и применяется разных марок и сортов с разными концентрациями и добавками, в том числе как окислитель ракетного топлива.

Кислота азотная концентрированная (ГОСТ 701-89) выпускается двух марок – «А» и «Б».

Марка «А» (98,6 масс.%) применяется: в производстве изделий электронной и радиоэлектронной промышленности; в процессах нитрования органических соединений; в производстве взрывчатых веществ; при химической обработке металлов; в медицинской промышленности; в производстве пластмасс.

Марка «Б» (97,5 масс.%) применяется: для гальванических работ в производстве химических реактивов; для растворения примесей промышленных продуктов; в процессах нитрования органических соединений; в производстве взрывчатых веществ.

Концентрированную азотную кислоту транспортируют железнодорожным транспортом в специальных цистернах из алюминия моделей

ЖКЦ-34, ЖКЦ-35 и 15-1406 (ЖКЦ-39). По конструкции эти цистерны сходны между собой. Для защиты рамы вагона и оборудования от вредного воздействия груза на котле с двух сторон установлены предохранительные щиты [16]. Перевозка автомобильным транспортом осуществляется в алюминиевых бочках. Хранение производят на складах в алюминиевых хранилищах, оборудованных уровнемерами. Хранилища оснащены кислотоупорными поддонами, предназначенными для сбора аварийных проливов с последующей нейтрализацией.

Кислота азотная неконцентрированная (ГОСТ 113-03-270-90) выпускается трех сортов: высший сорт (57,0 масс.%); 1 сорт (56,0 масс.%); 2 сорт (слабая, 46,0 масс.%). Предназначена для получения аммиачной селитры, сложных удобрений, для окислительных процессов при травлении металлов.

Железнодорожные перевозки осуществляются в цистернах моделей 15-1487, 15-1404, 15-1426.

Кислота азотная реактивная (56 масс.%, ГОСТ 4461-77) применяется: в полиграфической промышленности; в производстве лекарственных веществ и в производстве лабораторных реактивов. Выпускается следующих квалификаций: «чистая», «чистая для анализа» и «химически чистая».

Реактивную азотную кислоту заливают и транспортируют в 20-литровых стеклянных бутылках, помещенных в полиэтиленовые барабаны, а также в специальных цистернах 15-1406 (ЖКЦ-39), 15-1596. Для хранения оборудуются крытые складские помещения, не допускающие совместного хранения азотной кислоты с органическими веществами, ЛВЖ и горючими веществами.

Кислота азотная особой чистоты (70 масс.%, ГОСТ 11125-84) представляет собой продукт многоступенчатой перегонки технической концентрированной азотной кислоты и применяется при производстве полупроводников, радиоэлектронной аппаратуры, металлов и сплавов, катализаторов, ионообменных смол, лазеров, редких элементов, а также для точных научных исследований.

Транспортировка ее производится всеми видами транспорта в 20-литровых стеклянных бутылках, закрытых запорным устройством, помещенных в полиэтиленовые барабаны. Бутыли с азотной кислотой особой чистоты хранят в простых складских темных помещениях, обособленно от других реактивов, при температуре не выше 30 °С [28–29, 32, 35–36].

Средства транспортирования и хранения азотной кислоты представлены в табл. 4.

Таблица 4

Средства транспортирования и хранения азотной кислоты

Продукт	Транспортирование		Хранение
	ЖДТ	Другими видами	
Азотная кислота концентрированная	Цистерны ЖКЦ-34 (34,5 м ³), ЖКЦ-35 (34,5 м ³), 15-1406 (ЖКЦ-39, 39,5 м ³)	Алюминиевые бочки отправителя	Алюминиевые хранилища, бочки, стеклянные бутылки, канистры
Азотная кислота неконцентрированная	Цистерны 15-1426 (48,8 м ³), 15-1487 (51,9 м ³), 15-1404 (46,9 м ³)	Стальные автоцистерны, бочки, полиэтиленовые канистры, стеклянные бутылки в обрешетке (20 л)	Бочки из нержавеющей стали, полиэтиленовые канистры, стеклянные бутылки в обрешетке (20 л)
Азотная кислота реактивная	Цистерны 15-1406 (ЖКЦ-39), 15-1596	Полиэтиленовые канистры, стеклянные бутылки в обрешетке (20 л)	
Азотная кислота особой чистоты	Стеклянные бутылки в обрешетке (20 л)		

К агрессивным химическим веществам щелочного характера относятся едкий натр, едкий калий и другие.

Гидроксид натрия (пищевая добавка E524, едкий натр, гидроокись натрия, каустическая сода) – твердая сплавленная масса желтоватого или белого цвета. По своим химическим свойствам гидроксид натрия относится к сильной щелочи.

Едкий натр обычно выпускается в виде прозрачного бесцветного раствора или в виде пасты. Каустическая сода отлично растворяется в воде, выделяя тепло. При взаимодействии с воздухом это вещество расплывается, поэтому в продажу оно поступает в герметически закрытой таре. В природных условиях гидроокись натрия входит в состав минерала брусита. Температура кипения гидроокиси натрия составляет 1390 °С, температура плавления – 322 °С.

Гидроокись натрия – невероятно популярное и широко используемое химическое соединение. Ежегодно производится около семидесяти миллионов тонн едкого натра. Каустическая сода используется в фармацевтической, химической, пищевой промышленности, а также в косметической и текстильной. Едкий натр применяют при изготовлении синтетического фенола, глицерина, органических красителей, лекарственных препаратов. Данное соединение может нейтрализовать содержащиеся в воздухе вредные для организма человека компоненты. Поэтому растворы гидроксида натрия нередко используют для дезинфекции помещений. В пищевой промышленности гидроокись натрия используется как регулятор кислотности, препятствующий комкованию и слеживанию. Пищевая добавка E524 поддерживает необходимую консистенцию продуктов при производстве маргарина, шоколада, мороженого, сливочного масла, карамели, желе, джема. Хлебобулочные изделия перед выпечкой обрабатывают раствором каустической соды для получения темно-коричневой хрустящей корочки. Кроме того, пищевую добавку E524 применяют для рафинирования растительного масла.

В то же время едкий натр – токсичное вещество, разрушающее слизистую оболочку и кожные покровы. Ожоги от гидроксида натрия очень медленно заживают, оставляя рубцы. Попадание вещества в глаза чаще всего приводит к потере зрения. При попадании щелочи на кожные покровы следует промыть пораженные области струей воды. При попадании внутрь организма едкий натр вызывает ожоги гортани, полости рта, желудка и пищевода. Все работы с гидроокисью натрия надо проводить в защитных очках и спецодежде.

Гидроксид калия (*лат.* Kaliihydroxidum, *англ.* Potassiumhydroxide) – неорганическое соединение с формулой KOH. Тривиальные названия: едкое кали, каустический поташ, а также гидрат окиси калия, гидроокись калия, калиевая щелочь, калиевый щелок. Это бесцветные, очень гигроскопичные кристаллы, но гигроскопичность меньше, чем у гидроксида натрия. Водные растворы KOH имеют сильнощелочную реакцию. Получают электролизом растворов хлористого калия, применяют в производстве жидкого мыла, для получения различных соединений калия.

Гидроксид калия является практически универсальным химическим соединением. Ниже приведены примеры материалов и процессы, в которых он используется:

- нейтрализация кислот,
- щелочные батареи,
- катализ,
- моющие средства,
- буровые растворы,
- красители,
- удобрения,
- производство пищевых продуктов,
- газоочистка,
- металлургическое производство,
- перегонка нефти,
- различные органические и неорганические вещества,
- производство бумаги,
- пестициды,
- фармацевтика,
- регулирование pH,
- карбонат калия и другие калийные соединения,
- мыло,
- синтетический каучук.

ОБЕДНЕННЫЙ УРАН

Обедненный уран и его соединения, являющиеся компонентами отработанного ядерного топлива, образующегося при работе атомных реакторов в качестве твердых и жидких радиоактивных отходов, являются довольно сильными ядами и могут вызвать отравление организма [19–22].

Отработанное ядерное топливо перевозится в места постоянного складирования различными видами транспорта.

Последствия использования обедненного урана в артиллерийских боеприпасах, которые применялись войсками стран НАТО в Югославии и Ираке, еще до конца не установлены. Поэтому актуальной задачей является обнаружение наряду с высокордиоактивным ураном также и урана с относительно низкой радиоактивностью.

В настоящее время нельзя полностью исключить возможность использования террористами соединений урана и агрессивных химических веществ, обладающих низкой летучестью.

Глава 2.

Современное состояние системы технических средств химического контроля степени загрязненности поверхностей объектов агрессивными химическими веществами и соединениями урана

Современное состояние системы технических средств химического контроля степени загрязненности различных поверхностей стойкими токсичными веществами является неудовлетворительным и требует дальнейшего совершенствования.

Вопросам поиска перспективных путей развития системы технических средств химического контроля загрязненности поверхностей на основе последних достижений в области физико-химических методов анализа, изделий микросистемотехники и информационных технологий был специально посвящен круглый стол «Методы и средства химического контроля степени зараженности поверхностей: технологии и пути развития», проведенный 8 сентября 2016 года Управлением начальника войск РХБ защиты Вооруженных Сил Российской Федерации в рамках Международного военно-технического форума «Армия-2016» [4].

В ходе работы круглого стола были рассмотрены следующие вопросы:

1. Современное состояние системы технических средств химического контроля степени зараженности различных подстилающих поверхностей стойкими токсичными веществами.

2. Спектральные и пробоотборные методы контроля плотности заражения различных типов подстилающих поверхностей капельно-жидкими токсичными веществами.

3. Перспективные пути развития системы технических средств химического контроля зараженности поверхностей на основе последних достижений в области физико-химических методов анализа, изделий микросистемотехники и информационных технологий.

Общая характеристика существующих методов контроля степени зараженности поверхностей приведена на рис. 1.

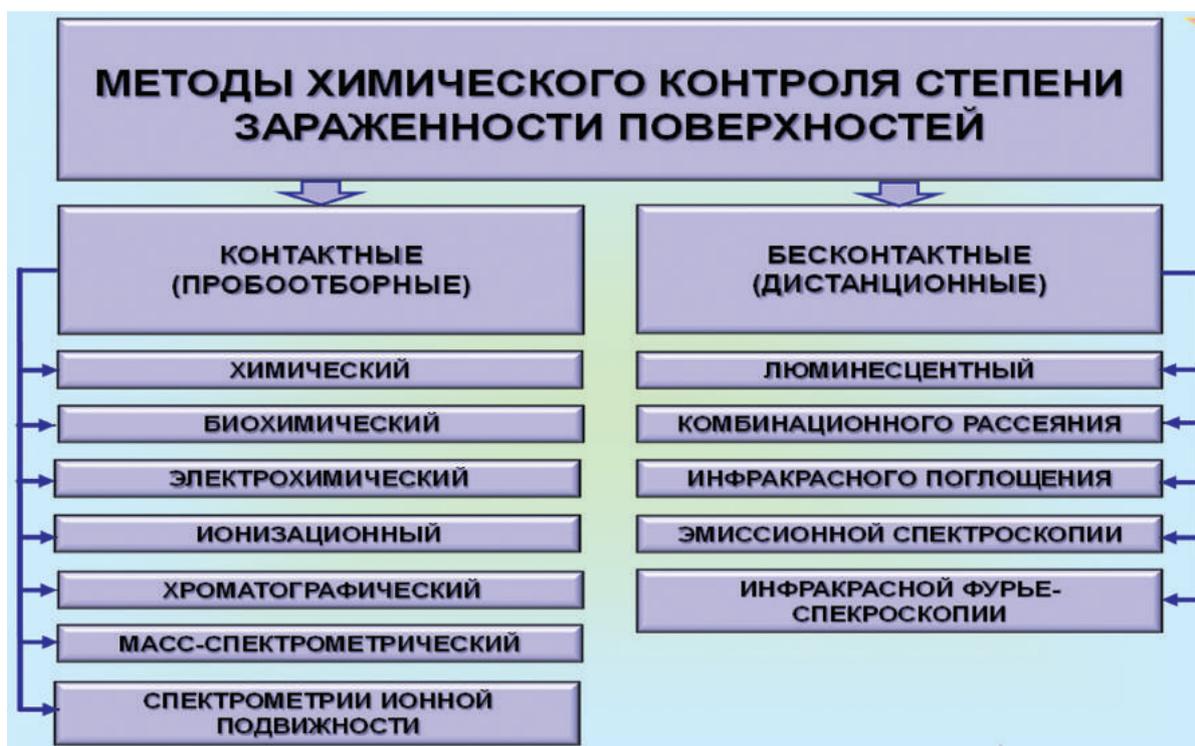


Рис. 1. Методы химического контроля степени зараженности поверхностей

Существующие войсковые средства химической разведки приведены на рис. 2, 3, 4.



Рис. 2. Войсковой индивидуальный комплект химического контроля ВИКХК



Рис. 3. Войсковой прибор химической разведки ВПХР



Рис. 4. Полуавтоматический прибор химической разведки ППХР

Отбор и анализ пробы с поверхности могут быть проведены с помощью специального пробоотборного устройства и общевойскового автоматического газосигнализатора ГСА-5, приведенных на рис. 5, 6.



Рис. 5. Пробоотборный элемент с устройствами отбора пробы



Рис. 6. Общевоинской автоматический газосигнализатор ГСА-5. Внешний вид

В качестве примера, в машине РХБ разведки «Fucks» (Германия) для отбора проб с подстилающей поверхности был использован захватывающий элемент типа «колесо», внешний вид которого приведен на рис. 7.



Рис. 7. Внешний вид захватывающих элементов типа «колесо» для машины РХБ разведки «Fucks» (Германия)

Существующие в настоящее время войсковые технические средства химического контроля позволяют проводить определение зараженности местности и поверхностей различных объектов по паровой фазе, образующейся за счет испарения капель и аэрозольных частиц токсичных химических веществ с зараженной поверхности, а также по наличию индикационного эффекта при непосредственном контакте датчика с анализируемым веществом. Применение в этих средствах так называемых «контактных» методов не позволяет в полном объеме решать задачу автоматического экспресс-обнаружения зараженности подстилающих поверхностей и поверхностей объектов военной техники стойкими отравляющими веществами. Не обеспечивается обнаружение зараженности поверхностей аэрозолем и капельно-жидкими АХВ.

Спектральные оптические методы анализа в последнее время находят все более широкое применение, в том числе для обнаружения и идентификации загрязняющих веществ на различных поверхностях,

так как дают возможность оперативно получать информацию об их качественном и количественном составе без непосредственного контакта объекта исследований с аналитическим прибором.

Показано, что для решения поставленных вопросов должны быть осуществлены формирование новых подходов и выявление перспективных направлений развития и совершенствования методов химического контроля.

33 Центральный научно-исследовательский испытательный институт Министерства обороны Российской Федерации предложил, в частности, проводить контроль зараженности подстилающих поверхностей стойкими токсичными химикатами с использованием автоматизированного комплекса химического контроля [5].

Комплекс химического контроля автоматизированный (КХКА) состоит из автоматизированного устройства отбора проб с подстилающих поверхностей, анализирующего модуля и блока управления оператора. В качестве анализирующего модуля используется масс-спектрометр. Ввод паров токсичных химикатов осуществляется напрямую в масс-детектор через нагреваемую пробоотборную линию.

Параметры работы КХКА и условия проведения анализа приведены ниже:

- температура пробоотборной линии – 250 °С;
- начальная температура термостата колонки – 60 °С;
- время выдержки при начальной температуре – 3 мин;
- скорость повышения температуры – 50 °С/мин;
- конечная температура термостата колонки – 300 °С;
- время выдержки при конечной температуре – 3 мин;
- давление газа-носителя (гелия) на входе в колонку – 15 рсі;
- температура десорбции из концентратора – 290 °С;
- температура источника ионов – 150 °С;
- диапазон сканирования массовых чисел: от 50 до 425 а. е. м.

Результаты обнаружения и идентификации органических веществ макетным образцом автоматизированного комплекса химического контроля в режиме пробоотбора с использованием автоматизированного устройства отбора проб с подстилающих поверхностей и анализа в режиме ГХ–МС представлены в табл. 5.

Результаты обнаружения и идентификации органических веществ КХКА

Наименование вещества	Оптимальная температура нагрева поверхности, °С	Идентификация в автоматическом режиме	Идентификация в ручном режиме	Вероятность идентификации (корреляция с масс-спектром из базы данных), %
Трибутилфосфат	120	-	+	59
Бензиловый спирт	80	-	+	62
Диметилформаид	100	+		89

Были продемонстрированы возможности хромато-спектрометрии ионной подвижности в химическом контроле зараженности поверхности. Спектрометрия ионной подвижности позволяет проводить анализ широкого круга обнаруживаемых веществ. Метод обладает высокой чувствительностью (нг в пробе; 10^{-7} мг/л по парам), специфичностью обнаружения и высоким быстродействием (десятки секунд). Обеспечиваются значительное повышение специфичности, предотвращение перегрузки по пробе, поликапиллярные колонки не снижают чувствительность, возможен анализ сложных проб.

Приборы этого типа близки к возможностям хромато-масс-спектрометров, не требуют вакуума, обладают небольшими габаритами и массой, их отличает конструктивная простота. Некоторые из этих приборов приведены на рис. 8, 9 [6].

Прибор СЛЕД-Н, приведенный на рис. 8, обеспечивает определение более двух десятков наркотических средств, обладает чувствительностью 10^{-9} г, время анализа – не более 30 с. В нем используется нерадиоактивный источник ионизации, обеспечивается работа 8000 ч без обслуживания.

Газосигнализатор ГСЭК, приведенный на рис. 9, обеспечивает определение 12 отравляющих и токсичных веществ с чувствительностью по ФОВ 10^{-6} мг/л, длительность анализа – не более 120 с. Обеспечивается работа 8000 ч без обслуживания.

В ЗАО «Спецприбор» осуществляется дальнейшее развитие этого метода в следующих направлениях: повышение разрешения и миниатюризация ионно-дрейфовых трубок; снижение массы, габаритов

и энергопотребления приборов; исследование закономерностей химической ионизации; моделирование спектров ионной подвижности.



Рис. 8. Прибор СЛЕД-Н



Рис. 9. Газосигнализатор ГСЭК

Для достоверного выявления масштаба химического заражения разрабатываемые машины РХБ разведки оснащаются автоматизированным комплексом химического контроля в составе мобильного хромато-масс-спектрометрического модуля и автоматизированного устройства отбора проб с подстилающих поверхностей.

В настоящее время разрабатывается также прибор беспробоотборного определения токсичных химикатов на различных подстилающих поверхностях – БОТХ, приведенный на рис. 10, основанный на использовании ИК-Фурье-спектрометра.

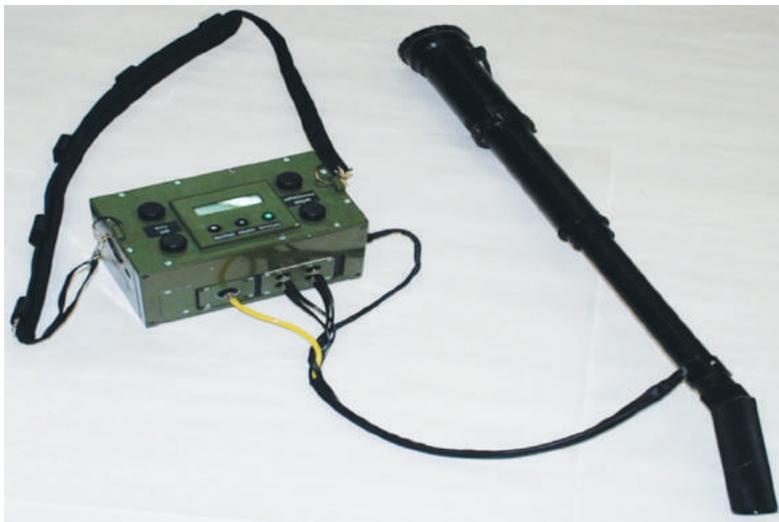


Рис. 10. Прибор беспробоотборного определения токсичных химикатов на различных подстилающих поверхностях – БОТХ

Известны аналогичные существующие и разрабатываемые портативные средства химического контроля зарубежного и отечественного производства, например: установка химического контроля на основе прибора «FirstDefender», приведенная на рис. 11; ион-дрейфовый детектор «Кербер-Т», приведенный на рис. 12.



Рис. 11. Установка химического контроля на основе прибора «FirstDefender»



Рис. 12. Ион-дрейфовый детектор «Кербер-Т»

Перспективные средства химического контроля могут быть созданы при реализации в образцах нескольких методов анализа при максимальном извлечении информации о свойствах системы «подстилающая поверхность-анализируемое вещество».

В среднесрочной перспективе должна быть решена задача разработки комбинированного прибора контроля зараженности подстилающих поверхностей для оснащения машин РХБ разведки на основе использования оптических и контактных методов анализа, что позволит повысить оперативность и достоверность полученной информации о заражении поверхностей не только с остановками подвижных средств, но и в движении.

Анализ информации, приведенной выше, показывает, что существующие и разрабатываемые в настоящее время приборы контроля зараженности различных поверхностей пока еще недостаточно хорошо отработаны; обладают высокой стоимостью; сложны в эксплуатации и техническом обслуживании; не предназначены для обнаружения зараженности поверхностей каплями и аэрозолями агрессивных химических веществ.

Для подразделений РХБ защиты МЧС России наряду с использованием таких приборов актуальной задачей является разработка простейших средств экспресс-обнаружения зараженности поверхностей объектов агрессивными химическими веществами.

Одним из путей решения этой задачи является разработка аэрозольных устройств с индикаторными рецептурами, которые дистанционно

наносятся на обследуемую поверхность и способны обеспечить высокочувствительное экспресс-обнаружение загрязненности поверхностей, в том числе и веществами, впитавшимися в лакокрасочные покрытия, без непосредственного контакта с ними.

В этом плане выгодно отличаются аэрозольные устройства с индикаторными рецептурами, при использовании которых не требуется непосредственного контакта с обследуемой поверхностью. Они довольно дешевы в производстве. Применение их для обнаружения загрязненности поверхностей капельно-жидкими АХВ может быть осуществлено любым минимально подготовленным оператором. Таким образом, эти аэрозольные устройства могут найти применение при формировании новых подходов к определению перспективных направлений развития и совершенствования методов химического контроля.

Известно применение аэрозольных устройств для обнаружения зараженности поверхностей объектов отравляющим веществом Ви-икс [7].

Аэрозольные устройства нашли применение для обнаружения следов взрывчатых веществ типа полинитроароматических соединений [8].

Предложено использование аэрозольных устройств для: обнаружения компонентов ракетного топлива – несимметричного диметилгидразина [9]; контроля степени обеззараживания объектов [10]; обнаружения наличия белоксодержащих веществ [11].

Были также разработаны способ и индикаторные рецептуры для обнаружения урансодержащих соединений [12].

Также известно применение комбинированных составов для обеззараживания поверхностей и экспресс-обнаружения взрывчатых веществ после совершения террористических актов [13].

Глава 3.

Аэрозольное устройство и технологии экспресс-обнаружения загрязненности поверхностей объектов агрессивными химическими веществами

3.1. Характеристика аэрозольного устройства, используемого для обнаружения агрессивных химических веществ

Аэрозольные устройства, используемые для обнаружения агрессивных химических веществ, выполнены в виде универсальных аэрозольных упаковок, заправленных индикаторными рецептурами, и обеспечивают визуализацию наличия жидких и твердых продуктов, содержащих агрессивные химические вещества, на различных поверхностях.

Выседающий аэрозоль – это аэрозоль агрессивного химического вещества, выседающий на подстилающую поверхность и приводящий к ее длительному заражению.

В качестве материала аэрозольного устройства использована смесь полиэтилена высокой плотности и полиэтилена низкой плотности в соотношении 1:1. Применение такого материала обеспечивает удобство литья из флакона, достаточную его жесткость и стойкость индикаторных растворов при хранении.

Аэрозольное устройство отличается простотой и многократностью использования, возможностью контроля одной упаковкой больших, в том числе и труднодоступных, анализируемых площадей. Распыление индикаторной рецептуры осуществляется при многократном нажатии на головку распылителя аэрозольного устройства. Для обнаружения агрессивных химических веществ не требуется непосредственного контакта оператора с обследуемой поверхностью, так как распыление осуществляется на расстоянии 10–15 см от поверхности с наветренной стороны.

Конструкции аэрозольного устройства и насоса-распылителя показаны на рис. 13, 14.



Рис. 13. Аэрозольное устройство: 1 – насос-распылитель, 2 – флакон

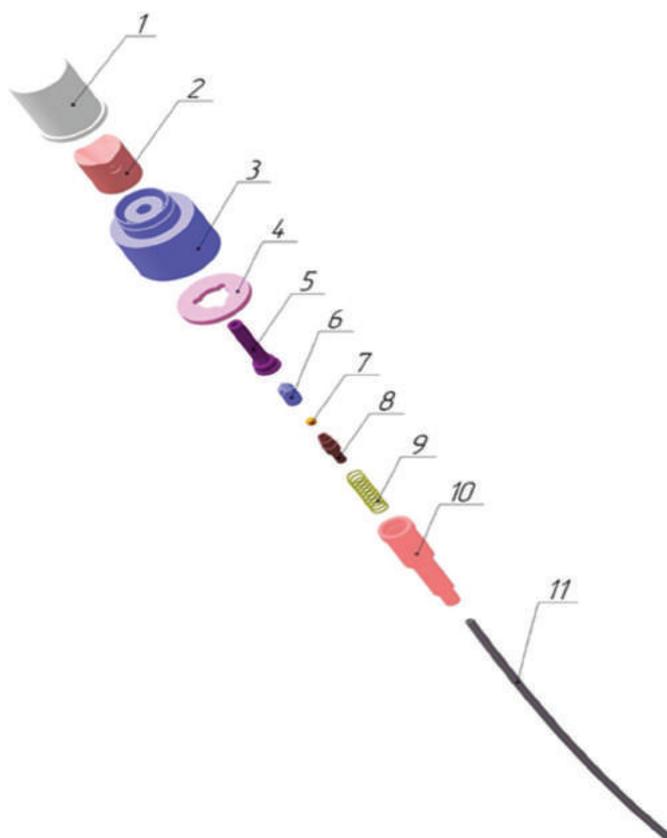


Рис. 14. Насос-распылитель (в разобранном виде): 1 – колпачок, 2 – кнопка, 3 – корпус насоса-распылителя, 4 – прокладка, 5 – поршень, 6 – корпус запорного устройства, 7 – шарик запирающий, 8 – основание запорного устройства, 9 – пружина, 10 – корпус клапана, 11 – трубка заборная

Аэрозольное устройство для обнаружения агрессивных химических веществ представляет собой флакон объемом 150 мл, снабженный распылителем и заполненный индикаторной рецептурой на агрессивные химические вещества.

Аэрозольное устройство (АУ), представленное на рис. 13, состоит из двух составных частей: насоса-распылителя 1 и флакона 2. В свою очередь, насос-распылитель в соответствии с рис. 14, состоит из следующих деталей: колпачка 1, кнопки 2, корпуса насоса-распылителя 3, прокладки 4, поршня 5, корпус запорного устройства 6, шарика 7, основание запорного устройства 8, пружины 9, корпуса клапана 10, трубки заборной 11.

Примененное АУ также удовлетворяет требованиям ГОСТ Р 51760, предъявляемым к таре потребительской полимерной. Аэрозольное устройство изготовлено из материалов, стойких к индикаторной рецептуре.

Преимущества применения аэрозольного устройства перед известными способами, в частности – перед бумажкой индикаторной или салфеткой индикаторной, состоят в следующем:

- более долгий срок хранения индикаторной рецептуры (более двух лет);
- отсутствие необходимости использования дополнительных реактивов для проведения обнаружения;
- отсутствие необходимости непосредственного контакта оператора с анализируемой поверхностью;
- многократность использования одной упаковки (не менее 100 раз), что позволяет многократно определять загрязнение поверхности объекта;
- сохранение работоспособности в интервале температур: от 0 до плюс 40 °С;
- обеспечение большой площади контроля.

За счет подбора материала и взаимного расположения деталей относительно друг друга обеспечивается орошение поверхности монодисперсной струей индикаторной рецептуры, что исключает размывание индикационного эффекта.

Внедренная в промышленное производство конструкция аэрозольного устройства (АУ) имеет высокие эксплуатационные характеристики:

- оптимальные массогабаритные характеристики, позволяющие при необходимости помещать АУ в карман обмундирования, что особенно удобно при работе в условиях пониженных температур окружающего воздуха;

- малый удельный расход индикаторной рецептуры;
- наглядность получаемого индикационного эффекта за счет оптимальной однородности факела аэрозоля.

На флакон аэрозольного устройства методом шелкографии нанесена вся необходимая информация, в том числе приведен эталон окраски получаемого индикационного эффекта.

3.2. Технология экспресс-обнаружения загрязненности поверхностей объектов агрессивными химическими веществами щелочного характера

Для обнаружения веществ щелочного характера ранее использовались индикаторные бумажки и билеты. Недостатком этого способа является то, что бумажки и билеты позволяют проводить обнаружение только непосредственно в месте их контакта с обследуемой поверхностью. При этом необходим непосредственный контакт оператора с анализируемой поверхностью; невозможно проводить обнаружение загрязненности поверхностей, к которым ограничен доступ руки оператора.

Для устранения этих недостатков используется способ аэрозольного распыления индикаторной рецептуры на анализируемую поверхность с помощью аэрозольного устройства АУ-2, приведенного на рис. 15.



Рис. 15. Аэрозольное устройство для обнаружения агрессивных химических веществ щелочного характера (вид спереди и сзади)

При этом использовано свойство индикатора фенолфталеина мгновенно изменять окраску от бесцветной до малиновой в щелочной среде. Исходя из этого, предложено применять индикатор в виде аэрозоля, создаваемого с помощью аэрозольного устройства, причем индикатор представляет собой 0,5–1%-ный раствор фенолфталеина в этиловом спирте. Индикационный эффект от агрессивных химических веществ щелочного характера приведен на рис. 16.

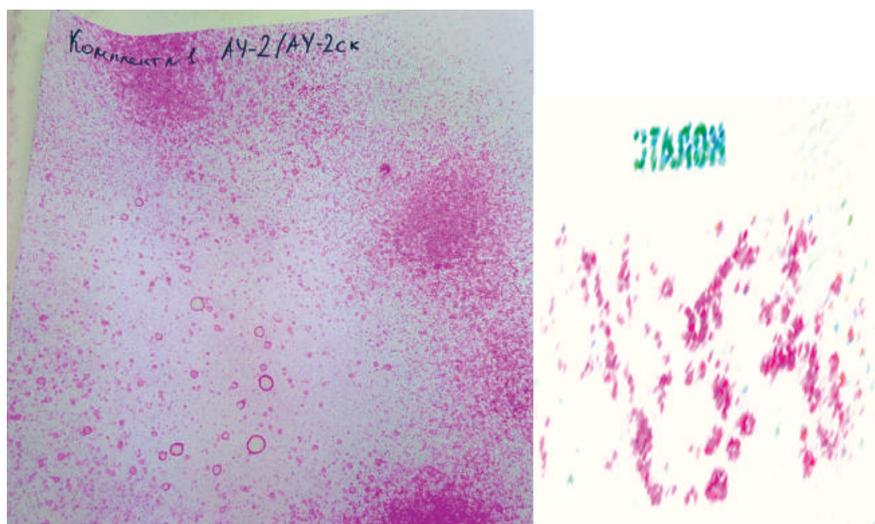


Рис. 16. Характер индикационного эффекта от агрессивных химических веществ щелочного характера

3.3. Технология экспресс-обнаружения загрязненности поверхностей объектов агрессивными химическими веществами кислого характера

Для обнаружения веществ кислого характера применен способ аэрозольного распыления индикаторной рецептуры на обследуемую поверхность с помощью аэрозольного устройства АУ-3, приведенного на рис. 17.

При этом использована способность индикатора метилового красного мгновенно изменять окраску от желтой до красной при переходе от нейтральной до кислой среды (в интервале рН 4,4–6,2).

Индикатор метиловый желтый изменяет окраску от желтой до красной при более низких рН (в интервале рН 2,9–4,0). Учитывая то, что оба индикатора одинаково изменяют окраску от желтой до красной в кислой

среде, используются спиртовые растворы как по отдельности, так и их смеси в объемном соотношении 1:1 [23–25].

Исходя из этого, для обнаружения веществ кислого характера используется аэрозольное распыление индикаторной рецептуры, представляющей собой раствор одного или смеси двух индикаторов – метилового красного и метилового желтого, в объемном соотношении 1:1 в этиловом спирте, с общей концентрацией индикатора 0,05–0,1 масс.%. Использование более разбавленного раствора индикатора приводит к ухудшению чувствительности и наглядности индикационного эффекта. Более концентрированный раствор не может быть приготовлен из-за ограниченной растворимости индикаторов в спиртовом растворе. Кроме того, наличие темной окраски индикаторного раствора в этом случае маскирует индикационный эффект.

Для повышения чувствительности, наглядности и достоверности обнаружения слабых органических кислот типа уксусной кислоты в качестве индикаторной рецептуры аэрозольного устройства используется 0,05–0,1%-ный раствор 4-диэтиламиноазобензола в этиловом спирте.

Преимущества применения способа обнаружения аэрозольным устройством перед известными способами, в частности – перед бумажной индикаторной или салфеткой индикаторной, состоят в следующем:

- более долгий срок хранения индикаторной рецептуры (более двух лет); отсутствие необходимости использования дополнительных реактивов для проведения обнаружения; отсутствие необходимости непосредственного контакта оператора с анализируемой поверхностью;
- многократность использования одной упаковки (не менее 100 раз), что позволяет многократно определять загрязнение поверхности объекта;
- сохранение работоспособности в интервале температур: от минус 5 до плюс 40 °С;
- обеспечение большей площади контроля.

За счет подбора материала и взаимного расположения деталей относительно друг друга обеспечивается орошение поверхности монодисперсной струей индикаторной рецептуры, что исключает размывание индикационного эффекта.

Это обеспечивает быстрое обнаружение наличия на больших площадях обследуемых поверхностей следов агрессивных химических веществ кислого характера.



Рис. 17. Аэрозольное устройство для обнаружения агрессивных химических веществ кислого характера (вид спереди и сзади)

Индикационный эффект от агрессивных химических веществ кислого характера приведен на рис. 18.

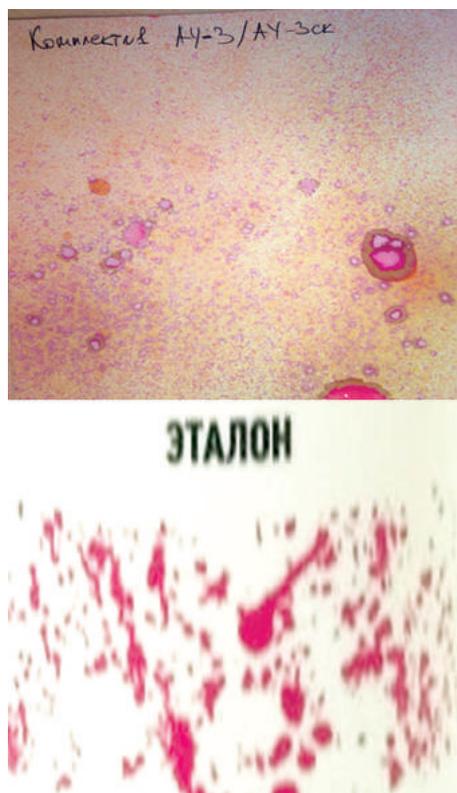


Рис. 18. Характер индикационного эффекта от агрессивных химических веществ кислого характера

3.4. Технология экспресс-обнаружения загрязненности поверхностей объектов производными гидразина и аммиаком

Определение наличия несимметричного диметилгидразина проводится путем индикации, включающим его контактирование с реагентом индикаторной рецептуры, сопровождающееся переходом окраски. Контактирование осуществляют на поверхности путем распыления индикаторной рецептуры с использованием аэрозольного устройства АУ-5, приведенного на рис. 19, выполненного в виде герметичного флакона, заправленного рецептурой, с распылительной головкой, а в качестве рецептуры используют растворы хлорида, нитрата или сульфата кобальта (II) в воде, при этом аэрозольное устройство можно заправлять реагентом многократно [23–25].

Аэрозольное устройство АУ-5 приведено на рис. 19.

Как показали испытания этой рецептуры, с помощью последней могут быть обнаружены и другие восстановители, в частности – аммиак.

Недостатком применения хлорида, нитрата или сульфата кобальта является то, что в процессе хранения вследствие протекания процесса гидролиза соли, образованной сильной кислотой и слабым основанием, выделяются сильные неорганические кислоты, соответственно: соляная, азотная и серная, что приводит к смещению рН раствора в кислую сторону, усилению вследствие этого коррозии и преждевременному приходу в негодность металлических элементов распылительного устройства.

Для устранения этого недостатка в качестве индикаторной рецептуры аэрозольного устройства применен 10–20 масс. % раствор ацетата кобальта (II) в дистиллированной воде. При гидролизе соли, образованной слабой кислотой и слабым основанием, в процессе хранения образуются слабая органическая кислота – уксусная кислота, и слабое основание; рН раствора при этом меняется незначительно и рецептура обладает значительно меньшей способностью вызывать коррозию металлических элементов распылительного устройства.

Преимущества применения индикаторного состава в аэрозольном устройстве состоят в следующем:

- более долгий срок хранения индикаторной рецептуры (более двух лет);

- отсутствие необходимости использования дополнительных реактивов для проведения обнаружения;
- отсутствие необходимости непосредственного контакта оператора с анализируемой поверхностью;
- многократность использования одной упаковки (не менее 100 раз), что позволяет многократно определять загрязнение поверхности объекта;
- сохранение работоспособности в интервале температур: от минус 5 до плюс 40 °С;
- обеспечение большей площади контроля.

В примененном аэрозольном устройстве для экспресс-обнаружения несимметричного диметилгидразина (НДМГ) и аммиака на поверхностях объектов за счет подбора материала и взаимного расположения деталей относительно друг друга обеспечивается орошение поверхности монодисперсной струей индикаторной рецептуры, что исключает размывание индикационного эффекта.

Чувствительность и наглядность получаемого индикационного эффекта после двух лет хранения аэрозольного устройства не ухудшаются, а распылительное устройство длительное время сохраняет свою работоспособность.



Рис. 19. Аэрозольное устройство для обнаружения агрессивных восстановителей (производных гидразина, НДМГ, аммиака и др. (вид спереди)

Индикационный эффект от производных гидразина, НДМГ, аммиака приведен на рис. 20.

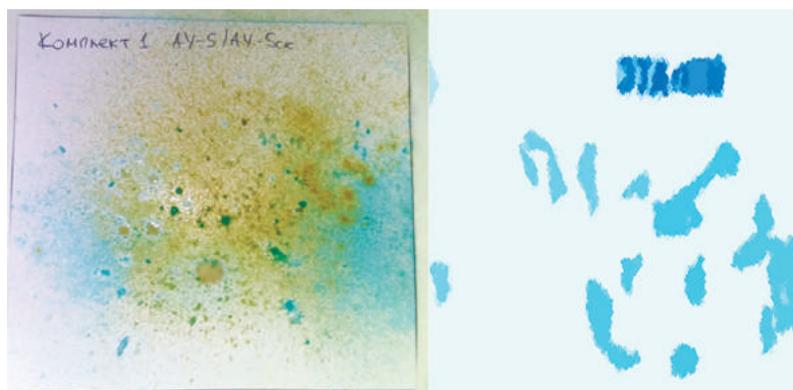


Рис. 20. Характер индикационного эффекта от производных гидразина, НДМГ, аммиака

3.5. Технология экспресс-обнаружения загрязненности поверхностей объектов агрессивными химическими веществами окислительного характера

Экспресс-обнаружение дезинфектантов и агрессивных химических веществ окислительного характера на поверхностях объектов и выявление полноты дезинфекции осуществляют путем распыления индикаторной рецептуры на поверхность объекта с использованием аэрозольного устройства АУ-6, которое выполнено в виде герметичного флакона, заправленного реагентом, и насоса-распылителя. При этом о наличии химического вещества окислительного характера судят по характерному изменению окраски индикатора на поверхности обследуемого объекта в соответствии с эталоном на этикетке аэрозольного устройства.

Способ экспресс-обнаружения веществ окислительного характера позволяет проводить обнаружение на горизонтальных, наклонных и вертикальных поверхностях и основан на нанесении индикаторной рецептуры путем орошения анализируемой поверхности с помощью аэрозольного устройства. В качестве индикаторной рецептуры используется состав, состоящий из следующих компонентов (в массовых процентах): йодид калия – 0,1–0,2; крахмал – 0,1–0,2; кислота уксусная – 1,0–1,5; ацетат натрия трехводный – 2,0–3,0; глицерин – 5,0–10,0; вода дистиллированная – до 100.

С помощью этого способа можно проводить обнаружение полноты дезинфекции поверхностей спустя не менее 0,5 ч и не позднее 2 ч после проведения дезинфекции по появлению индикационного эффекта – синему окрашиванию поверхности объекта.

Недостатком этого способа является то, что в процессе хранения наблюдается выпадение крахмала в виде осадка, что в свою очередь снижает чувствительность обнаружения окислителей, ухудшает наглядность индикационного эффекта и приводит к засорению насоса-распылителя аэрозольного устройства, в результате чего аэрозольное устройство перестает распылять индикаторную рецептуру.

Для устранения недостатков существующего способа вместо обычного водорастворимого крахмала в способе обнаружения окислителей применен водорастворимый крахмал, получаемый методом дополнительной его обработки. Этот метод заключается в том, что осуществляют нагревание и выдерживание крахмала в глицерине при температуре 190 °С в течение около 0,5 часа с периодическим отбором пробы на растворимость в холодной воде до отсутствия выпадения крахмала в осадок.

Результаты сравнительных испытаний известного и предлагаемого способов приведены в табл. 6.

Как следует из данных табл. 6, при применении способа с дополнительно обработанным крахмалом не наблюдается его выпадение из рецептуры в виде осадка в течение не менее двух лет; сохраняются чувствительность, наглядность индикационного эффекта и работоспособность аэрозольного устройства, что существенно улучшает характеристики предлагаемого способа.

Таким образом, предлагаемый способ и состав индикаторной рецептуры обеспечивают экспресс-обнаружение веществ окислительного характера на поверхностях объектов в широком диапазоне рабочих температур. Аэрозольное устройство имеет невысокую стоимость, оптимальные массогабаритные характеристики; обеспечивает малый удельный расход индикаторной рецептуры; при распылении достигаются необходимые дисперсность и однородность факела распыления.

В качестве веществ окислительного характера могут быть обнаружены: монохлорамин, дихлорамин, натриевая соль дихлоризоциануровой кислоты, гипохлорит кальция, гипохлорит натрия, хлорная известь, перекись водорода, азотная, концентрированная серная и надуксусная кислоты.

Результаты сравнительной оценки известного и предлагаемого способов обнаружения окислителей

Способ обнаружения окислителей	Наличие осадка в рецептуре после 1 года хранения	Работоспособность аэрозольного устройства после 1 года хранения	Наличие осадка в рецептуре после 2 лет хранения	Сохранение работоспособности аэрозольного устройства после 2 лет хранения
Способ с крахмалом без дополнительной обработки	Наличие незначительного количества осадка крахмала	Работоспособность сохраняется, но чувствительность к окислителям и наглядность ухудшаются	Наличие значительного количества осадка крахмала	Аэрозольное устройство потеряло работоспособность
Способ с дополнительно обработанным крахмалом	Осадок отсутствует	Работоспособность сохраняется	Осадок отсутствует	Работоспособность, чувствительность и наглядность сохраняются

Аэрозольное устройство для обнаружения агрессивных химических веществ окислительного характера приведено на рис. 21.



Рис. 21. Аэрозольное устройство для обнаружения агрессивных химических веществ окислительного характера (вид спереди и сзади)

Индикационный эффект от агрессивных химических веществ окислительного характера приведен на рис. 22.

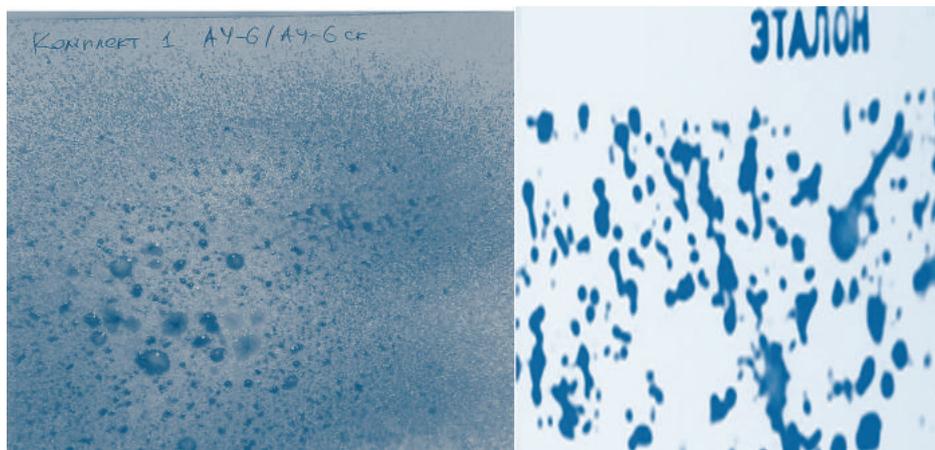


Рис. 22. Характер индикационного эффекта от агрессивных химических веществ окислительного характера

3.6. Технология экспресс-обнаружения загрязненности поверхностей объектов соединениями урана

Способ обнаружения урана и его соединений включает: нанесение на исследуемую поверхность 10–20%-ного водного раствора азотной кислоты; последующее нанесение через 1–2 минуты на исследуемую поверхность 10–20%-ного водного раствора ацетата натрия и насыщенного водного раствора салицилата натрия в водном растворе в соотношении 1:1; выявление через 1–2 минуты после осуществления последней процедуры на исследуемой поверхности, по меньшей мере, одного стабильного во времени оранжево-красного пятна, свидетельствующего о наличии на исследуемой поверхности объекта урана и его соединений. Причем водный раствор азотной кислоты и водный раствор ацетата натрия и салицилата натрия наносят на исследуемую поверхность в расчете: 0,05–0,10 кг/м².

Аналогичный индикационный эффект проявляют соли железа, такие как водный раствор хлорида железа (III). Поэтому при появлении индикационного эффекта на металлических железных поверхностях желательным является повторить обнаружение на рядом находящихся неметаллических поверхностях.

Способ экспресс-обнаружения урана и его соединений имеет следующие характеристики:

- время сохранения индикационного эффекта – не менее 120 минут;
- пороговая чувствительность способа – 0,05 мг/см²;
- диапазон рабочих температур (окружающая среда) 0–50 °С;
- размер обнаруживаемых частиц – не менее 100 мкм;
- минимальный уровень излучения (загрязнения поверхности) – не менее 10 альфа-частиц/(мин•см²).

При осуществлении этого способа имеют место следующие химические реакции обнаружения (индикации) урансодержащих соединений.

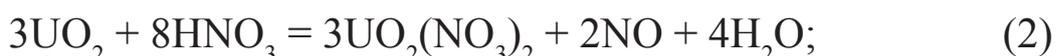
А. Действие азотной кислоты

На исследуемой поверхности происходит:

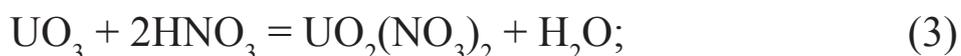
- взаимодействие урана с азотной кислотой по следующей схеме:



- взаимодействие двуокиси урана с азотной кислотой по следующей схеме:



- взаимодействие трехокиси урана с азотной кислотой по следующей схеме:



- взаимодействие смешанного окисла U_3O_8 урана с азотной кислотой по следующей схеме:



Соли уранила стабильно существуют в водных растворах и имеют наибольшее значение для анализа урана и его соединений.

Б. Действие салицилата натрия $C_6H_4 \cdot OH \cdot COONa$ на уранил-ион (UO_2^{2+})

При взаимодействии уранил-иона с салицилатом натрия в присутствии ацетата натрия как щелочного буфера образуется комплекс красно-оранжевого цвета ($\lambda = 540$ нм).

Преимущества предложенного способа перед другими способами заключаются в следующем:

- большая площадь контроля;
- относительно быстрое обнаружение урана и его соединений;
- отсутствие дополнительного оборудования и вспомогательных операций по подготовке реактивов;
- идентификация урана на фоне плутония;

- экспресс-обнаружение урана и его соединений на вертикальных, наклонных и горизонтальных поверхностях объектов.

Для предложенного способа характерно следующее:

- рецептуры приготавливаются на основе водных растворов, являются нетоксичными и негорючими, а в случае попадания на открытые участки кожи достаточно смыть их водой с мылом;

- не требуются контакт оператора с обследуемой поверхностью объекта и отбор проб с последующей их обработкой и анализом в специализированной лаборатории;

- обеспечивается контрастный и стабильный во времени индикационный эффект;

- имеется возможность использования в составе робототехнических средств.

В первом варианте для неокрашенных поверхностей обнаружение урана и его соединений выполняют непосредственно на поверхности контролируемого объекта.

Во втором варианте обнаружение урана и его соединений выполняют на поверхности вспомогательного объекта, которую перед нанесением на нее водного раствора азотной кислоты приводят в соприкосновение с поверхностью контролируемого объекта и (или) перемещают с касанием вдоль его поверхности. Указанный вариант осуществления способа используется в том случае, если на контролируемой поверхности объекта имеются окислы железа или если цвет исследуемой поверхности совпадает с цветом индикационного эффекта.

В качестве вспомогательного объекта используют обеззоленный фильтр.

Аэрозольные устройства для перевода нерастворимых соединений урана в растворимую форму (АУ-9/1) и для обнаружения растворимых форм соединений урана (АУ-9/2) приведены на рис. 23 и 24. Характер индикационного эффекта от соединений урана приведен на рис. 25.

3.7. Утилизация реактивов с истекшим сроком годности

Утилизация растворов кислот: отработанные растворы кислот собирают в отдельные сосуды и сливают в канализацию с одновременной подачей избытка воды только после их нейтрализации щелочами, например: гидроксидом натрия или гидроксидом калия.



Рис. 23. Аэрозольное устройство для перевода нерастворимых соединений урана в растворимую форму (АУ-9/1)



Рис. 24. Аэрозольное устройство АУ-9/2 для обнаружения соединений урана (вид спереди и сзади)

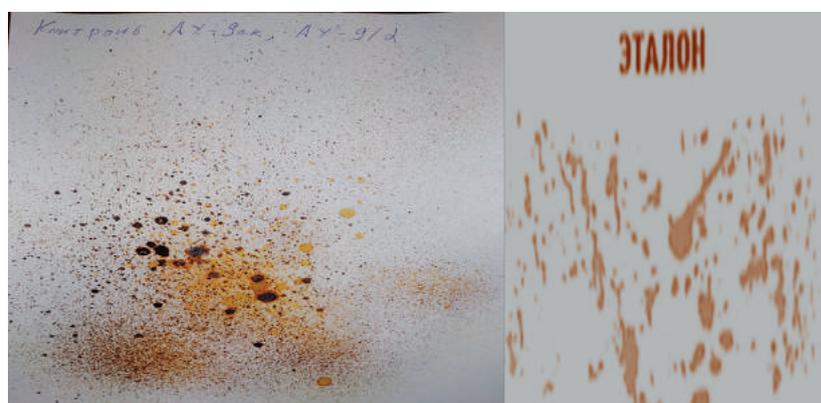


Рис. 25. Характер индикационного эффекта от соединений урана

Утилизация отработанных растворов щелочей и аммиака: отработанные растворы щелочей и аммиака собирают в отдельные сосуды и сливают в канализацию только после их нейтрализации. Щелочные растворы, которые не содержат тяжелых металлов или других опасных веществ нейтрализуют кислотой, например – соляной.

Растворы, содержащие тяжелые металлы, например – уран, можно осадить из водных растворов в виде сульфидов или карбонатов. Осадки отфильтровывают, сушат и утилизируют как твердые отходы.

Утилизация солей кобальта (хлорида, нитрата, сульфата, ацетата) производится путем слива в канализацию с одновременной подачей большего количества воды.

3.8. Способ экспресс-обнаружения загрязненности поверхностей объектов неизвестным агрессивным химическим веществом

В случае если тип загрязнения поверхности известен, то для обнаружения установленной группы АХВ используют одно соответствующее аэрозольное устройство. Если же тип загрязнения неизвестен, то проводят обнаружение последовательно всеми четырьмя аэрозольными устройствами на различных участках обследуемой поверхности. Заключение о характере загрязнения делают в соответствии с рекомендациями, приведенными в табл. 7.

Таблица 7

Возможный характер загрязнения поверхности в зависимости от показаний АУ

№ п/п	Наличие характерного индикационного характера				Возможный тип загрязнителя
	АУ-2	АУ-3	АУ-5	АУ-6	
1	2	3	4	5	6
1	-	-	-	-	Загрязнение отсутствует
2	+	-	-	-	Присутствуют продукты щелочного характера, за исключением аммиака и гидроксила аммония
3	-	+	-	-	Присутствуют продукты кислого характера (соляная, уксусная, фосфорная, разбавленная серная кислоты и др.)

1	2	3	4	5	6
4	-	-	+	-	Присутствуют производные гидразина (диметилгидразин, метилгидразин и др.)
5	-	-	-	+	Присутствуют продукты окислительного характера (хлор, бром, пероксид водорода, гипохлорит натрия и др.)
6	+	-	+	-	Присутствует аммиак или гидроксил аммония (большая концентрация определяется по запаху)
7	-	+	-	+	Возможно наличие азотной или концентрированной серной кислоты

Глава 4.

Портативная химическая экспресс-лаборатория модульного типа ПХЛ МТ

4.1. Устройство, состав и возможности портативной химической экспресс лаборатории модульного типа ПХЛ МТ

В числе актуальных задач по обеспечению мероприятий по РХБ защите населения является формирование приборного парка химико-аналитических лабораторий, основанных на новых технологических решениях, обеспечивающих проведение групповой индикации опасных химических веществ с последующей идентификацией обнаруживаемых веществ с помощью компьютерной обработки результатов.

Для оперативного и качественного выполнения стоящих задач подразделения РХБ защиты МЧС России должны иметь, в том числе, соответствующие средства экспресс-обнаружения загрязненности поверхностей объектов агрессивными химическими веществами, а также средства контроля качества обеззараживания объектов.

Одним из главных направлений этой работы является обеззараживание возникших очагов загрязнения путем проведения дегазации, дезактивации и дезинфекции (уничтожения в окружающей среде возбудителей инфекционных болезней). Обеззараживание можно осуществить физическими, химическими, биологическими и комбинированными способами.

Согласно существующим требованиям дезинфекция поверхностей проводится с учетом установленных норм расхода рецептуры на единицу площади в зависимости от вида заражения: спорообразующими или неспорообразующими формами микроорганизмов. Невыполнение требований по нормам расхода дезинфектантов может привести к наличию остаточной обсемененности объектов, что может служить источником инфицирования.

Поэтому о полноте дезинфекции предлагается судить по наличию остаточного количества дезинфицирующих веществ на поверхностях объектов.

В связи с этим разработка средств экспресс-контроля наличия дезинфицирующих веществ на поверхностях объектов несомненно представляет собой актуальную задачу.

Основными источниками ЧС химического характера являются опасные техногенные происшествия, которые могут возникнуть на химически опасных объектах, а также при транспортировке агрессивных химических веществ.

Химически опасные объекты, а также объекты хранения запасов ракетного топлива, наличие более тысячи могильников с захоронением опасных химических отходов, масштабная транспортировка опасных химических веществ автомобильным, железнодорожным и трубопроводным транспортом, а также угроза террористических проявлений с применением опасных химических веществ создают существенную угрозу безопасности. Одним из мероприятий, способствующих снижению риска проявления опасностей, является своевременное выявление нарушений в технологии хранения и перевозки опасных грузов, неисправностей в техническом состоянии подвижного состава и состоянии потенциально опасных объектов, примыкающих к транспортной инфраструктуре.

Другая немаловажная задача связана с определением масштаба загрязнения окружающей среды от эмиссии загрязняющих природную среду агрессивных химических веществ с подвижного состава, железнодорожного полотна и от аварий, сопровождающихся выбросами опасных и загрязняющих веществ в окружающую среду, а также степени загрязненности объектов и отдельных участков территорий до и после проведения специальной обработки.

В современной аналитической практике для экспресс-обнаружения выбираются методы, позволяющие при минимально необходимом количестве оборудования и материалов, минимальном количестве и сложности процедур обеспечить достаточную быстроту появления и контрастность возникающего индикационного эффекта в отсутствие фонового сигнала [26–30].

В настоящее время для экспресс-обнаружения агрессивных химических веществ разработаны аэрозольные устройства со специфичными индикаторными рецептурами, описанные выше [31–33].

Применительно к условиям ЧС требования к средствам обнаружения необходимо расширить. Метод должен обеспечивать обнаружение веществ на покрытиях различных типов и цветов, необработанных металлических поверхностях, в том числе в присутствии продуктов коррозии и загрязнений. Кроме того, должны обеспечиваться проведение обнаружения в гетерогенных условиях на поверхности раздела фаз в случае работы с твердыми или газообразными дезинфицирующими веществами и широкий диапазон рабочих температур.

Наряду с аналитическими требованиями большое значение имеют эксплуатационно-технические требования, рассчитанные на применение средств обнаружения работниками без специальной подготовки в области химического анализа. Поэтому создаваемые средства экспресс-обнаружения агрессивных химических веществ, а также дезинфицирующих веществ окислительного характера для работы в условиях ЧС должны быть простыми, удобными в эксплуатации, позволять за короткое время проводить обнаружение без какой-либо специальной подготовки, а массогабаритные характеристики средств должны быть минимальными и применимыми в полевых условиях.

Такие средства должны быть изготовлены из материалов, устойчивых к влаге, органическим растворителям, топливам, тепловым воздействиям, коррозии, сохранять свою эффективность при эксплуатации в агрессивных условиях, при хранении и транспортировании.

Для обеспечения низкой стоимости изделия и себестоимости проведения одного анализа материалы и вещества, используемые при их изготовлении, должны быть доступны на отечественном рынке (желательно отечественного производства), не токсичны для человека и окружающей среды. Технология изготовления должна быть приспособлена к производству с использованием серийно выпускаемой оснастки и оборудования [34].

Исходя из этого, были сформированы основные требования к портативной химической экспресс-лаборатории модульного типа (ПХЛ МТ), приведенные в табл. 8.

Основные требования к ПХЛ МТ

№ п/п	Требование	Необходимое значение параметра
1	Необходимость непосредственного контакта оператора с обследуемой поверхностью	Нет
2	Обнаружение твердых, жидких и газообразных дезинфицирующих веществ окислительного характера	Да
3	Контроль площади загрязнения	Да
4	Возможность работы с вертикальными и наклонными поверхностями из различных материалов	Да
5	Удобные антропометрические параметры	Да
6	Герметичность и пылебрызгозащищенность конструкции	Да
7	Применение нетоксичных веществ при изготовлении	Да
8	Применение коррозионно-активных веществ при изготовлении	Нет
9	Доступность компонентов, материалов и устройств на отечественном рынке	Да
10	Возможность быстрой подготовки устройства к работе	Да
11	Необходимость предварительного отбора и подготовки проб	Нет
12	Возможность дальнейшего лабораторного исследования объекта	Да
13	Сохранение свойств в присутствии загрязнений (топливо, масла, продукты коррозии)	Да
14	Возможность обнаружения окислителей при их разбавлении атмосферными осадками, поверхностными водами	Да
15	Возможность многократного использования одного устройства	Да
16	Срок хранения при температуре от 0 до 25°C, лет, не менее	2
17	Диапазон рабочих температур, °C	От 0 ... до +50
18	Время проявления индикационного эффекта, мин, не более	1

В настоящее время осуществлена разработка опытного образца ПХЛ МТ в составе двух модулей. Модуль № 1, содержащий четыре аэрозольных устройства (АУ), служит для обнаружения агрессивных химических веществ щелочного и кислого характера, окислителей, несимметричного диметилгидразина и аммиака.

В основу разработки были положены индикаторные рецептуры, описанные выше [35–37].

Этот модуль обеспечивает обнаружение практически всех типов агрессивных химических веществ, которые могут привести к получению химических ожогов, вызвать поражение органов дыхания, возгорание и взрыв при проливе (просьпы) в случаях аварий и других нештатных ситуаций на химически опасных объектах. Для размещения и транспортировки АУ была предложена специальная конструкция кейса.

Основные характеристики типового аэрозольного устройства:

- время обнаружения – не более 1 минуты;
- кратность использования с одной зарядкой – не менее 100 раз;
- масса АУ – около 150 г;
- гарантийный срок хранения – 2 года;
- интервал рабочих температур: от 0 °С до 50 °С.

Обнаружение загрязненности поверхностей объектов с помощью аэрозольных устройств осуществляется следующим образом:

- с расстояния 10–15 см от анализируемой поверхности проводят кратковременное распыление на нее индикаторной рецептуры из аэрозольного устройства путем многократного нажатия на насос-распылитель;

- при наличии на поверхности объекта капель и аэрозолей агрессивных химических веществ появляется характерная окраска в соответствии с эталоном, нанесенным на каждое аэрозольное устройство.

Преимущества аэрозольного устройства:

- малый удельный расход индикаторной рецептуры;
- обеспечение требуемого порога чувствительности обнаружения агрессивных химических веществ с низкой летучестью;
- обеспечение обнаружения агрессивных химических веществ, впитавшихся в лакокрасочные покрытия;
- отсутствие необходимости в непосредственном контакте оператора с анализируемой поверхностью;
- возможность использования для оценки качества обеззараживания поверхностей объектов.

Преимущества комплекта аэрозольных устройств, размещенных в кейсе, состоят в следующем:

- удобство переноски и использования комплекта;
- оптимальные массогабаритные характеристики;
- обеспечивает оперативное выявление агрессивных химических веществ на больших площадях поверхностей различных объектов.

Для обнаружения соединений урана служит модуль № 2 в составе четырёх аэрозольных устройств.

С целью проверки годности аэрозольных устройств и обучения операторов работе с аэрозольными устройствами разработан модуль № 3 в составе пяти аэрозольных устройств с имитационными рецептурами для всех аэрозольных устройств.

Все три модуля с аэрозольными устройствами входят в состав портативной химической экспресс-лаборатории модульного типа (ПХЛ МТ).

ПХЛ МТ предназначена для экспресс-обнаружения наличия агрессивных химических веществ на поверхностях различных объектов.

Внешний вид типового кейса (модуля) приведен на рис. 26.



Рис. 26. Типовой модуль ПХЛ МТ в закрытом положении

Модуль № 1 предназначен для обнаружения на поверхностях объектов в виде выседающего аэрозоля и в капельно-жидком состоянии агрессивных химических веществ и состоит из 4-х типов аэрозольных устройств (АУ), в том числе:

- АУ-2 – для обнаружения веществ щелочного характера;
- АУ-3 – для обнаружения веществ кислого характера;
- АУ-5 – для обнаружения восстановителей: аммиака, несимметричного диметилгидразина (НДМГ);
- АУ-6 – для обнаружения веществ окислительного характера и осуществления контроля качества дегазации и дезинфекции поверхностей

объектов при использовании дегазирующих и дезинфицирующих рецептур окислительного характера.

Модуль № 1 с индикаторными рецептурами на агрессивные химические вещества в раскрытом положении приведен на рис. 27.



Рис. 27. Модуль № 1 в раскрытом положении

Кроме аэрозольных устройств в состав модуля входят запасные насосы-распылители, которые используются при выходе из строя основных насосов-распылителей, вставленных в аэрозольные устройства.

В состав модуля № 1 входят также фильтры, которые могут использоваться для отбора проб в том случае, если окрашенные поверхности затрудняют обнаружение наличия индикационного эффекта.

Модуль № 2 с индикаторными рецептурами для обнаружения соединений урана в раскрытом положении приведен на рис. 28.

В его состав входят два аэрозольных устройства АУ-9/1, служащие для перевода соединений урана в растворимую форму, и два аэрозольных устройства АУ-9/2, служащие для обнаружения растворимых форм соединений урана. Кроме аэрозольных устройств в состав модуля входят также запасные насосы-распылители, которые используются при выходе из строя основных насосов-распылителей, вставленных в аэрозольные устройства, а также фильтры для отбора проб в случаях сильноокрашенных поверхностей.



Рис. 28. Модуль № 2 в раскрытом положении

Основные тактико-технические характеристики ПХЛ МТ:

- рабочий интервал температур: от 0 до 50 °С;
- появление наглядного индикационного эффекта в соответствии с эталоном обеспечивается за время не более 1 минуты;
- срок хранения ПХЛ МТ с индикаторными рецептурами составляет не менее двух лет.

Особенности: ПХЛ МТ одной зарядкой рецептур обеспечивает многократное экспрессное проведение не менее 100 обнаружений загрязненности поверхностей различных объектов без непосредственного контакта с поверхностью, что позволяет оперативно принять решение на проведение необходимой специальной обработки поверхностей объектов.

Особую актуальность приобретает разработка ПХЛ МТ для ее использования в осенне-зимних и весенне-зимних условиях. В условиях отрицательных температур обнаружение загрязненности поверхностей объектов с помощью индикаторных трубок по паровой составляющей представляется затруднительным ввиду ограниченной летучести химических веществ. В этом случае необходимо проводить отбор проб с последующим их анализом в стационарных лабораториях, что значительно увеличивает время получения результатов анализа. Аэрозольные устройства, используемые в ПХЛ МТ, ввиду их небольших габаритов и применения нетоксичных рецептур перед проведением обнаружения

могут размещаться во внутренних карманах обмундирования, вследствие чего они будут находиться в состоянии постоянной готовности к работе. В условиях более низких отрицательных температур с помощью входящих в состав ПХЛ МТ аэрозольных фильтров может быть проведен отбор проб протиранием обследуемой поверхности фильтром с последующим обнаружением загрязненности в обогреваемых палатках и других помещениях.

4.2. Комплект аэрозольных устройств с имитационными рецептурами для обучения операторов работе с ПХЛ МТ и проверки ее работоспособности

С целью проверки годности аэрозольных устройств и обучения операторов работе с аэрозольными устройствами разработан модуль № 3 в составе пяти аэрозольных устройств с имитационными рецептурами для всех аэрозольных устройств.

Модуль № 3 содержит имитационные рецептуры в составе пяти типов АУ, в том числе:

- на вещества щелочного характера АУ-2ск (рис. 29);
- на вещества кислого характера АУ-3ск (рис. 30);
- на восстановители и НДМГ АУ-5ск (рис. 31);
- на вещества окислительного характера АУ-6ск (рис. 32);
- на соединения урана АУ-9ск (рис. 33).

В качестве имитатора веществ щелочного характера использован 10%-ный водный раствор гидроксида натрия.

В качестве имитатора веществ кислого характера использован 10%-ный водный раствор серной кислоты.

В качестве имитатора веществ восстановительного характера использован 10%-ный водный раствор аммиака.

В качестве имитатора веществ окислительного характера использован 3%-ный водный раствор перекиси водорода.

Модуль № 3 с имитационными рецептурами в раскрытом положении приведен на рис. 34.



Рис. 29. АУ-2ск с имитационной рецептурой на вещества щелочного характера



Рис. 30. АУ-3ск с имитационной рецептурой на вещества кислого характера



Рис. 31. АУ-5ск с имитационной рецептурой на производные гидразина и аммиак



Рис. 32. АУ-6ск с имитационной рецептурой на вещества окислительного характера



Рис. 33. АУ-9ск с имитационной рецептурой на урансодержащие соединения



Рис. 34. Модуль № 3 с имитационными рецептурами в раскрытом положении

Глава 5.

Указание по мерам безопасности

Эксплуатация и обслуживание ПХЛ МТ с комплектом аэрозольных устройств разрешается лицам, обладающим навыками работы с химическими реактивами и прошедшим инструктаж. В случае выхода из строя насоса-распылителя аэрозольного устройства необходимо заменить его на новый из комплектов модулей №№ 1–3.

Распылять индикаторные и имитационные рецептуры на обследуемые поверхности рекомендуется по направлению ветра.

При обследовании загрязнения поверхностей объектов радиоактивными, едкими и агрессивными веществами необходимо использовать: спецодежду (общевойсковой защитный комплект, халат, фартук); средства индивидуальной защиты органов дыхания (противогаз, респиратор); средства защиты глаз и рук. Для защиты рук от действия кислот, щелочей, солей, растворителей применяют резиновые перчатки. В случае попадания агрессивных веществ на кожу пораженное место следует промыть в течение 10–15 минут быстротекущей струей воды.

При попадании кислот необходимо дополнительно нейтрализовать кожу 2–5%-ным раствором кальцинированной (карбонат натрия) или пищевой (гидрокарбонат натрия) соды, а при попадании щелочи обработать руки и кожу 2–5%-ным раствором лимонной или щавелевой кислоты [49].

После проведения работ на радиационно и химически загрязненной территории необходимо: принятие душа; замена обмундирования; проведение дезактивации и дегазации загрязненного обмундирования.

Утилизация растворов реактивов из аэрозольных устройств с истекшими сроками годности осуществляется после снятия насоса-распылителя, нейтрализации реактива и слива его в канализацию при разбавлении струей воды в соответствии с рекомендациями, изложенными в разделе 3.7.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Ульяновский Н.В.* Определение 1,1-диметилгидразина и продуктов его трансформации методами tandemной хромато-масс-спектрометрии: дисс. к.х.н. Архангельск, 2015. 148 с.
2. *Hussain S.M., Frazier J.M.* Cellular toxicity of hydrazine in primary rat hepatocytes // *Toxicological Sciences*. 2002. V. 69. P. 424–432.
3. *Smolenkov A.D., Shpigun O.A.* Direct liquid chromatographic determination of hydrazines: A review // *Talanta*. 2012. V. 102. P. 93–100.
4. *Edwards T.* Liquid Fuels and Propellants for Aerospace Propulsion: 1903–2003 // *Journal of propulsion and power*. 2003. V. 19. N. 6. P. 1089–1107.
5. *Адушкин В.В., Козлов С.И., Петров А.В.* Экологические проблемы и риски воздействий ракетно-космической техники на окружающую природную среду: Справочное пособие. М.: Анкил, 2000. 640 с.
6. *Huzel D.K., Huang D.H.* Modern Engineering for Design of Liquid-Propellant Rocket Engines. American Institute of Aeronautics & Astronautics. 1992. 425 p.
7. *Sutton G. P.* History of Liquid Propellant Rocket Engines. American Institute of Aeronautics and Astronautics. 2006. 911 p.
8. *Yang V.* Progress In Astronautics and Aeronautics: Liquid Rocket Thrust Chambers. American Institute of Aeronautics & Astronautics. 2004. 500 p.
9. ФЦП Программа «Развитие российских космодромов на 2006–2015 годы». Распоряжение Правительства РФ от 28 ноября 2005 г. № 2049-р.
10. Тимофеев А.Ф., Ягуд Б.Ю. Техника безопасности при хранении, транспортировании и применении хлора. М., 1996. 519 с.
11. *Шаталов А.А., Ягуд Б.Ю., Перевощиков В.Я., Сегаль М.Д., Кениг М.* Безопасность при обращении с хлором / Под. ред. А.А. Шаталова. М.: Институт риска и безопасности, 2000. 328 с.
12. Правила безопасности при производстве, хранении, транспортировании и применении хлора (ПБ 09-594-03). Серия 09. Выпуск 5 / Колл. авт. М.: ГУП «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2003.
13. *Ксензенко В.И., Стасиневич Д.С.* Химия и технология брома, йода и их соединений. М.: Химия, 1995.

14. Правила безопасности для производств перекиси водорода, брома, йода, аминов, фтористого водорода, фреонов и фторполимеров. М.: Недра, 1973.
15. Вредные вещества в промышленности: Справочник для химиков, инженеров и врачей. Изд. 7-е, пер. и доп. В 3 т. Т. III. Неорганические и элементарноорганические соединения / Под ред. засл. деят. науки проф. Н.В. Лазарева и докт. биол. наук проф. И.Д. Гадаскиной. Л.: Химия, 1977.
16. Специализированные цистерны для перевозки опасных грузов: Справочное пособие. М.: Издательство стандартов, 1993.
17. Химия и технология перекиси водорода / Под ред. Г.А. Серышева. Л.: Химия, 1984.
18. Правила безопасности для производств перекиси водорода, йода, брома, аминов, фтористого водорода, фреонов и фтормономеров. М.: Недра, 1977.
19. Материалы «круглого стола» «Методы и средства химического контроля степени зараженности поверхностей: технологии и пути развития», проведенного 8 сентября 2016 года Управлением Начальника войск РХБ защиты Вооруженных Сил Российской Федерации в рамках Международного военно-технического форума «Армия-2016», 2016.
20. *Позвонков А.А.* Контроль зараженности подстилающих поверхностей стойкими токсичными химикатами с использованием автоматизированного комплекса химического контроля: Материалы доклада на «круглом столе» в рамках научно-деловой программы Международного военно-технического форума «Армия-2016», 08.09.2016. Конгрессно-выставочный центр Военно-патриотического парка культуры и отдыха Вооруженных Сил Российской Федерации «Патриот», Алабино.
21. *Лебедев А.В.* Возможности хромато-спектрометрии ионной подвижности в химическом контроле зараженности поверхности, ЗАО «Спецприбор»: Материалы доклада на «круглом столе» в рамках научно-деловой программы Международного военно-технического форума «Армия-2016». 08.09.2016. Конгрессно-выставочный центр Военно-патриотического парка культуры и отдыха Вооруженных Сил Российской Федерации «Патриот», Алабино.
22. Патент на изобретение № 2351927 «Индикаторный состав для обнаружения токсичного химиката VX (Вэ-икс)» / В.А. Пашинин, К.В. Векслер, приоритет от 13.11.2007, зарегистрирован в Госреестре изобретений РФ 10.04.2009.
23. Патент на изобретение № 2369444 «Аэрозольное устройство и индикаторный состав для экспресс-обнаружения взрывчатых веществ» / А.А. Баринин, А.А. Дружинин, В.Г. Назаров, Б.Л. Недорчук, В.А. Пашинин,

- А.А. Семин, В.В. Севастьянов, приоритет от 21.03.2008, зарегистрирован в Госреестре изобретений РФ 10.10.2009.
24. Патент на изобретение № 2117935 «Способ определения несимметричного диметилгидразина» / В.А. Пашинин, П.Н. Косырев, Д.А. Вайсфельд, П.И. Горупай, К.Г. Шеин, В.В. Усин, С.А. Степанов, приоритет изобретения 09.12.1997, зарегистрирован в Госреестре изобретений 20.08.1998.
 25. Патент на изобретение № 2436082 «Способ и состав индикаторной рецептуры для экспресс-обнаружения дезинфектантов с действующим веществом окислительного характера на поверхностях объектов и выявления полноты дезинфекции» / Е.Н. Храмов, В.В. Зоря, В.А. Пашинин, А.А. Семин, М.Н. Левчук, М.В. Фадеев, приоритет 16.11.2009, зарегистрирован в Госреестре изобретений РФ 10.12.2011.
 26. Патент на изобретение № 2215284 «Способ обнаружения веществ на твердых поверхностях» / В.А. Пашинин, А.А. Семин, М.Н. Левчук, Н.А. Калинин, приоритет от 09.01.2002, зарегистрирован в Госреестре изобретений РФ 20.10.2003.
 27. Патент на изобретение № 2367945 «Способ экспресс-обнаружения урана и его соединений» / А.М. Агапов, Г.Г. Брагин, В.К. Вуколов, А.А. Земсков, С.А. Немков, В.А. Пашинин, И.А. Пушкин, А.А. Семин, Г.Ф. Ярославцев, приоритет от 06.03.2008, зарегистрирован в Госреестре изобретений РФ 20.09.2009.
 28. Патент на изобретение № 2560713 «Комбинированный состав для обеззараживания поверхностей и экспресс-обнаружения взрывчатых веществ после совершения террористических актов» / В.А. Пашинин, А.Ю. Тараканов. Заявитель и патентообладатель – ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) (RU), дата гос. регистрации – 22.07.2015.
 29. *Babenko, S.P., Badyin, A.V., Ovchinnikov, A.V.* On the possibility of the rapid assistance to people after a single exposure to uranium hexafluoride // *Gigienai Sanitariya* 97(3), 2018, pp. 213–219.
 30. *Babenko, S.P., Badyin, A.V., Ovchinnikov, A.V.* Estimation of the permissible time for human presence in the zone of an emergency release of uranium hexafluoride with inhalation // *Moscow University Physics Bulletin* 71 (5), 2016, pp. 514–519.
 31. *Babenko S.P.* Model of the effect of uranium hexafluoride on the human body under industrial conditions // *Atomic Energy* 103 (2), 2007, pp. 611–614.
 32. *L'Annunziata M.F.* Радиоактивность: введение и история, от Кванта до кварков: Второе издание (Книга). 2016. С. 1–902.
 33. *L'Annunziata M.F.* Radioactivity: Introduction and History, From the Quantum to Quarks: Second Edition (Book). 2016. Pp. 1–902.

34. Экспресс-обнаружение соединений урана и аварийно химически опасных веществ на поверхностях различных объектов / В.А. Пашинин, П.Н. Косырев, Н.Н. Посохов, А.А. Семин // Технологии гражданской безопасности. 2014. № 3 (41). С.74–78.
35. Совершенствование комплекта аэрозольных устройств для экспресс-обнаружения соединений урана и аварийно-химически опасных веществ на поверхностях различных объектов / В.А. Пашинин, П.Н. Косырев, Н.Н. Посохов, А.А. Семин // Технологии гражданской безопасности. 2015. Т. 12, № 1 (43). С.36–40.
36. Перспективные методы и средства экспресс-контроля степени зараженности поверхностей: технологии и пути развития / В.А. Пашинин, П.Н. Косырев, Н.Н. Посохов, И.А. Пушкин, Н.П. Валуев // Технологии гражданской безопасности. 2016. Т. 13. № 4 (50). С. 60–63.
37. *Золотов Ю.А.* Химические тест-методы анализа / Ю.А. Золотов, В.М. Иванов, В.Г. Амелин. М.: Едиториал УРСС, 2002.
38. *Отто М.* Современные методы аналитической химии / Пер. с нем. под ред. А.В. Гармаша. М.: Техносфера, 2008.
39. Аналитическая химия. Химические методы анализа / Под ред. О.М. Петрухина. М.: Химия, 1992.
40. Аналитическая химия. Практическое руководство: Учеб. пособ. для вузов / В.И. Фадеева, Т.Н. Шеховцова, В.М. Иванов и др.; под ред. Ю.А. Золотова. М.: Высш. шк., 2001.
41. Индикаторы. Т. 1 / Под ред. Э. Бишопа; пер. с англ. М.: Мир, 1976.
42. *Сёмин А.А., Пашинин В.А., Назаров В.Г.* Средства экспресс-обнаружения токсичных химикатов и взрывчатых веществ на поверхностях объектов / Второй Московский научный форум: Сборник докладов, Москва, 2005 г. М.: ОАО «МКНТ», 2005.
43. *Пашинин В.А., Сёмин А.А., Фадеев М.В.* Аналитическая система оперативного выявления опасных химических веществ на объектах железнодорожного транспорта / Наука и техника транспорта. 2011. №1. С. 8–11.
44. *Пашинин В.А., Мчедлидзе М.Т., Фадеев М.В.* Экспресс-поиск взрывчатых веществ / Мир транспорта. 2009. № 3. С.130–133.
45. *Сёмин А.А., Пашинин В.А., Лукьяненко Г.П.* Малозатратные средства экспресс-обнаружения СДЯВ / Научная конференция «Методы оценки экологической обстановки на военных объектах»: Тезисы докладов, Москва, ноябрь 2004 г. М.: ЭЦ МО РФ, 2004.

46. *Фадеев М.В.* Разработка средства экспресс-обнаружения веществ окислительного характера на поверхностях объектов железнодорожного транспорта: дисс. канд. техн. наук. М, 2012.
47. *Пашинин В.А., Косырев П.Н., Посохов Н.Н., Сёмин А.А.* Экспресс-обнаружение соединений урана и аварийно химически опасных веществ на поверхностях различных объектов // Технологии гражданской безопасности. 2014. Т. 11. № 3 (41). С. 74–78.
48. *Пашинин В.А., Сёмин А.А., Татаринов В.В.* Экспресс-обнаружение радиационного, химического и биологического загрязнения // Вестник Академии военных наук. 2013, № 2. С. 132–134.
49. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (Общие положения) ПНД Ф 12.13.1-03 (утв. ФГУ «Центр экологического контроля и анализа» 04.09.2003).

Приложение А

Комплект аэрозольных устройств для экспресс-обнаружения загрязненности поверхностей объектов агрессивными химическими веществами

Инструкция по пользованию

1. Описание и работа изделия

1.1. Назначение изделия

Комплект аэрозольных устройств для экспресс-обнаружения загрязненности поверхностей объектов агрессивными химическими веществами (далее – комплект) предназначен для экспресс-обнаружения различных агрессивных химических веществ на горизонтальных, наклонных и вертикальных поверхностях.

1.2. Технические характеристики

Комплект обладает следующими характеристиками:

- обеспечивает обнаружение соединений кислого, щелочного характера, окислителей, аммиака и несимметричного диметилгидразина с надежностью 0,9 любым оператором как в стационарных лабораторных условиях, так и в производственных, полевых и других экстремальных условиях;
- объем рецептуры, находящейся в одном АУ, л – 0,12;
- массовый расход индикаторных рецептур, мг/см² – 4,8;
- время подготовки к работе, мин – не более 2;
- время сохранения индикационного эффекта, мин – не менее 120;
- время обнаружения опасных химических веществ, мин – не более 4;
- диапазон рабочих температур, °С: 0...50;
- масса АУ, кг – не более 0,15;
- габаритные размеры АУ, не более, мм: Ø47×150.

1.3. Состав изделия

Изделие состоит из четырех однотипных аэрозольных устройств, заправленных разными индикаторными рецептурами:

- АУ-2 – для обнаружения проливов (просыпей) едких щелочей и других веществ щелочного характера;
- АУ-3 – для обнаружения проливов сильных кислот (серной, азотной, соляной и других кислот);
- АУ-5 – для обнаружения проливов несимметричного диметилгидразина и аммиака;
- АУ-6 – для обнаружения проливов (просыпей) сильных окислителей (концентрированных азотной, серной кислот, пероксида водорода) и обнаружения дезинфицирующих средств окислительного характера на поверхностях объектов после проведения дезинфекции.

Каждое аэрозольное устройство включает в себя:

- насос-распылитель, ед. – 1;
- флакон, шт. – 1;
- индикаторную рецептуру (ИР), л – 0,12;
- этикетку, шт. – 1;
- эксплуатационную документацию, к-т – 1;
- пластиковую упаковку, шт. – 1.

Примечание. Состав комплекта может изменяться в соответствии с требованиями потребителя.

1.4. Устройство и работа

АУ представляет собой пластмассовый флакон с индикаторной рецептурой и насос-распылитель.

Принцип работы комплекта заключается в следующем: с помощью аэрозольных устройств АУ-2, АУ-3, АУ-5, АУ-6 проводят обнаружение проливов (просыпей) агрессивных химических веществ: едких щелочей, кислот, аммиака и несимметричного диметилгидразина, окислителей.

1.5. Маркировка

Маркировка нанесена на боковой поверхности пластиковой тары и содержит:

- условное обозначение предприятия-изготовителя;
- наименование и обозначение изделия;
- номер партии;
- номер кейса;
- дату изготовления;
- срок годности;
- массу брутто;
- манипуляционные знаки: «Беречь от влаги», «Беречь от нагрева» и «Верх».

2. Использование по назначению

2.1. Эксплуатационные ограничения:

- при попадании на кожу индикаторных рецептур кислого характера смыть их большим количеством воды и затем промыть слабым раствором (1%-ным) питьевой соды;
- при попадании индикаторных рецептур в глаза необходимо немедленно промыть их большим количеством воды, затем слабым раствором (1%-ным) питьевой соды;
- не использовать комплект после истечения гарантийного срока хранения.

2.2. Использование изделия

2.2.1. Для обнаружения агрессивных химических веществ на различных поверхностях необходимо:

- снять колпачок с насоса-распылителя, поднести аэрозольное устройство на расстояние 10-20 см от контролируемой поверхности с учетом направления ветра;
- многократно нажимая на кнопку насоса-распылителя, равномерно распылить индикаторную рецептуру на обследуемую поверхность;
- наблюдать за появлением на контролируемой поверхности индикационного эффекта.

Появление окраски в соответствии с эталоном, нанесенным на аэрозольное устройство, свидетельствует о наличии на поверхности агрессивных химических веществ.

В случаях, когда индикационный эффект не нагляден, а также при совпадении цвета поверхности объекта с цветом индикационного эффекта, рекомендуется взять пробу с поверхности на обеззоленный фильтр или другую подложку, который затем обработать аэрозольным устройством.

2.2.2. С помощью комплекта также возможно обнаружение аэрозоля агрессивных химических веществ, отобранных на фильтры типа АФА.

3. Техническое обслуживание

При возникновении проблем с распылением рецептур (неоднородность факела, при нажатии на кнопку не происходит распыления рецептуры и т.д.) необходимо заменить насос-распылитель.

4. Хранение

Изделие хранится в отапливаемых и неотапливаемых помещениях при температуре воздуха от 0 °С до 50 °С. Допускается кратковременное замерзание рецептуры, после размораживания все свойства рецептуры восстанавливаются.

5. Гарантии изготовителя

Изготовитель гарантирует:

- соответствие изделия требованиям технических условий при соблюдении потребителем условий эксплуатации и хранения;
- срок годности изделия – 2 года с момента изготовления.

6. Свидетельство о приемке

Комплект аэрозольных устройств для экспресс-обнаружения агрессивных химических веществ _____ № _____.
наименование изделия заводской номер

Партия № _____ изготовлена и принята в соответствии с обязательными требованиями государственных стандартов, действующей технической документацией и признана годной к эксплуатации.

Начальник ОТК

личная подпись
год, месяц, число

расшифровка подписи

Приложение Б

Комплект аэрозольных устройств для экспресс-обнаружения загрязненности поверхностей объектов соединениями урана

Инструкция по пользованию

1. Описание и работа изделия

1.1. Назначение изделия

Комплект аэрозольных устройств для экспресс-обнаружения загрязненности поверхностей объектов соединениями урана (далее – комплект) предназначен для экспресс-обнаружения соединений урана на горизонтальных, наклонных и вертикальных поверхностях.

1.2. Технические характеристики

Комплект обладает следующими характеристиками:

- обеспечивает обнаружение соединений урана с надежностью 0,9 любым оператором, как в стационарных лабораторных условиях, так и в производственных, полевых и других экстремальных условиях;
- объем рецептуры, находящейся в одном АУ, л – 0,12;
- массовый расход индикаторных рецептур, мг/см² – 4,8;
- время подготовки к работе, мин, не более – 2;
- время сохранения индикационного эффекта, мин – не менее 120;
- время обнаружения соединений урана, мин – не более 4;
- диапазон рабочих температур, °С: 0...50;
- масса АУ, кг – не более 0,15;
- габаритные размеры АУ, не более, мм: Ø47×150.

1.3. Состав изделия

Изделие состоит из четырех однотипных аэрозольных устройств, заправленных разными индикаторными рецептурами:

- АУ-9/1 – для перевода нерастворимых соединений урана в растворимую форму в количестве 2 ед.;

- АУ-9/2 – для обнаружения проливов (просыпей) растворимых форм соединений урана) в количестве 2 ед.

Каждое аэрозольное устройство включает в себя:

- насос-распылитель, ед. – 1;
- флакон, шт. – 1;
- индикаторную рецептуру ИР, л – 0,12;
- этикетку, шт. – 1;
- эксплуатационную документацию, к-т – 1;
- пластиковую упаковку, шт. – 1.

Примечание. Состав комплекта может изменяться в соответствии с требованиями потребителя.

1.4. Устройство и работа

АУ представляет собой пластмассовый флакон с индикаторной рецептурой и насос-распылитель.

Принцип работы комплекта заключается в следующем:

С помощью аэрозольных устройств АУ-9/1 и АУ-9/2 проводят обнаружение проливов (просыпей) соединений урана.

1.5. Маркировка

Маркировка нанесена на боковой поверхности пластиковой тары и содержит:

- условное обозначение предприятия-изготовителя;
- наименование и обозначение изделия;
- номер партии;
- номер кейса;
- дату изготовления;
- срок годности;
- массу брутто;
- манипуляционные знаки: «Беречь от влаги», «Беречь от нагрева» и «Верх».

2. Использование по назначению

2.1. Эксплуатационные ограничения:

- при попадании на кожу индикаторных рецептур смыть их большим количеством воды и затем промыть слабым раствором (1%-ным) питьевой соды;

- при попадании индикаторных рецептур в глаза необходимо немедленно промыть их большим количеством воды, затем слабым раствором (1%-ным) питьевой соды;

- не использовать комплект после истечения гарантийного срока хранения.

2.2. Использование изделия

2.2.1. Для обнаружения соединений урана на различных поверхностях необходимо:

- снять колпачок с насоса-распылителя АУ-9/1, поднести аэрозольное устройство на расстояние 10-20 см от контролируемой поверхности с учетом направления ветра;

- многократно нажимая на кнопку насоса-распылителя, равномерно распылить индикаторную рецептуру на обследуемую поверхность;

- спустя 1 минуту аналогичным образом обработать эту поверхность рецептурой из АУ-9/2;

- наблюдать за появлением на контролируемой поверхности индикационного эффекта.

Появление окраски в соответствии с эталоном, нанесенным на аэрозольное устройство АУ-9/2, свидетельствует о наличии на поверхности соединений урана.

В случаях, когда индикационный эффект не нагляден, а также при совпадении цвета поверхности объекта с цветом индикационного эффекта, рекомендуется взять пробу с поверхности на обеззоленный фильтр или другую подложку, который затем обработать аэрозольным устройством.

2.2.2. С помощью комплекта также возможно обнаружение аэрозоля соединений урана, отобранных на фильтры типа АФА.

3. Техническое обслуживание

При возникновении проблем с распылением рецептур (неоднородность факела, при нажатии на кнопку не происходит распыления рецептуры и т.д.) необходимо заменить насос-распылитель.

4. Хранение

Изделие хранится в отапливаемых и неотапливаемых помещениях при температуре воздуха от 0 до 50 °С. Допускается кратковременное

замерзание рецептуры, после размораживания все свойства рецептуры восстанавливаются.

5. Гарантии изготовителя

Изготовитель гарантирует:

- соответствие изделия требованиям технических условий при соблюдении потребителем условий эксплуатации и хранения;
- срок годности изделия – 2 года с момента изготовления.

6. Свидетельство о приемке

Комплект аэрозольных устройств для экспресс-обнаружения соединений урана _____ №_____.
наименование изделия заводской номер

Партия №_____ изготовлена и принята в соответствии с обязательными требованиями государственных стандартов, действующей технической документацией и признана годной к эксплуатации.

Начальник ОТК

личная подпись

расшифровка подписи

год, месяц, число

Приложение В

Комплект аэрозольных устройств с имитационными рецептурами для проверки работоспособности комплектов аэрозольных устройств для экспресс-обнаружения загрязненности поверхностей объектов агрессивными химическими веществами и соединениями урана

Инструкция по пользованию

1. Описание и работа изделия

1.1. Назначение изделия

Комплект аэрозольных устройств с имитационными рецептурами предназначен для проверки работоспособности комплекта аэрозольных устройств для экспресс-обнаружения загрязненности поверхностей объектов агрессивными химическими веществами, соединениями урана и обучения операторов работе с ним.

1.2. Технические характеристики

Комплект обладает следующими характеристиками:

- обеспечивает имитацию соединений кислого, щелочного характера, окислителей, аммиака, несимметричного диметилгидразина и соединений урана;
- объем рецептуры, находящейся в одном АУ, л – 0,12;
- массовый расход индикаторных рецептур, мг/см² – 4,8;
- время подготовки к работе, мин – не более 2;
- время сохранения индикационного эффекта, мин – не менее 120;
- диапазон рабочих температур, °С: 0...50;
- масса АУ, кг – не более 0,15;
- габаритные размеры АУ, не более, мм: Ø47×150.

1.3. Состав изделия

Изделие состоит из пяти однотипных аэрозольных устройств, заправленных разными имитационными рецептурами:

- АУ-2ск – для имитации проливов (просыпей) едких щелочей и других веществ щелочного характера;
- АУ-3ск – для имитации проливов сильных кислот (серной, азотной, соляной и других кислот);
- АУ-5ск – для имитации проливов несимметричного диметилгидрамина и аммиака;
- АУ-6ск – для имитации проливов (просыпей) сильных окислителей (концентрированных азотной, серной кислот, пероксида водорода);
- АУ-9ск – для имитации проливов (просыпей) соединений урана.

Каждое аэрозольное устройство включает в себя:

- насос-распылитель, ед. – 1;
- флакон, шт. – 1;
- имитационную рецептуру ИР, л – 0,12;
- этикетку, шт. – 1;
- эксплуатационную документацию, к-т – 1;
- пластиковую упаковку, шт. – 1.

Примечание. Состав комплекта может изменяться в соответствии с требованиями потребителя.

1.4. Устройство и работа

АУ представляет собой пластмассовый флакон с имитационной рецептурой и насос-распылитель.

Принцип работы комплекта заключается в следующем: с помощью аэрозольных устройств АУ-2ск, АУ-3ск, АУ-5ск, АУ-6ск, АУ-9ск проводят нанесение на поверхности объектов имитационных рецептур, имитирующих проливы агрессивных и опасных веществ: кислот, едких щелочей, окислителей, аммиака, несимметричного диметилгидрамина и соединений урана.

1.5. Маркировка

Маркировка нанесена на боковой поверхности пластиковой тары и содержит:

- условное обозначение предприятия-изготовителя;
- наименование и обозначение изделия;
- номер партии;
- номер коробки;
- дату изготовления;
- срок годности;

- массу брутто;
- манипуляционные знаки: «Беречь от влаги», «Беречь от нагрева» и «Верх».

2. Использование по назначению

2.1. Эксплуатационные ограничения:

- при попадании на кожу имитационных рецептур смыть их большим количеством воды и затем промыть слабым раствором (1%-ным) питьевой соды;
- при попадании имитационных рецептур в глаза необходимо немедленно промыть их большим количеством воды, затем слабым раствором (1%-ным) питьевой соды;
- не использовать комплект после истечения гарантийного срока хранения.

2.2. Использование изделия

2.2.1. Для проверки работоспособности комплекта аэрозольных устройств для обнаружения агрессивных химических веществ и соединений урана на различных поверхностях необходимо:

- снять колпачок с насоса-распылителя, поднести аэрозольное устройство на расстояние 10-20 см от поверхности объекта с учетом направления ветра;
- многократно нажимая на кнопку насоса-распылителя, равномерно распылить имитационную рецептуру на обследуемую поверхность;
- нанести на эту поверхность из аэрозольного устройства соответствующую индикаторную рецептуру;
- наблюдать за появлением на контролируемой поверхности индикационного эффекта в соответствии с этикеткой на аэрозольном устройстве.

Появление окраски в соответствии с эталоном, нанесенным на аэрозольное устройство, свидетельствует о его работоспособности.

В случаях, когда индикационный эффект не нагляден, а также при совпадении цвета поверхности объекта с цветом индикационного эффекта, рекомендуется нанести имитационную рецептуру на обеззоленный фильтр или другую подложку, который затем обработать аэрозольным устройством.

2.2.2. С помощью комплекта также возможно обучение операторов работе с комплектом аэрозольных устройств для обнаружения

зараженности поверхностей объектов агрессивными химическими веществами и соединениями урана.

3. Техническое обслуживание

При возникновении проблем с распылением рецептур (неоднородность факела, при нажатии на кнопку не происходит распыления рецептуры и т.д.) необходимо заменить насос-распылитель.

4. Хранение

Изделие хранится в отапливаемых и неотапливаемых помещениях при температуре воздуха от 0 до 50°C. Допускается кратковременное замерзание рецептуры, после размораживания все свойства рецептуры восстанавливаются.

5. Гарантии изготовителя

Изготовитель гарантирует:

- соответствие изделия требованиям технических условий при соблюдении потребителем условий эксплуатации и хранения;
- срок годности изделия – не более 2-х лет с момента изготовления.

6. Свидетельство о приемке

Комплект аэрозольных устройств с имитационными рецептурами для проверки работоспособности комплектов аэрозольных устройств для экспресс-обнаружения зараженности поверхностей объектов аварийно-химически опасными веществами и соединениями урана _____

№ _____

наименование изделия

заводской номер

Партия № _____ изготовлена и принята в соответствии с обязательными требованиями государственных стандартов, действующей технической документацией и признана годной к эксплуатации.

Начальник ОТК

личная подпись

расшифровка подписи

год, месяц, число

Предметный указатель

Агрессивные химические вещества, 6
Аэрозольные устройства, 35, 36, 50, 61
Вермикулит, 14
Выседающий аэрозоль, 36
Газосигнализатор ГСЭК, 31, 32
Гигроскопичность, 15, 23
Гидразин, 8, 9, 43, 45, 53, 63
Ион-дрейфовый детектор, 33, 34
Комплекс химического контроля автоматизированный, 30
Несимметричный диметилгидразин, 8
Олеум, 15, 16
Поликапиллярные колонки, 31
Полинитроароматические соединения, 35
Политетрафторэтилен, 12
Прибор СЛЕД-Н, 31, 32
Пробоотборное устройство, 27
Трепельные глины, 14
Хлорная волна, 11
Эпоксидные смолы, 12

Учебное пособие

Пашинин Валерий Алексеевич
Косырев Павел Николаевич
Посохов Николай Николаевич
Сафонов Алексей Владимирович

**Обнаружение загрязнённости поверхностей объектов
агрессивными химическими веществами
и соединениями урана**

Дизайн и верстка: *В.В. Кожемякин*
Корректор *Н.К. Базанова*

Подписано в печать 04.05.2023. Формат 60×84 ¹/₁₆.
Объем 5,25 п. л. Тираж 300 экз. Печать цифровая.

Отпечатано в ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)
121353, Москва, ул. Давыдовская, 7.
Завод № 1. Тираж 30 экз.