

## Экспресс-обнаружение урансодержащих соединений на поверхностях объектов и в водной среде при исследовании последствий применения снарядов с обедненным ураном

ISSN 1996-8493  
DOI:10.54234/CST.19968493.2023.20.2.76  
© Технологии гражданской безопасности, 2023

Е.Г. Касперович, В.А. Пашинин, А.А. Пашкова, Е.И. Янзин

### Аннотация

В статье предложены рекомендации по возможности использования портативной химической экспресс-лаборатории модульного типа для обнаружения загрязненности обедненным ураном поверхностей различных объектов.

Авторы применили аналитические и информационные методы исследования боеприпасов с обедненным ураном; рассмотрели вопросы обнаружения соединений урана на различных поверхностях и в воде при применении в ходе военных конфликтов таких боеприпасов.

Даны рекомендации по возможности использования портативной химической экспресс-лаборатории модульного типа для обнаружения загрязненности обедненным ураном поверхностей различных объектов.

**Ключевые слова:** радиационная, химическая и биологическая защита; боеприпасы с обедненным ураном; портативная химическая экспресс-лаборатория модульного типа; соединения урана; экспресс-обнаружение.

## Express Detection of Uranium-Containing Compounds on the Surfaces of Objects and in Aquatic Environment in the Study of Depleted Uranium Shells Use Consequences

ISSN 1996-8493  
DOI:10.54234/CST.19968493.2023.20.2.76  
© Civil Security Technology, 2023

E. Kasperovich, V. Pashinin, A. Peshkova, E. Yanzin

### Abstract

The article offers recommendations on the possibility of using portable chemical express laboratory of modular type to detect various objects surfaces depleted uranium contamination.

The authors applied analytical and informational methods for the study of depleted uranium ammunition, considered the issues of detecting uranium compounds on various surfaces and in water when using such ammunition during military conflicts.

Recommendations are given on the possibility of using portable chemical express laboratory of modular type to detect depleted uranium contamination of the various objects surfaces.

**Key words:** radiation, chemical and biological protection; depleted uranium ammunition; portable chemical express laboratory of modular type; uranium compounds; express detection.

## Введение

В настоящее время в линейке приборов экспресс-обнаружения загрязненности поверхностей объектов урансодержащими соединениями, которые имеются в штатных и нештатных аварийно-спасательных формированиях МЧС России, а также подразделениях радиационной, химической и биологической (РХБ) защиты Минобороны России, отсутствуют приборы, способные осуществить обнаружение урана и его соединений на поверхностях различных объектов и в воде с порогом обнаружения 0,05–0,1 мг/см<sup>2</sup> (мг/мл), без направления проб на лабораторные исследования.

В статье описан способ с использованием аэрозольных устройств с целью обнаружения загрязнений поверхностей объектов, территорий и воды соединениями урана вследствие утечек, проливов и просыпей, а также применения боеприпасов с обедненным ураном.

Внедрение таких способов с помощью портативной химической экспресс-лаборатории (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 аварийно-спасательных формирований МЧС России с целью своевременного принятия мер по защите и обеззараживанию.

## 1. Свойства урана и его соединений

Уран (U) — радиоактивный химический элемент III группы периодической системы Менделеева, относится к семейству актиноидов; атомный номер 92, атомная масса — 238,029; металл. Природный уран состоит из смеси трех изотопов: уран-238 — 99,2739%, уран-235 — 0,7024% и уран-234 — 0,0057%.

После извлечения из природного урана урана-235 оставшийся материал носит название «обедненный уран», так как он обеднен 235-м изотопом. Обедненный уран представляет собой побочный продукт процесса обогащения урана; из него практически полностью удален радиоактивный изотоп уран-234 и на две трети — уран-235. Радиоактивность обедненного урана на 40% ниже радиоактивности природного урана, а период его полураспада составляет 4,5 млрд лет. Активность урана-238 обусловлена в основном альфа-частицами. Цепную реакцию деления в обедненном уране вызвать нельзя, понятие критической массы для него отсутствует.

Химически уран является очень активным металлом. Мелкий порошок самовоспламеняется в воздухе. Вода способна разъедать уран: медленно — при низкой температуре и быстро — при высокой. Предельно допустимая концентрация (ПДК) в воде: для растворимых соединений урана — 0,015 мг/м<sup>3</sup>; для нерастворимых — 0,075 мг/м<sup>3</sup> [1].

При этом металл обладает крайне высокой плотностью: примерно в 2,5 раза больше, чем у железа, и лишь

на 16% меньше самых тяжелых металлов таблицы Менделеева: осмия (Os) и иридия (Ir). Благодаря этому свойству обедненный уран применяют, в том числе, для изготовления бронебойных подкалиберных боеприпасов. Снаряды с сердечниками из этого металла имеют очень высокое бронебойное действие и приводят к существенным запреградным разрушениям.

## 2. Токсическое действие урана и его соединений

В России обедненный уран в соответствии с постановлением Правительства РФ от 19.07.2007 № 456 классифицируется как ядерный материал II категории, для которой действуют особые правила хранения и транспортировки, что соответствует Конвенции ООН 1980 года о физической защите ядерного материала.

Тем не менее, в настоящее время нет международных соглашений и документов, ограничивающих или запрещающих изготовление и использование снарядов с обедненным ураном в ходе боевых действий.

Токсическое действие урана обусловлено его химическими свойствами и зависит от растворимости: наиболее токсичны уранил и другие растворимые соединения урана. Отравление ураном и его соединениями при использовании снарядов с обедненным ураном наиболее вероятно для: населения, постоянно проживающего на территориях, где применялись боеприпасы с обедненным ураном; расчетов, непосредственно использующих боеприпасы; персонала, обслуживающего вооружение, и, по умолчанию, военнослужащих противоборствующей стороны.

При попадании в организм уран действует на все органы и ткани, являясь общеклеточным ядом. Признаки отравления обусловлены преимущественно поражением почек, поражаются также печень и желудочно-кишечный тракт. Различают острые и хронические отравления; последние характеризуются постепенным развитием и меньшей выраженностью симптомов. При хронической интоксикации возможны нарушения кроветворения, нервной системы и др. Полагают, что молекулярный механизм действия урана связан с его способностью подавлять активность ферментов [2].

Применение боеприпасов с обедненным ураном приводит к радиоактивному загрязнению территории и водных ресурсов. Их использование вызывает у людей генетические мутации, ведет к росту онкологических заболеваний. В процессе взрыва происходит разрушение уранового сердечника, который распадается на микрочастицы; вся территория, на которой шли боевые действия, становится зараженной. Это было зафиксировано в Ираке и Югославии.

Силы НАТО в войнах против Ирака и Югославии интенсивно применяли боеприпасы с обедненным ураном. После окончания военных конфликтов в районах их применения был отмечен резкий рост заболеваемости онкологией; у детей и подростков отмечается рост таких заболеваний, как лейкемия, лимфома и саркома. У взрослых мужчин стали чаще обнаруживать рак дыхательных путей и легких, а также желудочно-кишечного

тракта и предстательной железы; у женщин — рак молочной железы, шейки матки, яичников и легких, значительно увеличилось число случаев мертворождения.

24 марта 1999 года страны НАТО во главе с США начали бомбить Югославию. Авиаудары продолжались 78 дней. За это время на территорию современной Сербии было сброшено свыше 400 тысяч бомб и ракет. В результате погибло около 2,5 тысяч человек, больше 80 из них — дети. В ходе военных действий использовались, в том числе, снаряды и бомбы, начиненные обедненным ураном, который остается как побочный продукт при изготовлении ядерных зарядов и топлива для АЭС и используется в различных боеприпасах для усиления их проникающего действия<sup>1</sup>.

Всего в ходе бомбардировок на Югославию было сброшено около 15 тонн обедненного урана. Эти 15 тонн превратились в радиоактивную пыль, которую ветер разнес по всем Балканам, заразив почву, воздух, растения и животных. Эта токсично-радиоактивная пыль останется здесь навсегда, достигнув максимального пика радиоактивности только через 100 лет.

Таким образом, применение снарядов с обедненным ураном привело к тому, что Сербия стала лидером по смертности от онкологических заболеваний в Европе. Каждый год в стране выявляют примерно 60 тысяч больных раком.

Боевое применение урана чревато двумя последствиями: химическим и радиологическим поражением, период его полураспада составляет 4,5 миллиарда лет. Самое опасное для человека и окружающей среды заключается в том, что при взрыве снаряда с обедненным ураном сам уран переходит в мельчайшие частички — высокотоксичный аэрозоль. Взвешенные в воздухе частицы свободно разносятся ветром на широкие пространства. Попадая в организм человека, они поражают, прежде всего, иммунную систему и приводят к мутации клеток, вследствие чего наступает развитие злокачественных новообразований и хромосомных нарушений. Скрытый период длится годами. Кроме того, растения через корневую систему хорошо усваивают радиационно-токсичные вещества, которые попадают в пищу с продуктами питания, — так происходит вторичное поражение животных и человека.

И установить первопричину болезни почти невозможно<sup>2</sup>.

Также снаряды, начиненные обедненным ураном, были применены во время войны в Ираке. В ходе операции «Буря в пустыне» было применено 320 тонн боезарядов с сердечником из обедненного урана. Достаточно быстро выяснилось, что эти снаряды не так безвредны как предполагалось. У нескольких тысяч солдат были обнаружены нарушения работы печени

и почек, низкое кровяное давление и все прелести жизни, с этим связанные. Также впоследствии оказалось, что на особозагрязненных ураном иракских территориях в 3–4 раза увеличилась частота преждевременных родов, спонтанных аборт, врожденных дефектов у новорожденных, лейкемии и других видов раковых заболеваний. Врожденные нарушения: отсутствие глаз, ушей, сращение пальцев и сосудов и т.д., обнаружилось более чем у 60% детей, родившихся в семьях американских ветеранов войны в Заливе<sup>3</sup>. Ядерное заражение повлияло на жизнь сотен тысяч иракцев — обедненный уран вызывает рак, инсульт и врожденные дефекты у людей. По оценкам Организации Объединенных Наций, за последние 30 лет США применили не менее 2 320 тонн обедненного урана в Ираке. Высокотоксичное вещество поразило как американских военнослужащих, так и гражданское население Ирака. По оценкам иракского правительства, заболеваемость раком в стране возросла с 40 случаев на 100 000 человек в 1991 году до 800 на 100 000 в 1995 году и 1600 на 100 000 к 2005 году. Особенно частые случаи заболеваний были зарегистрированы в Багдаде, Басре и Фаллудже. Помимо Ирака и Югославии, США и НАТО использовали боеприпасы с обедненным ураном в Боснии в 1995 г. и в Сирии в 2015 году. Из всех стран, обладающих боеприпасами с обедненным ураном, только США и Великобритания использовали это оружие в военных действиях. Одна только Великобритания использовала примерно три тонны этого вещества во время вторжения в Ирак в 2003 году<sup>4</sup>.

Согласно заявлениям руководства Великобритании в ближайшее время на Украину вместе с танками Челленджер должны быть поставлены бронированные боеприпасы с обедненным ураном. По словам начальника войск РХБ защиты Вооруженных Сил Российской Федерации генерал-лейтенанта Кириллова И. А., использование вооруженными силами Украины боеприпасов с обедненным ураном на десятилетия, а может и на века обрушит сельскохозяйственный экспорт Украины и приведет к проблемам со здоровьем, которые могут возникнуть из-за этого у украинцев. Причем страдать будут целые поколения.

По сведениям ресурса Save Eco Bot, с пятницы, 12 мая 2023 г. в районе города Хмельницкого фиксируется резкое повышение радиоактивного фона: с 80–100 нанозивертов до 140–160 нанозивертов, передает «Российская газета». В то же время, по данным портала «Военное обозрение», после взрывов близ Хмельницкого, раздавшихся в связи с поражением средствами ВС РФ в конце прошлой недели, в области появились патрули войск РХБ защиты. Такая ситуация сложилась в связи с тем, что на складах здесь могли находиться грузы из Великобритании, в составе которых тонны снарядов с обедненным ураном

<sup>1</sup> Ядовитый след урана: последствия «натовского геноцида» в Сербии // Сайт РентТВ. URL: <https://ren.tv/longread/1087826-iodovityi-sled-urana-posledstviia-natovskogo-genotsida-v-serbii> (дата обращения: 15.05.2023).

<sup>2</sup> Сербия: урановые объятия НАТО // Сайт «Военное обозрение». URL: <https://topwar.ru/23332-serbiya-uranovye-obyatiya-nato.html> (дата обращения: 15.05.2023).

<sup>3</sup> Использование обедненного урана и его последствия. (Ирак) // Портал Яндекс Дзен. URL: <https://dzen.ru/a/YQP6TG5f6ngX8fbM> (дата обращения: 15.05.2023).

<sup>4</sup> Чем опасны боеприпасы с обедненным ураном? Генерал Игорь Кириллов ответил на шесть главных вопросов // Сайт RG.RU. URL: <https://rg.ru/2023/03/24/chem-opasny-boeprisy-s-obedennym-uranom-general-igor-kirillov-otvetil-na-shest-glavnyh-voprosov.html> (дата обращения: 15.05.2023).

(БОУ). Напомним, что ранее Лондон дал одобрение на поставку таких боеприпасов для ВСУ<sup>5</sup>. Близ города под армейский арсенал возможно были переоборудованы склады гражданского предприятия «Катион».

Недавно здесь отгрузили ракеты Storm Shadow, а также ракеты для ЗРК и упомянутые снаряды БОУ. ВС РФ и нанесли удар по этому арсеналу.

### 3. Индикация урансодержащих соединений на различных поверхностях и в воде

Современный уровень развития технических средств свидетельствует о том, что в настоящее время для определения урансодержащих соединений нашли применение в основном приборы, основанные на физико-химических методах анализа. В связи с этим ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) была разработана и в 2020 году модернизирована до возможности проведения анализа наличия соединений урана в воде портативная химическая экспресс-лаборатория модульного типа ПХЛ МТ [3]. Лаборатория обеспечивает возможность экспрессного обнаружения загрязненности поверхностей различных объектов и воды, в том числе и соединениями урана, нестандартными аварийно-спасательными формированиями и подразделениями радиационной, химической и биологической защиты МЧС России с целью своевременного принятия мер защиты по их обеззараживанию.

Ранее в статье [4] был описан способ обнаружения соединений урана на поверхности объектов с помощью соответствующего аэрозольного устройства.

Преимущества предлагаемого способа по сравнению с существующими способами обнаружения радиоактивных изотопов урана состоят в том, что этим способом определяется суммарное содержание на поверхностях и в пробах воды как высокорadioактивных изотопов урана U235, U234, так и малорадиоактивного изотопа урана U238.

Существующий дозиметрический метод индикации обеспечивает обнаружение только радиоактивных изотопов урана.

Обнаружение урана на поверхностях объектов с помощью модуля на уран ПХЛ МТ осуществляется следующим образом. На обследуемую поверхность с расстояния 10–15 см наносят кратковременное (в течение 1–2 секунд) распыление рецептуры из аэрозольного устройства АУ-9/1. АУ-9/1 служит для перевода соединений урана в растворимую форму. Спустя 1–2 минуты, на обследуемое место наносят индикаторную рецептуру из аэрозольного устройства АУ-9/2 и наблюдают появление характерного окрашивания в соответствии с индикаторным эффектом, нанесенным на АУ-9/2 [5–6]. Таким образом, общее время обнаружения соединений урана составляет не более 2 минут. Одна заправка аэрозольного устройства обеспечивает проведение обнаружения не менее 100 раз на площади 100 см<sup>2</sup>. Чувствительность обнаружения загрязненности

поверхностей объекта составляет не менее 0,05–0,1 мг/см<sup>2</sup>. Внешний вид аэрозольных устройств АУ-9/1 и АУ-9/2 приведен на рис. 1.



Рис. 1. Аэрозольные устройства АУ-9/1 — для перевода нерастворимых соединений урана в растворимую форму (слева) и АУ-9/2 — для обнаружения соединений урана (справа)

В случае наличия загрязненности поверхности соединениями урана появляется характерное не исчезающее красно-коричневое окрашивание, приведенное на рис. 2.

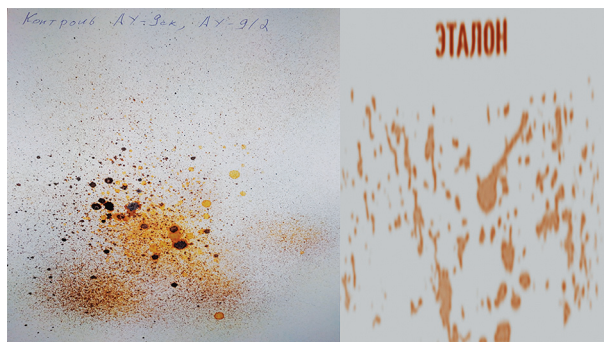


Рис. 2. Характер индикаторного эффекта от соединений урана в сравнении с эталоном, нанесенным на АУ-9/2

Проверка наличия соединений урана на различных поверхностях (поверхность кузова автомобиля, бетон, асфальт, дерево, окрашенная металлическая труба, красный кирпич и снег) подтвердила возможность его обнаружения на этих поверхностях (см. рис. 3–9).

Из рис. 5 следует, что на темной поверхности асфальта положительная проба определяется



Рис. 3. Проверка наличия соединений урана на окрашенной поверхности кузова автомобиля. Слева — проба с имитатором соединений урана АУ-9ск, справа — чистая проба

<sup>5</sup> После атаки российских «Калибров» на арсенал ВСУ в Хмельницком подскочил уровень радиации: ее несет на запад // Сайт FBM. URL: <https://fbm.ru/novosti/politics/posle-ataki-rossijskih-kalibrov-na-arsenal-s-boepripasami-vs-u-v-hmelnicom-podskochil-uroven-radiacii.html> (дата обращения: 15.05.2023).



Рис. 4. Проверка наличия соединений урана на различных бетонных поверхностях (бордюрный камень, стена дома). Слева — проба с имитатором урана АУ-9ск, справа — чистая проба



Рис. 5. Проверка наличия соединений урана на поверхности асфальта. Слева — проба с имитатором АУ-9ск, справа — чистая проба

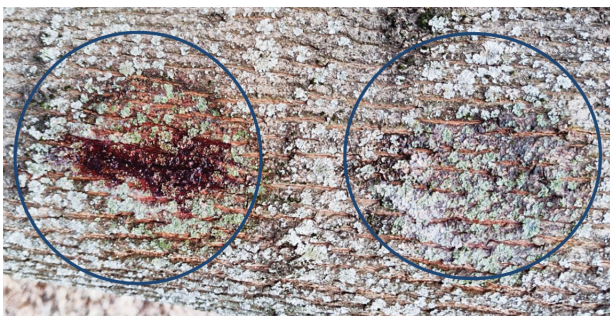


Рис. 6. Проверка наличия соединений урана на коре дерева. Слева — проба с имитатором урана АУ-9ск, справа — чистая проба

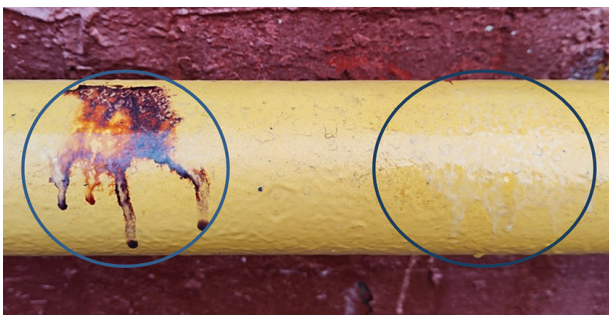


Рис. 7. Проверка наличия соединений урана на окрашенной металлической поверхности. Слева — проба с имитатором урана АУ-9ск, справа — чистая проба



Рис. 8. Проверка наличия соединений урана на поверхности красного кирпича. Слева — проба с имитатором урана АУ-9ск, справа — чистая проба



Рис. 9. Проверка наличия соединений урана на поверхности снега. Слева — проба с имитатором урана АУ-9ск, справа — чистая проба

затруднительно; аналогичный эффект был получен на затемненном (тонируемом) стекле автомобиля. Для более надежного определения результатов пробы в таких случаях необходимо использовать обеззоленный фильтр, входящий в комплект ПХЛ МТ, путем протирания обследуемой поверхности с последующим нанесением на фильтр рецептур АУ-9/1 и АУ-9/2.

Для обнаружения загрязненности воды соединениями урана в прозрачную стеклянную или пластиковую емкость объемом 50–100 мл отбирают пробу воды; производят распыление в эту пробу рецептур из аэрозольных устройств АУ-9/1 и АУ-9/2, как описано выше, и наблюдают за появлением индикационного эффекта (см. рис. 10).

Чувствительность обнаружения соединений урана на поверхностях объектов и в пробах воды составляет на уровне 0,05–0,1 мг/см<sup>2</sup> (мг/мл) [5-6].

Новизна предложенного способа обнаружения загрязненности проб воды соединениями урана



Рис. 10. Проверка индикационного эффекта аэрозольных устройств АУ-9/1 и АУ-9/2. Слева — чистая проба без рецептур, в центре — проба с внесенными рецептурами АУ-9/1 и АУ-9/2 (чистая проба), справа — проба с имитатором урана АУ-9ск

подтверждена полученным в 2022 году патентом на изобретение [7].

Соли свинца, кобальта, ртути, тория, бария, алюминия, меди, магния, циркония, цезия не вызывают появления индикационного эффекта. Аналогичный индикационный эффект могут вызывать соли железа (хлорид железа, сульфат железа и другие).

С целью проверки ложных показаний наличия урана в воде для опыта была взята проба воды с содержанием растворенного железа 4–5 мг/л (см. рис. 10, слева). Затем в пробу были поочередно внесены рецептуры АУ-9/1 и АУ-9/2 (см. рис. 10, в центре). Наблюдалось отсутствие ложного срабатывания анализируемого раствора на повышенное содержание в пробе растворенного железа. Для демонстрации работоспособности растворов АУ-9/1 и АУ-9/2 в воде в пробу был добавлен имитатор АУ-9ск (см. рис. 10, справа).

Применение ПХЛ МТ для обнаружения соединений обедненного урана, наряду с другими приборами из номенклатуры средств противорадиационной, противохимической, противобиологической защиты, позволит повысить оперативность выявления случаев такого заражения и принятия соответствующих мер защиты [7].

#### Литература

1. Гуськова В.Н. Уран. Радиационно-гигиеническая характеристика. М.: Атомиздат, 1972. 216 с.
2. ПДК вредных веществ в воздухе и воде. Л.: Химия, 2001.
3. Пашинин В.А., Косырев П.Н., Посохов Н.Н. и др. Отчет о НИР «Разработка способа группового экспресс-обнаружения агрессивных химических веществ и соединений урана в воде» (заключительный). ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2021. 80 с.
4. Экспресс-обнаружение соединений урана на поверхности различных объектов / В.А. Пашинин, П.Н. Косырев, Н.Н. Посохов, А.А. Семин // Технологии гражданской безопасности. 2014. Т.11. № 3 (41). С.74–79.
5. Татаринцов В.В., Пашинин В.А., Косырев П.Н. Экспресс-обнаружение зараженности поверхностей объектов малолетучими токсичными химикатами // Вестник Академии военных наук. 2021. № 2(75). С. 119–124.

#### Заклучение

В статье рассмотрены возможности ПХЛ МТ для экспресс-обнаружения загрязненности поверхностей различных объектов (кузов автомобиля, бетон, асфальт, дерево, окрашенная металлическая труба, красный кирпич и снег) и воды соединениями урана с порогом обнаружения 0,05–0,1 мг/см<sup>2</sup> (мг/мл).

Такой способ может найти применение в следующих областях:

выявление наличия просыпей отработанного ядерного топлива (ОЯТ) и урансодержащих соединений на гражданских и военных объектах, объектах ядерной энергетики ядерного и энергетического цикла (производство ядерного топлива, транспортировка и утилизация ОЯТ);

выявление фактов применения в военных конфликтах соединений урана (боеприпасы с урановыми сердечниками и др.), а также заражения урансодержащими соединениями объектов и территорий;

выявление утечек (проливов) урансодержащих соединений в исследовательских организациях и учебных заведениях, работающих с такими соединениями.

#### Сведения об авторах

**Касперович Евгений Григорьевич:** ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), с.н.с. научно-исслед. центра.  
Москва, Россия.  
SPIN-код: 5101-5045.

**Пашинин Валерий Алексеевич:** д.т.н., проф., ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), с.н.с. науч.-исслед. центра; проф. каф. «Химия и инженерная экология» РУТ (МИИТ).  
Москва, Россия.  
SPIN-код: 4277-4056.

**Пашкова Анастасия Андреевна:** ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), м.н.с. науч.-исслед. отдела.  
Москва, Россия.  
SPIN-код: 8620-2221.

**Янзин Евгений Иванович:** ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), н.с. науч.-исслед. отдела.  
Москва, Россия.  
SPIN-ко: 1232-9174.

#### Information about authors

**Kasperovich Evgeniy G.:** All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies, Senior Researcher, Research Center.  
Moscow, Russia.  
SPIN-scientific: 5101-5045.

**Pashinin Valery A.:** ScD (Technical Sc.), Professor, All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies, Senior Researcher, Research Center; Professor of the Department of Chemistry and Engineering Ecology, Russian University of Transport.  
Moscow, Russia.  
SPIN-scientific: 4277-4056.

**Pashkova Ahastasiya A.:** All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies, Junior Researcher, Research Department.  
Moscow, Russia.  
SPIN-scientific: 8620-2221.

**Yanzin Evgeniy I.:** All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies, Researcher, Research Department.  
Moscow, Russia.  
SPIN-scientific: 1232-9174.