

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

Академия Государственной противопожарной службы

Л. К. Исаева

## Экологическая безопасность

В трех частях

Часть 3

### Экологическая безопасность природно-техногенной среды: социально-экономические и правовые вопросы

Допущено Министерством Российской Федерации  
по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям  
и ликвидации последствий стихийных бедствий в качестве  
учебного пособия для курсантов, студентов и слушателей  
образовательных организаций МЧС России

Москва  
2018

УДК 574 (075.8)  
ББК 20.1я73  
И85

Р е ц е н з е н т ы :

*А. В. Баринов*, профессор, доктор технических наук,  
профессор кафедры аварийно-спасательных работ  
Академии гражданской защиты МЧС России;

*В. И. Логинов*, доктор технических наук,  
главный специалист НИЦ ПСРТ ФГБУ ВНИИПО МЧС России

**Исаева Л. К.**

И85 Экологическая безопасность : учеб. пособие : в 3 ч. Ч. 3. Экологическая безопасность природно-техногенной среды : социально-экономические и правовые вопросы. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2018. – 199 с.

ISBN 978-5-9229-0147-5

Учебное пособие предназначено для формирования мировоззрения, профессиональных знаний и компетенций с учетом экологического императива при изучении специальных дисциплин экологического профиля в Академии ГПС МЧС России и других учебных заведениях МЧС России, для специалистов, занимающихся прогнозом риска, ущерба, предупреждением и ликвидацией пожаров и катастроф.

В пособии сравниваются свойства огнетушащих и обезвреживающих веществ для прекращения горения и ликвидации аварий, что позволяет выбрать из них те, которые причиняют наименьший вред окружающей среде. Рассмотрено также влияние пожаров и аварий на здоровье населения, пожарных, спасателей и экономический механизм охраны окружающей среды. Проанализированы проблемы, которые связаны с экологическими аспектами ведения войн, подготовки к ним и поддержания обороноспособности страны в мирное время. В связи с тем, что Россия сотрудничает со многими международными организациями в решении экологических проблем, рассмотрены источники, принципы международного экологического права и формы международного взаимодействия при катастрофах.

Отдельные параграфы написаны совместно с авторами: п. 2.5 – В. А. Сулименко, п. 3.6 – С. В. Соловьевым.

УДК 574 (075.8)  
ББК 20.1я73

ISBN 978-5-9229-0147-5

© Академия Государственной противопожарной  
службы МЧС России, 2018

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Согласно «Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» (утв. Указом Президента РФ от 31 декабря 2015 г. № 683), «обеспечение национальной безопасности – это реализация военных, социально-экономических, правовых и иных мер, направленных на противодействие угрозам национальной безопасности и удовлетворение национальных интересов».

Исходя из государственной политики Российской Федерации на современном этапе, в настоящем пособии целесообразно рассмотреть проблемы экологии пожаров и катастроф, а также те вопросы, которые были представлены в части 2 данного пособия фрагментарно.

К ним относятся:

- воздействия военно-промышленного комплекса и ракетно-космической техники на окружающую среду;
- гуманитарное право и войны;
- последствия войн и терактов;
- экологические характеристики средств ликвидации пожаров и аварий;
- экономический механизм охраны окружающей среды;
- элементы международного экологического права;
- участие России в международном экологическом сотрудничестве.

При подготовке пособия к изданию использованы материалы официальных документов Российской Федерации и международных документов по вопросам охраны окружающей среды и чрезвычайным ситуациям, а также публикации ведущих авторов по вышеперечисленным темам и результаты собственных работ или выполненных под руководством автора.

Автор надеется, что учебное пособие даст читателям новые знания, которые помогут им совершенствовать систему обеспечения пожарной, техногенной и экологической безопасности России, способствуя ее устойчивому развитию.

Автор выражает глубокую признательность профессорам М. Д. Безбородько и Ю. В. Прусу, В. А. Сулименко за советы и замечания относительно формы и содержания учебного пособия, С. В. Соловьеву, Л. А. Крошкиной, Г. С. Никитиной за помощь при подготовке рукописи к изданию.

Автор с благодарностью примет любые замечания, касающиеся содержания и формы данного учебного пособия.

# Глава 1

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДСТВ ЛИКВИДАЦИИ ПОЖАРОВ И АВАРИЙ**

### **1.1. Экологическая парадигма при выборе средств тушения пожаров и ликвидации аварий**

Представления о живых и неживых объектах, их взаимосвязи и эволюции, об экосистемах Земли, осознание места человека на земле и его взаимосвязи с биосферой дает возможность профессионалам исходить из презумпции экологической безопасности в своей практической деятельности. Осознание проблем экологии в современную эпоху становится все более убедительным, так как постоянно появляются доказательства ухудшения качества природных ресурсов и среды обитания, которые являются основой жизни народов, проживающих на территории России.

Высокий уровень риска нарушения безопасной жизнедеятельности и гибели людей побуждает государство уделять повышенное внимание защите от катастроф, пожаров и аварий. В задачи МЧС России входит разработка мер по предупреждению и локализации последствий случившихся пожаров, аварий и катастроф в целях минимизации социальных и материальных, прямых и косвенных потерь от них. Чем эффективнее удастся прекратить горение и ликвидировать аварию, тем меньше их социальный и экономический ущерб. Вместе с тем необходимо использовать те средства и способы прекращения горения и ликвидации аварий, которые причиняют наименьший вред среде обитания, человеку, флоре и фауне.

Известно, что способы прекращения горения веществ и материалов основаны на принципах химического торможения реакции горения, охлаждения зоны горения, разбавления горючего или окислителя (воздуха) огнетушащими веществами, изоляции горючего от зоны горения или окислителя как огнетушащими веществами, так и иными средствами. В зависимости от вида горючих материалов реализуют один или сразу несколько принципов, используя воду, пену, порошки, нейтральные газы, хладоны, аэрозольные составы. Некоторые из огнетушащих веществ и составов способны одновременно уменьшить и даже изолировать поступление в окружающую среду вредных и токсичных веществ (ракетного топлива, паров горючих и агрессивных жидкостей, канцерогенных веществ).

При авариях стремятся не только изолировать поступление АХОВ и других токсичных веществ в окружающую среду с помощью пены, пленочных материалов, но и нейтрализовать их токсичные свойства, используя растворы химически активных реагентов, сыпучие адсорбенты и др.

Реализация различных методов ликвидации аварий и пожаров, учитывающая их экологическую опасность, основана на опыте очистки окружающей среды от вредных и токсичных веществ, содержащихся в газообразных выбросах и стоках коммунальных и промышленных объектов.

Так, мокрые методы очистки от твердых частиц атмосферных промышленных выбросов, например, поглощением водой, эффективны при тушении пожаров водой, так как при этом происходит поглощение сажи.

Абсорбционные методы очистки, которые основаны на избирательном поглощении газов или паров жидкостями, используют для очищения воздуха от оксида углерода и диоксида серы соответственно медно-аммиачным и содовым растворами.

Адсорбционные методы, т. е. поглощение токсичных веществ твердым веществом – адсорбентом, используют для очистки сточных вод от вредных органических соединений (пестициды, фенолы). Эти методы нашли применение при ликвидации аварийных разливов нефти, других углеводородных жидкостей на воде и суше. В качестве адсорбентов применяют вещества и материалы, которые обладают высокой поглотительной способностью, например: торф, опилки, шлаки и др.

При очистке воздуха, как правило, приходится решать проблему, связанную с многокомпонентным составом выбросов: одновременным присутствием в них вредных паров, газов и аэрозолей – пыли, сажи, нередко нагретых до высоких температур. Поэтому для удаления токсикантов наряду с физическими используют и химические процессы, посредством которых можно изменять в широких пределах физические свойства примесей.

Для удаления из промышленных стоков растворимых фосфатных удобрений, стимулирующих размножение водорослей, добавляют химикаты, способные осаждать растворенные вещества. Этот метод также пригоден для очистки от последствий аварий, если можно впоследствии удалять осадок.

Очистку загрязненной почвы можно производить химическими, физическими и биологическими методами. При химической очистке почвы используют растворы поверхностно-активных веществ или сильные окислители (активный кислород и хлор, щелочные растворы). Чаще всего метод применяется для очистки почвы от нефти, его эффективность составляет до 99 %. После того как почва очищена, можно проводить ее рекультивацию. Недостатком химических методов очистки почвы являются длительные сроки (в среднем 1–4 года) и значительное количество загрязненной воды, которую тоже приходится очищать перед выбросом в окружающую среду.

Технология очистки почв, загрязненных вредными веществами, биологическим способом заключается в выращивании определенных видов растений на загрязненных участках (метод фитоэкстракции).

Этот метод дает хорошие результаты при очистке почвы от соединений кобальта, свинца, марганца, цинка и хрома, если повторяется несколько раз (рис. 1.1).

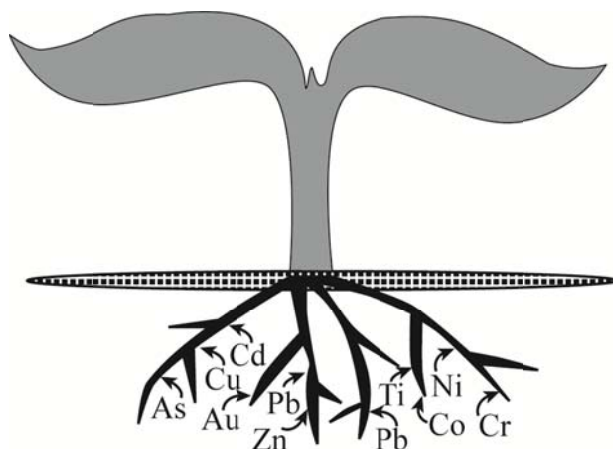


Рис. 1.1. Фитоэкстракция

По окончании процесса растения следует собрать и сжечь. Полученный пепел – это вредные отходы, которые подлежат утилизации.

Еще один биологический метод – целенаправленное усиление активности почвы при добавлении специфической микрофлоры, которая разлагает нефть. В почве создаются благоприятные условия для микроорганизмов, которые осуществляют утилизацию нефтепродуктов и нефти.

Сжиганию и терморазложению могут быть подвергнуты лишь те вещества, молекулы которых состоят из атомов углерода, водорода и кислорода. В противном случае они становятся нередко крайне опасными источниками загрязнения атмосферы, как, например, мусоросжигающие установки без высокой степени очистки, так как содержат диоксины.

Сжигание используется в случае угрозы распространения нефти на близкие водные объекты. В этом случае ликвидируется до 2/3 объема разлива, но оставшаяся часть попадает в более глубокие слои грунта. При этом в результате сжигания происходит испарение опасных химических веществ и загрязнение воздушных масс, что тоже недопустимо. Испарения могут привести в дальнейшем к выпадению загрязненных продуктами горения осадков в экологически чистых районах.

Сжигание нефти недопустимо вблизи городов и других населенных пунктов рядом с крупными промышленными объектами.

Таким образом, термическое обезвреживание нельзя рассматривать как универсальное средство очистки выбросов, каковым оно на самом деле не является.

При аварийном разливе нефтепродуктов в населенных пунктах, вблизи промышленных объектов, в помещениях предприятий и на автомагистралях

может создаться взрывоопасная ситуация. Для предотвращения нежелательных последствий место загрязнения заливается специальными пенами и засыпается сверху сорбирующими реагентами.

### **Контрольные вопросы**

1. На каком опыте основана очистка окружающей среды от вредных и токсичных веществ при авариях и пожарах?
2. Какие из известных способов очистки водоисточников наиболее экологичны?
3. Какие из известных способов очистки почв наиболее экологичны?
4. Перечислите способы очистки почв и вод от нефти. Чем опасно сжигание разливов?
5. В чем заключается достоинство биохимической очистки вод и почв?

### **1.2. Экологические проблемы тушения пенами**

Пены применяют для тушения твердых и жидких веществ. С помощью пены тушат резервуары с нефтепродуктами, пожары в трюмах, ангарах, кабельных тоннелях и т. д. Пену используют при аварийных проливах и пожарах токсичных и криогенных веществ. Достоинством пены является сокращение времени тушения и уменьшение расхода воды.

Пенообразователи, используемые для создания пены, далеко не всегда являются безопасными для ОС. В процессе тушения пена разрушается, а пенообразователи в большинстве случаев попадают в грунт и водоемы. Известны случаи, когда применение пен для тушения пожаров стало причиной экологических катастроф. Так, в Германии в 1987 г. при тушении пожара пеной загрязнение ею реки Фуртбах привело к гибели растений и рыбы. В другом случае из-за попадания в водоем только 0,5 л пенообразователя при промывке полости насоса также погибла рыба.

Степень опасности пен для экологических систем суши и водных объектов зависит от природы пенообразователей. Пенообразователи представляют собой концентрированные водные растворы поверхностно-активных веществ (ПАВ) со стабилизирующими добавками и предназначены для получения пены или растворов смачивателей, используемых при тушении пожаров.

Добавки вводят в пенообразователи для улучшения их эксплуатационных характеристик. Для стабилизации используют высшие спирты, соединения меди, полисилансы и др. Для снижения замерзания в пенообразователи добавляют антифризы (гликоли, мочевины, минеральные соли).

Пенообразователи, используемые для тушения пожаров, по химическому составу ПАВ бывают протеиновые (белковые), синтетические, фторсинтетические, фторпротеиновые [1, 2].

Пенообразователи классифицируют по способности разлагаться в окружающей среде (ГОСТ Р 50029), по кратности образуемой пены, по классу пожаров (ГОСТ 27331) и, наконец, по совокупности признаков (ГОСТ Р 50588) в зависимости от их применения [2].

**Пенообразователи общего назначения** классифицируются как синтетические углеводородные типа S (в их состав входят алкилбензолсульфонаты, сульфонаты парафинов и  $\alpha$ -олефинов). Их используют для получения пены различной кратности и растворов смачивателей при тушении горючих жидкостей, твердых горючих материалов, волокнистых и тлеющих веществ, для защиты строительных конструкций, технологических аппаратов и хранящихся материалов от воздействия тепловых потоков.

**Пенообразователи целевого назначения** используют в основном при тушении нефти, нефтепродуктов, водонерастворимых и водорастворимых горючих жидкостей. По химическому составу пенообразователи целевого назначения подразделяют: на синтетические углеводородные типа S, S'AR; синтетические фторсодержащие – AFFF, AFFFVAR, AFFF'AR-LV; фторпротеиновые – FP, FTP, FP'AR и FFFP'AR.

**Пенообразователи типа AFFF** – синтетические фторсодержащие пленкообразующие пенообразователи целевого назначения для тушения горючих жидкостей.

**FFFP** – протеиновые фторсодержащие пленкообразующие пенообразователи целевого назначения для тушения горючих жидкостей.

**FP** – протеиновые фторсодержащие пенообразователи целевого назначения для тушения горючих жидкостей.

**AFFF/AR** – синтетические фторсодержащие пленкообразующие спиртоустойчивые пенообразователи целевого назначения для тушения водорастворимых и водонерастворимых горючих жидкостей.

**AFFF/AR-LV** – синтетические фторсодержащие пленкообразующие спиртоустойчивые пенообразователи целевого назначения низкой вязкости для тушения водорастворимых и водонерастворимых горючих жидкостей.

**FFFP/AR** – протеиновые фторсодержащие пленкообразующие спиртоустойчивые пенообразователи целевого назначения для тушения водорастворимых и водонерастворимых горючих жидкостей.

**FP/AR** – протеиновые фторсодержащие спиртоустойчивые пенообразователи целевого назначения для тушения водорастворимых и водонерастворимых горючих жидкостей.

**S/AR** – синтетические спиртоустойчивые пенообразователи целевого назначения без содержания фторированного поверхностно-активного вещества для тушения водорастворимых и водонерастворимых горючих жидкостей.

**S** – синтетические пенообразователи, не содержащие фторированных поверхностно-активных веществ для тушения пожаров.



**WA** – синтетические пенообразователи, не содержащие фторированных поверхностно-активных веществ, используемых для тушения пожаров в качестве смачивателя.

**Протеиновые ПАВ** изготавливают из белковых веществ (роговой муки, костей, перьев, крови и др.). Пенообразователи на их основе содержат неорганические соли, например, сернокислое закисное железо и стабилизаторы, например, фтористый натрий. Пены на основе протеиновых ПАВ (ПО-1, ПО-6, ТЭАС, ПО-6СПС) нестойки к высоким температурам, обладают слабым коррозионным действием. Эти пенообразователи вызывают незначительное раздражение кожных покровов и слизистых оболочек глаз, но не обладают кумулятивным действием. Рабочие растворы пенообразователя безвредны.

**Синтетические углеводородные ПАВ** производятся в основном из нефти, угля, сланцев и природного газа. К ним добавляют стабилизаторы, органические растворители и ингибиторы коррозии. К недостаткам синтетических углеводородных пенообразователей относят вредное действие в высоких концентрациях на флору и фауну.

**Синтетические фторированные ПАВ (AFFF)** (фторсинтетические) получают на основе перфторуглеродных соединений ( $C_nF_{(2n+1)}$ ), производных от фторкарбоновых фторсульфоновых кислот.

**Перфторированные ПАВ** содержат гетероатомы в гидрофобной части. Химические соединения самого электроотрицательного элемента периодической системы фтора с углеродом придают ПАВ особые свойства (низкая поляризуемость и поверхностное натяжение, гидро- и олеофобность, высокая тепловая и химическая стойкость, не взаимодействуют с маслом и водой).

Фторированные ПАВ высокоэффективны в водных растворах, органических растворителях, концентрированных кислотных и основных растворителях. На поверхности горящих жидкостей они образуют паронепроницаемую пленку, которая предохраняет пену от разрушения и облегчает тушение.

Еще в 1990-х гг. была доказана экологическая опасность ПАВ на основе перфтороктанкарбоксилатов ( $C_8F_{17}COO^-$ ) и перфтороктансульфонатов ( $C_8F_{17}SO_3$ ). Они чрезвычайно стабильны в природных средах: практически не гидролизуются (период полураспада составляет десятки лет), не разлагаются в аэробных и анаэробных условиях в воде и почве микроорганизмами, токсичны, мигрируют по пищевым цепям, способны к биоаккумуляции. Поэтому с 2000 г. они отнесены к стойким органическим загрязнителям (СОЗ), и их производство и применение ограничены в США, Канаде и странах Евросоюза. Согласно Стокгольмской конвенции 2011 г. «О стойких органических загрязнителях» был введен постепенный запрет на использование пенообразователей некоторых фтор-ПАВ [3].

Производители фторированных ПАВ пытаются улучшить их токсикологические и экологические характеристики, блокируя сульфонатную группу  $(\text{SO}_4)^{-2}$ , уменьшая число атомов углерода в перфторированном радикале с  $\text{C}_8$  до  $\text{C}_4\text{--C}_6$ , применяя не полное, а частичное фторирование. Но эти действия снижают лишь кумулятивный эффект перфторированных ПАВ и не могут привести к появлению биоразлагаемого соединения. Соответственно проблема их накопления в окружающей среде решается не до конца.

Одним из эффективных направлений по снижению объемов применяемых фтор-ПАВ является разработка ГК «Пожнефтехим» пенообразователя «Аквафом S/AR». Это синтетический спиртоустойчивый пенообразователь целевого назначения не содержит фтор-ПАВ, используется для тушения водорастворимых и водонерастворимых горючих жидкостей: полярных растворителей, спиртов, нефти, нефтепродуктов, углеводородов. По фитотоксичности пороговая концентрация «Аквафом S/AR» в 25 раз выше, чем у пенообразователей типа AFFF. Это мягкое поверхностно-активное вещество, предельно допустимая концентрация которого в производственных сточных водах составляет 50 мг/л [4].

**Фторпротеиновые ПАВ** состоят из продуктов разложения протеинов и фторированных добавок, улучшающих растекаемость и стойкость пен.

Химическое строение ПАВ определяет характер контакта пены с горючим веществом.

По способности диссоциации в водных растворах синтетические ПАВ разделены на анионоактивные ( $\text{R}_1\text{R}_2\text{--C}_6\text{H}_3\text{SO}_3\text{Na}$  и др.) и катионоактивные ( $\text{R}_1\text{R}_2\text{R}_3\text{R}_4\text{N}^+$  и др.), амфолитные ( $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{N}(\text{CH}_3)_2(\text{CH}_2)\text{COO}$ ,  $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{N}(\text{CH}_3)_2(\text{CH}_2)\text{SO}_3$ ) и неионогенные (например,  $\text{R}_1\text{R}_2\text{CHO--CHO--}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_n\text{--H}$ ).

Наибольшее распространение получили ПАВ на основе анионоактивных (алкилсульфонатов, алкиларилсульфатов) и фторированных составов.

ПАВ оказывают токсическое действие на водные и наземные экосистемы.

Хорошо изучены последствия загрязнения пенами водоемов. Отрицательное воздействие пен на воду зависит от свойств ПАВ: появляется вяжущий вкус, изменение прозрачности, увеличение способности к пенообразованию, понижение концентрации кислорода, угнетение роста микроорганизмов.

Чем дольше находятся ПАВ в водоемах, тем опаснее последствия, но водная среда способна самоочищаться. Под самоочищением понимают совокупность физических, биологических и химических процессов, направленных на снижение содержания загрязняющих веществ до уровня, не представляющего угрозы для существования водных экосистем. Процессы самоочищения водоемов происходят за счет разбавления, перемешивания,

испарения, сорбции взвешенными частицами и донными отложениями, бионакопления, микробиологических превращений и химических превращений гидролизом, окислением, фотоллизом.

Для самоочищения водоемов существенную роль играет растворимость ПАВ: чем она больше, тем эффективнее разлагаются ПАВ. Это связано с тем, что для биохимического окисления вещества должны попасть внутрь клеток микроорганизмов через полупроницаемые мембраны. Из всех рассмотренных ПАВ растворимы в воде сульфатные и сульфонатные ПАВ.

Все используемые для получения пены ПАВ можно разделить в зависимости от их биологической разлагаемости на группы:

– мягкие, биологически разлагающиеся вещества (на 85 % и более), конечными продуктами разложения которых являются диоксид углерода, вода (НП-1, НП-3);

– биологически трудно разлагающиеся вещества – жесткие ПАВ со степенью разложения ниже 70 %.

Быстроразлагаемые ПАВ имеют период индукции менее 3 сут, умеренно разлагаемые – от 3 до 10 сут, медленно разлагаемые – от 11 до 25 сут, а чрезвычайно медленно разлагаемые – более 25 сут (ГОСТ 50595-93).

По способности к биологическому разрушению в зависимости от наличия в них функциональных групп ПАВ располагаются следующим образом:



Скорость биоразложения зависит от типа ПАВ и колеблется от 1 до 2 ч – для жирных кислот и от 1 до 2 дней – для линейных алкилбензолсульфонатов, до нескольких месяцев – для разветвленных алкилбензолсульфонатов.

ПАВ на основе нормальных алканов в условиях средних широт разлагаются на 60–90 % за 3 недели, а ПАВ на основе разветвленных и циклоалканов – на 40 %. Пенообразователи на основе первичных натрийалкилсульфатов (ПО-6К) разлагаются значительно эффективнее, чем вторичные натрийалкилсульфаты (ПО-3АИ) и алкилбензолсульфаты. Пенообразователь ПО-6К относится к экологически разлагаемым.

Такие ПАВ, как оксиэтилированные спирты, служащие основой пенообразователей типа ПО-7, ПО-10, плохо растворимы в воде. Оксиэтилированные спирты малотоксичны и не оказывают кожно-раздражающего действия. Биоразлагаемость этих веществ хуже, чем сульфатов. По некоторым данным, у разветвленных оксилэтилированных алкилфенолов биоразлагаемость не превышает 10 %, а у линейных оксиэтилированных алкилфенолов степень биохимического разрушения составляет 60–70 %.

Пены марок ТЭАС на основе алкилсульфатов триэтаноламина, фракция  $C_8$ – $C_{10}$  и ПО-6ТС, ПО-6ЦТ на основе алкилсульфатов триэтаноламина,

$\alpha$ -олефинсульфонатов, сульфэтоксилатов  $C_{12}$ – $C_{14}$  являются биологически жесткими и медленно разлагаемыми.

Чрезвычайно жесткими можно назвать белковые гидролизаты и перфтор ПАВ (FFFP). Эти пенообразователи и концентраты на основе перфтор ПАВ подвержены биоразложению до перфтороктан(гексан)сульфо кислот и перфтороктан(гексан)карбоновых кислот, которые также токсичны.

Пена на основе перфтороктил(гексил)этил-сульфон-амидобетаина также биологически жесткая.

Применение для пожаротушения пенообразователей на основе **перфторированных ПАВ** ( $C_nF_{2n+1}$ ) возможно лишь на объектах, позволяющих проводить сбор и утилизацию стоков, образующихся после пожаротушения.

Оптимальная температура протекания процессов биоразложения составляет 25–30 °С.

Количественной характеристикой биохимической разлагаемости ПАВ служат величины  $BХК_{O_2}$  и  $ХПК_{O_2}$  – биологическое и химическое потребление кислорода на разложение ПАВ за определенные промежутки времени. Индекс 2, 8, 10, 20 вместо  $O_2$  указывает на число дней, необходимых для окисления органического вещества (в данном случае ПАВ).

Вода для хозяйственно-бытовых нужд должна иметь следующие характеристики: содержание растворенного кислорода не менее 4 г/м<sup>3</sup> в любой период года до 12 ч дня, а биохимическая потребность в кислороде ( $БПК_{полн}$ ) – 3 г/м<sup>3</sup> (при 20 °С). Приведенные данные регламентированы «Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами».

Биологически мягкие ПАВ потребляют 30 % кислорода от того количества, которое требуется для его полного разложения, а биологически жесткие – не более 10 %.

Для оценки токсического действия (тератогенное и генетическое) ПАВ на водные объекты можно применять методы биотестирования с использованием стандартных тест-организмов, которые служат интегральной характеристикой загрязнения водоема, мерой биологического воздействия.

Применение ПАВ, безусловно, наносит вред окружающей среде. С другой стороны, тушение с применением пены уменьшает загрязнение воздушной среды токсичными и вредными продуктами горения. Использование только биологически мягких пен позволит шире применять их в пожаротушении для уменьшения воздействия пожаров на ОС.

ПАВ могут воздействовать и на человека. Токсичность ПАВ оценивается по летальной дозе ( $LD_{50}$ ) при попадании в желудок, по раздражающему действию на слизистые оболочки глаз, по дерматологическому действию на кожу и по способности изменять функциональное состояние нервной системы.

В табл. 1.1 приведены летальные дозы различных ПАВ для человека и другие экологические характеристики пенообразователей [5]. ПАВ не обладают кумулятивным действием, т. е. не накапливаются в организме.

Таблица 1.1

**Экологические характеристики некоторых пенообразователей**

Пенообразователь, ПАВ	Класс опасности	$LD_{50}$ , г/кг	ПДК, мг/л	Химическая и биохимическая разлагаемость
ПО-3А	3	3	–	–
ПО-6К	3	1,5	0,5	Жесткий
ПО-1	4	7	–	Токсичен
Сульфонол НП-3	–	2	–	Токсичен
ПО-3АИ	3	3,75	0,5	Мягкий
ПО-3НП	4	5,3	0,5	Мягкий
ТЭАС	4	7	0,5	Мягкий
ПО-6ТС	4	6,8	0,5	Мягкий
ПО-6НП	4	8,9	0,5	Мягкий
Морской	4	6,9	0,5	Мягкий
Форэтол	4	15,06	–	Жесткий
Универсальный	4	–	–	Жесткий
Хлористый сульфонол (алкилбензолсульфонат Na)	–	3	0,1(0,5)	Токсичен
Синтанол Д-3С	–	3	–	–
S/AR	4	–	50	–

Действие ПАВ на человека оказывается заметным при постоянном контакте с концентрированными ПАВ и пенообразователями.

Во избежание вредного воздействия пенообразователей и ПАВ необходимо использовать защитную одежду, после работы тщательно мыть руки и тело. При использовании пен целесообразно учитывать, что после разрушения пены вода, пролитая на тушение вместе с растворенными в ней ПАВ, через стоки, дренажные коллекторы может попасть в грунтовые воды, почву и водоемы. Для уменьшения опасных последствий попадания ПАВ в ОС следует использовать менее вредные пенообразователи и сокращать расход пены на тушение. Для сбора пен целесообразно устраивать обвалование, а также использовать синтетические поглотители ПАВ в сточной воде, пролитой при тушении пожаров.

Решение о замене биологически жестких пенообразователей на биоразлагаемые, мягкие приняла еще в 1995 г. экологическая комиссия МВД РФ.

Может возникнуть вопрос, почему ПАВ, используемые при тушении пожаров пеной, беспокоят специалистов больше, чем использование ПАВ в коммунальном хозяйстве, где масштабы потребления ПАВ гораздо больше? Причина в том, что хозяйственно-коммунальные воды подвергаются очистке перед сбросом в естественные водоемы. При пожарах же осуществить такие меры удастся далеко не всегда. И хотя известно, что пенные составы нарушают фильтрующие свойства почв, ухудшают качество питьевой воды, используемой для хозяйственных целей, губят рыбу, планктон и т. д., применение пен во многих случаях необходимо.

Пеной тушат большинство пожаров в нефтяной и нефтехимической промышленности. Ее используют для покрытия вытекающих и испаряющихся ядовитых жидкостей при авариях и пожарах, так как слой пены препятствует распространению токсичных паров в ОС. С этой целью используют фторпротеиновые и протеиновые пены на основе ОП-7, ОП-10. Алкилсульфонатные пены оказываются более стойкими при тушении пожаров агрессивных жидкостей.

Во всех случаях при использовании пенообразователей и опасности загрязнения ими ОС необходимо принимать все меры, чтобы очистить водные растворы, попадающие в канализацию, так как универсальных, эффективных и безопасных противопожарных пен в мире немного.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие свойства ПАВ: кратность, плотность, термостойкость, биохимическая окисляемость определяют экологическую опасность пен?
2. Какая величина наиболее надежно характеризует биохимическую разлагаемость в воде поверхностно-активных веществ (ПАВ), которые содержатся в пенах?
3. Какие процессы происходят в водоемах при самоочищении от поверхностно-активных веществ (ПАВ), входящих в состав пен?
4. Чем отличаются синтетические фторсодержащие пенообразователи типа АFFF от протеиновых, синтетических алкилсульфатов и алкилсульфонатов по экологическим свойствам?

### **1.3. Практические приемы предотвращения и ликвидации экологических последствий аварий**

Аварийно химически опасные вещества (АХОВ) и химически опасные вещества (ХОВ) загрязняют окружающую среду и, обладая высокой токсичностью, способны вызывать массовые отравления людей и животных.

По механизму действия АХОВ делятся на вещества:

- преимущественно удушающего действия (хлор, фосген, дифосген, хлорпикрин, хлорид серы, фтор и его соединения и др.);
- преимущественно общеядовитого действия (оксид углерода, цианиды, анилин, гидразин и др.);
- удушающего и общеядовитого действия (сероводород, диоксид серы, азотная кислота, оксиды азота и др.);
- нервно-паралитического действия (фосфорорганические соединения);
- удушающего и нейротропного действия (аммиак);
- нарушающего клеточный обмен (метаболические яды<sup>1</sup>, сероуглерод, метилбромид, дихлорэтан, диоксины и бензофураны).

АХОВ могут проникать в организм через дыхательные пути, слизистую оболочку глаз, через желудочно-кишечный тракт с пищей и загрязненной водой, через кожные покровы.

Химические вещества, являющиеся причиной аварии, по скорости развития патологических нарушений делятся на группы быстрого и замедленного действия.

*У первой группы* симптомы интоксикации наблюдаются в течение нескольких минут (циановодород, акрилнитрил, сероводород, оксид углерода, оксиды азота, хлор, аммиак, инсектициды, фосфорорганические соединения и др.).

*У второй группы* симптомы интоксикации наблюдаются в течение нескольких часов (динитрофенол, диметилсульфат, метилбромид, метилхлорид, оксихлорид фосфора, окись этилена, трихлорид фосфора, фосген, хлорид серы, этиленхлорид, этиленфторид и др.).

В случае аварий вокруг источника выброса и сброса АХОВ образуется зона химического загрязнения. Это территория или акватория, в пределах которой распространены химически опасные вещества в концентрациях или количествах, создающих опасность для жизни и здоровья людей, для животных и растений в течение определенного времени.

В табл. 1.2 приведены токсичные свойства основных АХОВ и меры первой помощи при поражении ими [6].

---

<sup>1</sup> К метаболическим ядам (цитотоксикантам) относят химические соединения, нарушающие клеточный обмен веществ (все галогенированные ароматические углеводороды, особо активные полихлорированные дибенздиоксины и бензофураны, обладающие раздражающим и кожно-нарывным местным действием).

Таблица 1.2

## Токсические свойства основных АХОВ и меры первой помощи при поражении ими

№ п/п	Вид АХОВ (ПДК <sub>гр</sub> , мг/м <sup>3</sup> )	Запах, токсодоза пораж./смерт., г·мин/м <sup>3</sup>	Средства нейтрализации	Пределы воспламенения, % (об.)	Первые признаки поражения	Первая врачебная помощь
1	Акролеин – бесцв. летучая жидк., ферментный яд (2)	Резкий –/–	Гашеная известь, аммиачная вода, щелочи, 30%-ный раствор гидроксид-аммиака	Взрывоопасен, 2,8–31	Раздражение слизистых и кожи, кашель, рвота, слабость	Промыть желудок через зонд, кислород, кордиамин, эфедрин – подкожно
2	Аммиак – бесцв. газ, нервный яд (20)	Резкий, раздражающий 15/100	Водные растворы кислот	Горюч, взрывоопасен в смеси с воздухом, 15–28	Резь в глазах, кашель, удушье, сердцебиение	При затрудненном дыхании 1 мл 1%-го раствора диметрола подкожно, госпитализация
3	Ангидрид сернистый – бесцв. газ, раздражающий яд (10)	Резкий, раздражающий 1,8/70	Аммиачная вода, водные растворы щелочей, гашеная известь	Негорюч	Раздражение слизистых и кожи, резь в глазах, затруднено дыхание	В глаза 2–3 капли 30%-го раствора альбурцида, на кожу примочки 2%-ной уксусной кислоты. При затрудненном дыхании 1 мл 0,1%-го раствора сернистого атропина, 1 мл 1%-го диметрола подкожно
4	Ацетонитрил – бесцв. летучая жидк., нервный яд (10)	Запах неприятный 21,6/–	Гашеная известь, аммиачная вода, щелочи, 30%-ный раствор гидроксид-аммиака	Взрывоопасен в смеси с воздухом, 3,8	Ожоги, головная боль, тошнота, слабость	Внутримышечно 1 мл 5%-го диметрола, кислород
5	Бензол – бесцв. жидк., высокоопасная (5,0)	–/–	Пористые материалы с поглощающим выжиганием	Горюч, взрывоопасен в смеси с воздухом, 1,4–8	Сонливость, головная боль, головокружение, рвота, аритмия, судороги, потеря сознания	0,25 амидопирин или 5 мл 4%-го раствора – внутримышечно. При низком давлении – 2–3 мл 3%-го раствора преднизолона внутримышечно



6	Водород хлористый – газ (5,0)	Резкий 2/200	Гашеная известь, аммиачная вода, щелочи	Не взрывоопасен	Кашель, удушье, рвота, зуд, потеря сознания	Свежий воздух, слизистые промыть водой, в глаза –30%-ный альбуцид, при кашле – кодеин
7	Водород цианистый – летучая жидк., общецеллюлита (0,3)	Миндаля 0,2/1,5	Аммиачная вода, щелочи	Взрывоопасен в смеси с воздухом, 5,6–40	Онемение языка, судороги, потеря сознания, кома	Свежий воздух, кислород, кожу промыть водой
8	Диметилгидразин несимметричный – бесцв. жидк., кровяной яд (0,06 за 60 мин)	Резкий 100/400	Хлорная известь, ДТС-ГК, НПК (гипохлорит кальция)	Взрывоопасен, легко воспламеняется, 2–95	Раздражение глаз, слизистых, отечность, слабость, паралич	–
9	Кислота азотная – желтоватая жидк. (0,15)	Резкий, раздражающий 1,5/7,8	Аммиачная вода, щелочи, известь гашеная	Не горюча	Ожоги, раздражение слизистых	Масляные ингаляции с новокаином и эфедрином; при ожоге подкожно папаверин 1%-ный 1,0 мл; при болях – промедол 2%-ный 1 мл, внутривенно, глюкоза 5%-ная – 500 мл, 2%-ный новокаин 50 мл, сода 4%-ная – 500 мл
10	Кислота серная – маслянистая прозрачная жидк., раздражающий яд, агрессивна (1)	–/–	Гашеная известь, доломит, щелочи, аммиачная вода	Не горюча, концентрированная вызывает воспламенение горючих веществ	Ожоги	Свежий воздух, вдыхание паров этилового спирта, модро с содой, искусственное дыхание, кожу и глаза промыть водой
11	Метиловый спирт – бесцв. летучая жидк. (5)	Винный 10/30–100	Выжигание	Легко воспламеняется, взрывоопасен в смеси с воздухом, 7–35,5	Опьянение, коллапс, кома	–

Окончание табл. 1.2

№ п/п	Вид АХОВ (ЦДК, мг/м <sup>3</sup> )	Запах, токсодоза пораж./смерт., г·мин/м <sup>3</sup>	Средства нейтрализации	Пределы воспламенения, % (об.)	Первые признаки поражения	Первая врачебная помощь
12	Метилакрилат – бесцв. жидк., раздражающий яд (20)	Резкий –/–	Хлорная известь, ДТС-ГК, НПК	Легко воспламеняется, с взрывом взрывоопасен, 2,3–13	Головная боль, расстройство дыхания, судороги, потеря сознания	Подкожно 1 мл 10%-го кофеина, при судорогах 10 мл 25%-го раствора сернокислой магнезии, 2 мл седуксена, госпитализация
13	Метиламин – бесцв. газ, нервный яд (1)	Аммиачный 4,8/–	Водные растворы кислот	В смеси с взрывом взрывоопасен, 4,9–20,8	Слабость, тошнота, насморк, кашель, резь в глазах, одышка	Кожу и глаза промыть водой или 2%-ной борной, в глаза – 2–3 капли 30%-го альбурцида
14	Метилизоцианат – бесцв. жидк., удушающий яд (0,05)	Резкий –/–	Водная завеса, аммиачная вода, выжигание	Легко воспламеняется, 5,3–26	Резь в глазах, удушье, раздражение кожи	Покой, кожу промыть водой в глаза 2–3 капли 30%-го альбурцида
15	Метилмеркаптан – бесцв. газ, нервный яд (0,8)	Резкий, неприятный –/–	Хлорная известь, гипохлориты, щелочи, аммиачная вода	Горюч, взрывоопасен, 3,9–21,8	Головная боль, тошнота, судороги	Увлажненный кислород, искусственное дыхание, слизистые промыть 2%-ным раствором соды
16	Нитрил акриловой кислоты – бесцв. жидк., ферментный яд (0,5)	Неприятный 0,7/57,0	Щелочная известь, аммиачная вода	Легко воспламеним, с водой взрывоопасен, при горении ядовит, 3–17	Ожоги, головная боль, слабость, тошнота, судороги, диарея	Кислород, подкожно или внутривенно 10%-ный раствор кордиамина, 1–2 мл 5%-го кофеина, при судорогах – седуксен, желудок промыть через зонд
17	Четырехокись азота кристаллическая – жидк. бурая, раздражающий яд (5,0)	Неприятный 1,5/7,8	Щелочная вода	Пожароопасен в смеси с горючими веществами	Кашель, головная боль, рвота, отек легких, страх	Свежий воздух. 1 мл 5%-го эфедрина, кордиамин, 1–2 мл 10%-го кофеина подкожно

18	Окись этилена – бесцв. газ, нервный яд (1,0)	Эфира –/–	Аммиачная вода, щелочи	С воздухом взрывоопасен, 3,2–100	Сердцебиение, головная боль, рвота, раздражение слизистых	Свежий воздух, кислород. Первая врачебная – госпитализация
19	Ртуть – жидкий металл (0,01)	0,13-0,8/–	–	–	Слабость, головное головокружение, пневмония	Госпитализация
20	Соляная кислота – бесцв. жидк. (5)	2,0/200	Гашеная известь, доломит, сода, щелочи, аммиачная вода	Агрессивна	Кашель, удушье, зуд кожи, ожог, рвота с кровью	3%-й преднизолон внутримышечно, при бронхоспазме – 2 мл 5%-го эфедрина внутривенно
21	Толуилдизоцианат – бесцв. жидк., раздражающий яд (0,05)	Неприятный 5 г/кг веса/–	Аммиачная вода, раствор щелочей	Горюч, взрывоопасен, 1,1–7,6	Кашель, раздражает слизистые, удушье	Свежий воздух, кислород
22	Фенол – бесцветные кристаллы (0,3)	Характерный 8,8–12,2/–	Хлорная известь, ДТС-ГК, НК, щелочи, выжигание	Горюч, 1,5–8,8	Тошнота, кашель, рвота, головная боль, судороги	Масляная ингаляция с новокаином, 0,5 мл внутривенно; глюкоза 5%-ная – 500 мл; 2%-ный новокаин 50 мл; сода 4%-ная – 500 мг; при снижении давления – полиглюкенин 400 мг; преднизолон 60–120 мг
23	Формальдегид – бесцв. газ, ферментный яд (0,5 мг/м)	Удушья резкий 0,6/–	Хлорная известь, щелочи, гипохлориты	С воздухом взрывоопасен, 7–73	Резь в глазах, кашель, удушье, головная боль, судороги	Кислород, пары воды с нашатырным спиртом, кислород
24	Хлор – зелено-желтый газ, удушьяющий яд (1,0)	Резкий, удушьяющий 0,6/6	Аммиачная вода	Пожароопасен в контакте с горючими материалами	Резь в глазах, слезы, кашель, удушье, остановки дыхания	В глаза преднизолоновая мазь, при одышке 1 мл 1%-го атропина, 1 мл 1%-го димедрола

К ликвидации последствий выброса АХОВ и ХОВ в окружающую среду относится ограничение истечения ядовитой жидкости (пара) из поврежденной емкости путем перекрытия задвижек на трубопроводах, перекачки жидкости из аварийной емкости в запасную, обвалование, сбор в естественные и искусственно созданные заглубления-ловушки (ямы, канавы, кюветы), в полиэтиленовые или пластиковые мешки с последующей отправкой на утилизацию, другие способы.

Для снижения скорости испарения АХОВ ( $W$ ) и ограничения масштабов распространения используют нейтрализацию АХОВ растворами химически активных реагентов, поглощение сыпучими адсорбентами (грунт, песок, шлак, уголь или его пыль, керамзит, опилки), изоляцию АХОВ пенами, водяными завесами (для водорастворимых веществ), пленочными материалами и др. (см. табл. 1.2).

Интенсивность испарения  $W$ , т/мин, АХОВ рассчитывается по формуле [6]

$$W = 10^{-6} SP \sqrt{M(5,38 + 2,7u)},$$

где  $S$  – площадь пролива, м<sup>2</sup>;

$P$  – давление насыщенного пара (мм рт. ст.);

$M$  – молекулярная масса пролитого АХОВ;

$u$  – скорость ветра, м/с, на высоте 10 м (на высоте флюгера).

Количество АХОВ в разливе (на момент начала обезвреживания) определяется по данным специалистов пострадавшего объекта или по формуле [4]

$$V_{\text{АХОВ}} = V_{\text{АХОВ}}^X - WT_a,$$

где  $V_{\text{АХОВ}}$  – количество АХОВ в разливе на момент начала работы, т;

$V_{\text{АХОВ}}^X$  – количество вылившихся АХОВ, т;

$W$  – интенсивность испарения АХОВ, т/мин;

$T_a$  – время, прошедшее с момента аварии, мин.

Снижения скорости испарения АХОВ добиваются за счет разбавления их водой или нейтрализующими растворами при подаче в виде мелкодисперсного аэрозоля или компактной струи для нейтрализации концентрированных кислот, окислителей и других веществ, интенсивно реагирующих с водой.

#### **Основные свойства обезвреживающих (нейтрализующих) веществ**

**Аммиачная вода (NH<sub>4</sub>OH)** – водный раствор аммиака, содержащий 18–25 % NH<sub>3</sub> – бесцветная, прозрачная, летучая жидкость (0,91–0,93 г/см<sup>3</sup>). Применяют для нейтрализации легкоиспаряющихся АХОВ в основном кислотного характера (хлор, фосген, окислы азота, сернистый газ, хлористый водород, окись этилена, фтористый водород, цианистый водород,

концентрированные азотная и соляная кислоты, трифторид хлора, сероводород, акрилонитрил и др.).

**Едкий натр (NaOH)** – обычно применяется в виде водных растворов 5–10%-й концентрации с температурой замерзания до  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Используют для нейтрализации АХОВ кислотного характера (хлор, фосген, окислы азота, хлористый водород, фтористый водород, сернистый газ, соляная, серная и азотная кислоты, акрилонитрил, синильная кислота и др.) Щелочные растворы агрессивны к алюминию и его сплавам.

**Кальцинированную соду ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )** используют для нейтрализации АХОВ кислотного характера в виде 5–10%-го водного раствора или сыпучего материала.

**Хлорную известь** – смесь 35%-го гипохлорита кальция ( $\text{CaOCl}_2$ ), 15%-й гидроксида кальция  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , 30%-го хлористого кальция ( $\text{CaCl}_2$ ), 10%-го карбоната кальция ( $\text{CaCO}_3$ ) применяют в сухом виде и в виде суспензии для обезвреживания ряда малолетучих АХОВ на местности.

**Гидроксиламин ( $\text{NH}_2\text{OH}$ )** – хорошо растворим в воде. Водные растворы гидроксиламина (например, 30%-ной концентрации) используют для нейтрализации АХОВ (акролеин, ацетонитрил и др.).

**5–10%-ные водные растворы серной кислоты ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )** используют для нейтрализации АХОВ, обладающих щелочными свойствами (аммиак, анилин, диметиламин и др.).

**5–10%-ные водные растворы соляной кислоты (HCl)** также используют для нейтрализации АХОВ щелочного характера, хотя они могут вызывать сильную коррозию алюминия и его сплавов. Поэтому для нейтрализации этих АХОВ предпочтительнее использовать 5–10%-ные растворы щавелевой и уксусной кислот, которые являются слабоагрессивными жидкостями по отношению к конструкционным материалам и относительно безопасными в обращении.

**Моноэтанолламин ( $\text{HO}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{NH}_2$ )** обладает щелочной реакцией и хорошо поглощает кислые газы (диоксид углерода, диоксид серы, сероводород). Применяют в качестве добавки при приготовлении растворов для обезвреживания АХОВ при низких температурах воздуха.

**Сульфид натрия ( $\text{Na}_2\text{S}$ )** – применяют в качестве добавки при приготовлении растворов для обезвреживания таких веществ, как хлор, оксиды азота, сернистый газ, хлористый и фтористый водород, окись этилена, фосген и др.

Перечисленные вещества помогают предотвратить распространение АХОВ и ХОВ в подземные коммуникации, ливневую канализацию, подвалы зданий и сооружений, в почву, реки, другие водисточники.

## Контрольные вопросы

1. В каких целях используют пены при авариях и пожарах?
2. Какие способы применяют для ликвидации последствий выброса АХОВ и ХОВ в окружающую среду?
3. Какие меры первой помощи применяют при поражении токсичными веществами при авариях (см. табл. 1.2)?

### 1.4. Экологическая безопасность тушения порошками

В качестве основы огнетушащих порошков используются простые неорганические соединения: карбонаты  $K_2CO_3$  (поташ),  $Na_2CO_3$ , бикарбонаты  $KHCO_3$ , фосфаты (моноаммонийфосфат  $NH_4H_2PO_4$ , диаммонийфосфат  $(NH_4)_2HPO_4$ , триаммонийфосфат  $(NH_4)_3PO_4$ ), сульфаты  $K_2SO_4$ , хлориды  $KCl$ , мочевины  $CH_4N_2O$  и ее соединения, оксид кремния  $SiO_2$  (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Свойства огнетушащих порошков

Марка порошка	Основное вещество
Пирант-АН	Фосфаты аммония
Пирант-А, П-2АПМ П-2АП ВЕКСОН-ВС	Фосфаты аммония
ПСБ-3	Бикарбонат натрия
П-4АП, П-ФКЧС-2 Феникс АВС-70 ПТМ, Волгалит	Аммофос
ПВК-1	Мочевина
СИ-2	Силикагель и хладон 114В2
Аэросил	Высокодисперсный диоксид кремния, модифицированный диметилхлорсиланом
ПХК	Хлорид калия
ПСБ-3М	Бикарбонат калия
ПГХК «Завеса»	Фосфаты аммония
Пирант-М	Мочевина, поташ

Кроме того, применяют смеси названных солей и реже бораты, тартраты, оксалаты, цитраты и другие соли. Для обеспечения необходимых эксплуатационных свойств в огнетушащие порошки вводятся добавки: тальк, каолин, мел, гипс, вермикулит, перлит, цеолит и др. Используют также графит, трикальцийфосфат, соединения бора, сульфид кобальта, сульфат бария, карбонат магния и кальция, диоксид кремния, стеараты, алюминиевые, кремнийорганические соединения и ПАВ.

Огнетушащие порошковые составы – мелко измельченные минеральные соли, содержащие добавки, препятствующие слеживаемости и комкованию. Порошки обладают высокой огнетушащей способностью, могут предупреждать взрыв, а также подавлять горение материалов, которые невозможно тушить водой (металлы, некоторые металлосодержащие соединения). Во ВНИИПО МЧС России также разработаны порошки, с помощью которых можно тушить пожары пиррофорных материалов и веществ, реагирующих с водопенными средствами со взрывом.

Пиррофорные вещества – жидкие или твердые вещества, которые воспламеняются при контакте с воздухом в течение 5 мин даже в малых количествах. Эти вещества наиболее подвержены самовозгоранию<sup>1</sup>.

При тушении порошками наблюдаются следующие явления<sup>2</sup>: «разбавление горючей среды газообразными продуктами разложения порошка или порошковым облаком, охлаждение зоны горения, возникновение эффекта огнепреграждения, обусловленного прохождением пламени через узкие каналы между частицами порошка, а также ингибирование химических реакций в пламени. Последнее может осуществляться как в газовой фазе, так и на поверхности частиц». В зависимости от выбранного способа тушения доминирует один из указанных выше процессов.

Порошковые составы подают на поверхность горючего, чтобы прекратить доступ воздуха. При подаче в зону горения действие порошка проявляется в ингибировании процесса горения<sup>3</sup>.

Различают порошки *общего* и *специального назначения*. При тушении органических горючих веществ и материалов порошками общего назначения используют прием тушения по объему.

Порошками специального назначения тушат некоторые металлы путем изоляции горячей поверхности от окружающего воздуха.

Огнетушащая способность порошков общего назначения повышается с увеличением их дисперсности. Огнетушащая способность порошков специального назначения почти не зависит от степени их дисперсности.

По ГОСТ Р 27331-87 Пожарная техника. Классификация пожаров выбор огнетушащих составов (типа порошка) зависит от класса пожара. Для твердых веществ, металлов и металлоорганических соединений это, как правило, порошки для поверхностного тушения, а для горючих газов и жидкостей – порошки объемного тушения.

---

<sup>1</sup> Режим доступа : <https://official.academic.ru/17249>

<sup>2</sup> Баратов А. Н., Иванов Е. Н. Пожаротушение на предприятиях химической и нефтеперерабатывающей промышленности. 2-е изд., перераб. – М. : Изд-во «Химия», 1979. – 113 с.

<sup>3</sup> Евтюшкин М. Н., Повзик Я. С. Справочное пособие по пожарной тактике. – М., 1975. – 100 с.

В зависимости от химического состава основного компонента огнетушащие порошки на основе фосфорно-аммонийных солей предназначены для тушения пожаров классов: А, В, С, Е на основе бикарбоната натрия – В, С, Е; на основе хлорида калия – В, С, Е, Д (В, С, Д)<sup>1</sup>.

Огнетушащие возможности порошка устанавливаются при испытаниях в установленных стандартных условиях. Однако эффективность применения порошка зависит от правильного выбора техники и тактики тушения.

Порошки должны длительное время сохранять свои огнетушащие и эксплуатационные свойства: не изменять гранулометрический состав, легко разрыхляться после уплотнения и приобретать свойства текучести, транспортироваться по трубопроводам и пожарным рукавам под давлением газа, распыляться в виде аэрозоля.

К недостаткам порошков относятся: потеря при тушении в течение некоторого времени видимости в результате образования облака порошка (особенно это ощутимо в закрытых помещениях); сложности в обслуживании и эксплуатации технических средств подачи порошков; отсутствие у порошка охлаждающего эффекта, вероятность повторного воспламенения материалов; ограниченность проникающей способности внутрь волокнистых и пористых горючих материалов, а также в затененные малодоступные места помещений и оборудования.

Положительные и отрицательные характеристики порошков учитываются при разработке средств порошкового пожаротушения.

С точки зрения экологии установки порошкового пожаротушения обладают рядом достоинств: отсутствием в их составе токсичных и озоноразрушающих веществ, низкой коррозионной активностью, химической инертностью, так как основой большинства порошков являются минеральные удобрения [7].

Иногда за рубежом в качестве добавок используют фторированные ПАВ и вещества, выделяющие в процессе нагревания азот.

Большинство огнетушащих порошков – нетоксичные соединения. Бикарбонат натрия не ядовит, а фосфат и сульфат аммония используют в качестве удобрений в сельском хозяйстве. Порошки на основе карбонатов и диаммонийфосфатов не оказывают значительного вредного воздействия на человека, животных и растения.

Порошки группы Пиранта оказывают слабое раздражающее действие на кожу и слизистую оболочку глаз, но не являются аллергенами.

Однако, попадая в пламя, некоторые порошки разлагаются с образованием соединений, которые могут быть токсичны. В табл. 1.4 приведены составы продуктов терморазложения некоторых порошков.

---

<sup>1</sup> Режим доступа : <http://www.pogaranet.ru/qa/421.html>



Составы продуктов терморазложения некоторых порошков

Вещество в огнетушащем порошке	$t_{\text{разл}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{пл}}, ^\circ\text{C}$	Продукты разложения
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	218	–	$\text{NH}_3, \text{SO}_2, \text{SO}_3$
$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	70	–	$\text{NH}_3, \text{P}_2\text{O}_5$
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	–	190	$\text{NH}_3, \text{P}_2\text{O}_5$
$\text{SiO}_2$	–	1610–1730	$\text{SiO}_2$
$\text{K}_2\text{CO}_3$	–	891	$\text{CO}_2, \text{K}_2\text{O}$
$\text{KHCO}_3$	100	–	$\text{CO}_2, \text{K}_2\text{O}$
$\text{K}_2\text{SO}_4$	–	1070	$\text{SO}_2, \text{SO}_3, \text{K}_2\text{O}$
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	–	852	$\text{CO}_2, \text{Na}_2\text{O}$

Порошки на основе карбамида, например «Монекс», в зоне горения способны выделять оксид углерода и диоксид углерода, аммиак.

Порошок ПСБ-3 на основе бикарбоната натрия в зоне горения способен разлагаться с образованием ничтожного количества карбоната натрия:



Как видно из табл. 1.4, в процессе тушения порошками могут образовываться токсичные вещества: аммиак, оксиды углерода, фосфора, азота.

Почему же порошковые установки автоматического пожаротушения нельзя применять в местах с массовым пребыванием людей до их полной эвакуации?

При распылении в воздухе порошковые средства тушения представляют сложную аэродисперсную систему, состоящую из дисперсной фазы, представленной частицами твердого вещества, или нескольких веществ и дисперсионной среды, представленной смесью газов и частиц жидкости. Частицы дисперсной фазы аэрозолей имеют размеры  $10^{-9}$ – $10^{-5}$  м.

Вдыхание человеком аэрозолей преимущественно фиброгенного действия является причиной ряда профессиональных заболеваний органов дыхания (пылевой бронхит, пневмокониозы, рак легких и др.). Фиброгенным называется такое действие пыли, при котором в легких происходит разрастание соединительной ткани, нарушающее нормальное строение и функции органа (ГОСТ 54578-2011).

Размер частиц определяет способность аэрозолей проникать в дыхательные пути. Частицы величиной 10 мкм ( $10^{-5}$  м) и более задерживаются в верхних дыхательных путях и бронхах. Микрочастицы размером до 5 мкм ( $5 \cdot 10^{-6}$  м) – респирабельные фракции – способны проникать в альвеолы и задерживаться в них.

На устойчивость аэрозоля в воздухе и поведение в организме влияет форма частиц, которая может быть различной: сферической, плоской, волокнистой, игольчатой и др. Частицы, имеющие острые края, попадая на

слизистые оболочки верхних дыхательных путей, глаз и кожу, могут оказывать травмирующее и раздражающее действие. Частицы, имеющие пластинчатую и игольчатую форму, могут длительно витать в воздухе, даже если размер их равен 50 мкм и более. Нитевидные частицы асбеста, хлопка и др., находясь в воздухе, практически не оседают, даже если длина их превышает сотни и тысячи микрон.

Для оценки опасности и вредности для здоровья человека наряду со степенью дисперсности аэрозолей основным показателем служит весовая концентрация (число миллиграммов распыленного вещества в 1 м<sup>3</sup> воздуха) [8].

Все аэрозоли фиброгенного действия подразделяются на высоко-, умеренно- и слабофиброгенные, что отражается в гигиеническом нормировании (учитывается при гигиеническом контроле и классификации условий труда по показателям вредности) [9].

Вредное влияние на живые организмы могут оказывать эксплуатационные добавки в порошки на основе оксида кремния. Диоксид кремния (кремнезем) обладает высокой фиброгенной активностью.

По степени воздействия на человека огнетушащие порошки общего назначения относят к III классу опасности. Попадание продуктов разложения порошков в организм может вызвать раздражение и заболевание дыхательных путей. Негативно действуют на организм аммиак, оксиды серы и углерода. Поэтому безвредность порошков относительна, все зависит от концентрации в зоне присутствия людей.

По сравнению с концентрацией собственно токсичных продуктов горения риск загрязнения воздуха порошками невелик, но населению во избежание последствий для здоровья целесообразно защищать органы дыхания противопылевыми респираторами типа ШБ-1: «Лепесток», «Кама», УЭК, РПГ-67 и др.

Так как большинство порошков в целом безвредно для ОС, то А. Н. Баратов и Л. П. Вогман рекомендовали использовать порошки типа ПСБ в качестве моющих средств в технике. Это относится к неиспользованным порошкам с истекшим сроком годности.

Порошки на основе аммонийфосфата, калийных солей и карбамида можно применять в качестве удобрений, если они не загрязнены продуктами сгорания и горючими материалами.

Эффективность тушения, возможность утилизации порошков и их относительная безопасность для ОС делают тушение порошками одним из самых экологически оправданных способов борьбы с пожарами.

Применение природного материала – вермикулита на основе  $\{(OH_2)(Mg, Fe)_3 [Si, Al_4O_{10}] 4H_2O\}$  – позволяет не только потушить опасный пожар, но и одновременно очистить воздух от аэрозолей, которые сорбируются на частицах порошка вермикулита размером 0,63–1,6 мм. Эффективность очистки достигает 99 %.

В целом целесообразность использования природных материалов и особенно промышленных минеральных отходов в качестве порошковых средств тушения не вызывает сомнений. Вместе с тем необходимо обращать внимание на минеральный состав отходов, так как в порошках могут находиться тяжелые металлы и их соли, которые токсичны. Применение порошковых составов с использованием принципов импульсной модели подачи порошков в зону горения расширяет возможности эффективного пожаротушения за счет сокращения времени горения. С позиций экологической безопасности этот метод также эффективен.

### **Контрольные вопросы**

1. Какова степень экологической опасности огнетушащих порошков?
2. Какие свойства частиц в составе аэрозоля влияют на здоровье человека при поступлении в организм?
3. Как используют огнетушащие порошковые составы, если истек срок их годности?
4. Чем отличается аэрозоль порошковых средств тушения от аэрозоля, образующегося при горении?

### **1.5. Экологические проблемы использования воды при ликвидации пожаров и аварий**

Вода, используемая для целей пожаротушения, также может быть причиной загрязнения окружающей среды [10].

Хотя большинство пожаров и тушится водой, общий расход воды на пожаре составляет ничтожную часть по сравнению с потреблением воды на другие хозяйственные цели. Экологическая опасность тушения водой заключается в том, что загрязненная вредными химическими веществами вода может попасть в грунт, реки и озера. Такие явления отмечены при крупных пожарах в техносфере.

Один из характерных примеров – авария в 1982 г. в Морли (Великобритания). На складе, где возник пожар, в барабанах, пластмассовых бутылках и картонных коробках хранились гербициды (паракват и дикват), а также октилфенол ( $t_{пл} = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Хотя пожарные прибыли на место вовремя, тем не менее пожар продолжал развиваться: горели все запасы октифенола и деревянное оборудование склада. В результате пожара примерно четверть запасов гербицидов вместе с водой, применявшейся пожарными для тушения, попала в протекавший неподалеку ручей. Развалины сгоревшего склада, где остался гербицид, во время ливневых дождей продолжали служить источником загрязнения природной среды еще в течение длительного времени.

Подобное загрязнение водоема произошло в 1986 г. в г. Каннине (Канада). При тушении склада, где хранилось 11 т ядохимикатов 45 наименований, 1 000 м<sup>3</sup> воды попало в пруд, вызвав гибель рыбы и растительности. Из 1 000 м<sup>3</sup> воды, пролитой на тушение, в специальный водоем было собрано всего 36 м<sup>3</sup>. Для обеззараживания этой воды были использованы активированный уголь, а затем и концентрирование находящихся в воде загрязнителей. На очистку потребовалось 20 дней.

Меры по предотвращению попадания загрязненной воды при тушении пожаров в водоемы и на грунт предпринимаются много лет. Однако окончательным поводом к практическим шагам по обеззараживанию пролитой на тушение пожара воды, сокращению ее сброса в естественные водоемы послужили последствия пожара на фирме «Сандос» (1986 г.) в Швейцарии и в г. Каннине, приведшие к экологическим катастрофам. После этого в ряде стран были разработаны документы, обязывающие предпринимать меры по сбору воды, использованной для тушения пожаров. Например, в Дании для сбора пролитой на тушение пожара воды предложено использовать бассейны, предназначенные для сбора дождевой воды. Можно использовать обвалования, водоприемники из резервуаров или цистерн, находящихся вблизи складских помещений с опасными материалами. Размеры преград, бассейнов и т. д. в каждом отдельном случае зависят от типа хранимых веществ и других факторов, например, уровня противопожарной защиты объекта, расхода воды на пожаротушение.

Для обеззараживания воды, использованной на тушение, предлагается применять специальные агенты с поглотительной способностью до 500 мг/г, образующие с водой гели вязкостью 250 Пз (для сравнения: вязкость сгущенного молока 4 Пз, майонеза 80 Пз).

Смачиватели и соли способствуют адсорбции воды на поверхности многих твердых горючих материалов, что снижает время тушения и расход воды и является одним из путей экологического решения проблемы тушения пожаров. Так, применение воды со смачивателем (20%-ный раствор диаммонийфосфата) позволило на одном из пожаров снизить потребность в огнетушащем средстве на 10–15 % и сократить время тушения.

Растворение в воде нитратов, щелочных металлов и гидроокиси калия обеспечивает эффективное осаждение дыма и создание огнезащитного покрытия на поверхности горючего, снижающего выход продуктов разложения.

Одновременно с мерами предосторожности при использовании воды на тушение, заключающимися в ее сборе и обеззараживании, можно искать и другие пути сохранения ОС. Так, использование автоматических пожарных извещателей и спринклеров для локализации пожаров на ранней стадии одновременно сокращает объем выбросов токсичных продуктов горения и расход воды. Если же использовать спринклерную систему с замкнутым

циклом использования воды или сбор воды в специальные резервуары, то экологические преимущества тушения пожаров очевидны.

К числу мер, направленных на уменьшение вреда ОС при тушении, следует отнести способы тушения отдельных пожаров с помощью диспергированной воды, что сокращает ее расход. Струя температурно-активированной воды (ТАВ) резко снижает температуру пламени, осажда-ет дым, эффективно тушит пожары [11].

Итак, сточные воды, образующиеся при тушении пожаров водой, представляют серьезную угрозу ОС. С учетом природы всех возможных загрязнителей, которые содержат сточные воды от пожаров, сбор воды и ее обеззараживание должны проводиться в специальных установках, так как в воде могут содержаться не только токсичные, но и агрессивные вещества, которые при попадании в очистные коммунальные сооружения могут вывести последние из строя. Кроме того, очистные сооружения общего назначения не всегда способны очищать воду от специфических загрязни-телей, например, диоксинов, полихлорированных бифенилов и т. д., кото-рые образуются при пожарах и авариях на предприятиях химической про-мышленности, складах, иных объектах.

### **Контрольные вопросы**

1. Почему вода, которая была использована для тушения пожара и ликвидации аварии, является загрязнителем окружающей среды?
2. Почему воду, используемую для ликвидации аварий АХОВ и ХОВ или пролитую на тушение пожаров, опасно направлять в очистные сооруже-ния, предназначенные для очистки вод коммунального хозяйства?
3. Какие преимущества имеет температурно-активированная вода (ТАВ) перед иными способами ее применения при тушении пожаров?

### **1.6. Сравнительная характеристика экологичности огнетушащих веществ и средств ликвидации аварий**

Для окружающей среды опасность представляют некоторые огнетушащие вещества и составы, используемые для ликвидации аварий. Из порошковых огнетушащих средств наиболее безопасны составы на основе фосфатов, сульфатов, карбонатов. Пенообразователи в своем большинстве вредны для флоры и фауны при попадании в грунт и водоемы.

Из газообразных огнетушащих составов наиболее опасны хладоны 13В1, 12В1, 114В2, но их уже не применяют для тушения пожаров.

Инертные газы не причиняют вреда ОС, но при огнетушащей концен-трации в десятки процентов (например,  $\text{CO}_2$  – 30 % (об.)) они представляют угрозу жизни, так как препятствуют нормальному дыханию в обедненной

кислородом среде. Это особенно опасно в закрытых помещениях при внутренних пожарах [12].

Вода, загрязненная продуктами горения, горючим, а также всевозможными добавками, повышающими ее эффективность как средства пожаротушения, уже представляет угрозу флоре и фауне.

Деятельность пожарной охраны должна быть направлена на применение более безопасных из перечисленных средств тушения пожаров: порошков, биологических разлагаемых пен и инертных газов.

Частичный или полный отказ от использования хладонов и недостаточно высокая эффективность применения инертных газов для тушения пожаров способствовали созданию новых средств пожаротушения – газоаэрозольных составов. Они представляют собой смесь окислителей, например,  $KNO_3$ ,  $NH_4ClO_4$ , горючего восстановителя – органических смол с различными добавками. При сгорании таких составов тушение происходит за счет образования аэрозоля, состоящего в основном из мелкодисперсного конденсированного порошка солей щелочных металлов и инертных газов ( $N_2$ ,  $CO_2$ ) [13].

Способы очистки от разливов нефти и нефтепродуктов весьма разнообразны и зависят от характера и места аварии: механический сбор, использование диспергентов, биопрепаратов и сжигание. Опасным считается сжигание, так как часть тяжелых нефтяных фракций после сгорания поверхностного слоя останется в почве и водоемах, а дым содержит токсичные вещества. Подробно этот вопрос рассмотрен в пп. 4.7 и 4.8 учебного пособия<sup>1</sup>. Для уменьшения площади разлива сжиженных газов и количества испаряющегося вещества предложено применять сухие гелеобразующие вещества: глинозем, сажу, песок, изоляционный бетон, щебень, полиуретан, а также покрывать слой земли гофрированными алюминиевыми листами. Экологически менее безопасен полиуретан.

Тушение горящих отвалов и терриконов осуществляют посредством их заиливания глинистой пульпой<sup>2</sup>.

### **Контрольные вопросы**

1. Почему в настоящее время хладоны ограниченно применяются при тушении пожаров?
2. Почему инертные газы  $CO_2$ ,  $Ar$ ,  $N_2$  в условиях тушения пожара создают опасность для здоровья людей?
3. Опишите преимущества и недостатки использования пен для ликвидации аварий и пожаров.

---

<sup>1</sup> *Исаева Л. К.* Экологическая безопасность : учеб. пособие : в 3 ч. Ч. 2. Экологическая безопасность природно-техногенной среды при пожарах и чрезвычайных ситуациях. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2017. – 402 с.

<sup>2</sup> Там же, п. 4.11.

## Литература к главе 1

1. Шароварников А. Ф. Противопожарные пены. – М. : Знак, 2000. – 464 с.
2. Порядок применения пенообразователей для тушения пожаров: Рекомендации (утв. МЧС России 27 августа 2007 г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.penoobrazovateli.ru/primenenie.pdf>
3. Бочаров В. В., Раевская М. В. Пенообразователи для тушения пожаров на основе перфторированных ПАВ. Оценка их биоразлагаемости и возможных методов утилизации // Вестник Тамбовского университета. Серия: «Естественные и технические науки». – 2014. – Т. 19, № 5. – С. 1384–1387 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://cyberleninka.ru/article/n/penoobrazovateli-dlya-tusheniya-pozharov-na-osnove-perftorirovannyh-pav-otsenka-ih-biorazlagaemosti-i-vozmozhnyh-metodov-utilizatsii>
4. Веселов Е. Д., Панов С. А., Потапенко Т. В. Решение проблем экологической безопасности при тушении объектов нефтехимии современными пенообразователями [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [www.s-ng.ru/pdf/main\\_1779.pdf](http://www.s-ng.ru/pdf/main_1779.pdf)
5. Вредные органические соединения в промышленных сточных водах : Справочник / Я. М. Грушко, 2-е изд., перераб. и доп. – Л. : Химия. Ленинградское отделение, 1982. – 215 с.
6. Методические рекомендации по ликвидации последствий радиационных и химических аварий // Часть 2. Ликвидация последствий химических аварий / В. А. Владимиров, А. Г. Лукьянченков, К. Н. Павлов, В. А. Пучков, Р. Ф. Садиков, А. И. Ткачев / под общей ред. В. А. Владимирова. – М. : ФГУ ВНИИ ГОЧС, 2004. – 340 с.
7. Селиверстов В. И. Порошковое автоматическое пожаротушение. Особенности и проблемы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://pandia.ru/text/77/192/22548.php>
8. Аэрозоли – дисперсные системы : моногр. / Чекман И. С., Сыровая А. О., Андреева С. В., Макаров В. А. – Харьков : «Цифрова друкарня № 1», 2013. – 100 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://repo.knmu.edu.ua/bitstream/123456789/4018/1/aero\\_zolli.pdf](http://repo.knmu.edu.ua/bitstream/123456789/4018/1/aero_zolli.pdf)
9. ГОСТ Р 54578-2011. Воздух рабочей зоны. Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия. Общие принципы гигиенического контроля и оценки воздействия.
10. Исаева Л. К. Экология пожаров, техногенных и природных катастроф : учеб. пособие. – М. : Академия ГПС МВД России, 2001. – 301 с.
11. Исаева Л. К., Кармес А. П., Пряничников А. В., Храпцов С. П. Экологические аспекты использования температурно-активированной воды при тушении пожаров и ликвидации чрезвычайных ситуаций // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение и ликвидация. – 2014. – № 2. – С. 43–47.
12. Иличкин В. С., Сидорин Г. И., Елисеев Ю. Н., Белоусов Ю. Ю. Оценка опасности токсического воздействия огнетушащих газов и аэрозолей, применяемых для объемного пожаротушения : метод. пособие. – М. : ВНИИПО МЧС России, 2005. – 85 с.
13. Агафонов В. В., Копылов Н. П. Установки аэрозольного пожаротушения : Элементы и характеристики, проектирование, монтаж и эксплуатация. – М. : ВНИИПО МВД РФ, 1999. – 232 с.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Предисловие</b> .....	3
<b>Глава 1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДСТВ ЛИКВИДАЦИИ ПОЖАРОВ И АВАРИЙ</b> .....	4
1.1. Экологическая парадигма при выборе средств тушения пожаров и ликвидации аварий.....	4
1.2. Экологические проблемы тушения пенами.....	7
1.3. Практические приемы предотвращения и ликвидации экологических последствий аварий .....	14
1.4. Экологическая безопасность тушения порошками .....	22
1.5. Экологические проблемы использования воды при ликвидации пожаров и аварий .....	27
1.6. Сравнительная характеристика экологичности огнетушащих веществ и средств ликвидации аварий .....	29
Литература к главе 1 .....	31
<b>Глава 2. ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ, ПОЖАРНЫХ, СПАСАТЕЛЕЙ</b> .....	32
2.1. Экологические условия жизни в России.....	32
2.2. Воздействие на организм медико-биологических факторов окружающей среды.....	38
2.3. Радиация и здоровье.....	41
2.4. Наноматериалы и здоровье .....	44
2.5. Влияние экологической обстановки на здоровье пожарных .....	50
2.6. Защита от отравлений – антидоты и другие методы детоксикации организма .....	55
2.6.1. История развития токсикологии и антидотной терапии.....	55
2.6.2. Наиболее распространенные в окружающей среде токсичные вещества .....	56
2.6.3. Антидоты .....	58
2.6.4. Лечение отравлений.....	62
2.6.5. Оказание первой медицинской помощи при отравлении АХОВ. Профилактика радиоактивных отравлений .....	62
Литература к главе 2 .....	65
<b>Глава 3. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ШТАТНЫХ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ</b> .....	66
3.1. Роль экономического регулирования в области охраны окружающей среды при штатных ситуациях, авариях и пожарах.....	66
3.2. Понятия вреда, потерь, ущерба, убытков от загрязнения и изменения природной среды .....	69
3.3. Виды, принципы и методическое обеспечение расчетов эколого-экономического ущерба.....	72
3.4. Методика расчета платы за загрязнение окружающей среды при штатной работе промышленных объектов и экологических правонарушениях (залповые выбросы и сбросы).....	79
3.5. Методика расчета эколого-экономического ущерба от загрязнения окружающей среды при авариях, пожарах и их ликвидации .....	87



3.6. Методика расчета эколого-экономического ущерба от загрязнения окружающей среды при лесных и торфяных пожарах.....	96
3.7. Эколого-экономический ущерб от загрязнения окружающей среды и потери качества природных ресурсов при авариях нефти, нефтепродуктов и других ЛВЖ и ГЖ.....	101
3.8. Методика расчета эколого-экономического ущерба от загрязнения окружающей среды и снижения почвозащитных свойств при лесных пожарах .....	109
3.9. Управление рисками экологической безопасности с помощью данных об эколого-экономическом ущербе.....	128
Литература к главе 3 .....	132
<b>Глава 4. ЭКОЛОГИЯ. ПОДГОТОВКА К ВОЙНЕ. ВОЙНЫ И ТЕРАКТЫ.....</b>	<b>133</b>
4.1. Международное гуманитарное право и войны .....	133
4.2. Способы ведения войн. Военный экоцид .....	135
4.3. Экологические характеристики оружия .....	138
4.4. Экологические проблемы военно-промышленного комплекса.....	150
4.5. Экологические проблемы использования ракетно-космической техники.....	159
4.6. Экологические войны как преднамеренное нарушение естественного состояния природной среды .....	163
4.7. Экологические аспекты терроризма.....	170
Литература к главе 4 .....	177
<b>Глава 5. МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО ПРИ РЕШЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ .....</b>	<b>179</b>
5.1. Понятие и источники международного экологического права .....	179
5.2. Принципы и формы международного сотрудничества в области охраны окружающей среды .....	183
5.3. Международное сотрудничество при природных и техногенных катастрофах с экологическими последствиями .....	189
Литература к главе 5 .....	193
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ. Международные конвенции и протоколы.....</b>	<b>194</b>
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>196</b>

*Учебное издание*

ИСАЕВА Людмила Карловна

Экологическая безопасность

В трех частях

Часть 3

Экологическая безопасность  
природно-техногенной среды:  
социально-экономические и правовые вопросы

Учебное пособие

Редактор *З. А. Малаховская*  
Технический редактор *Г. А. Габдулина*  
Корректор *Н. В. Федькова*

Подписано в печать 11.06.2018. Формат 90×60 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Печ. л. 12,5. Уч.-изд. л. 9. Бумага офсетная.  
Тираж 400 экз. Заказ № 183

Иллюстративный материал заимствован из общедоступных ресурсов  
Интернета, не содержащих указаний на авторов этих материалов  
и каких-либо ограничений для их заимствования

Академия ГПС МЧС России  
129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, 4