



Теоретическая и прикладная ЭКОЛОГИЯ

№4

ПРОБЛЕМЫ
БЕЗОПАСНОГО
УНИЧТОЖЕНИЯ
ХИМИЧЕСКОГО
ОРУЖИЯ В РОССИИ

ПРАКТИКА
ХИМИЧЕСКОГО
РАЗОРУЖЕНИЯ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ХИМИЧЕСКОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ
В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ
СИТУАЦИЯХ

МОНИТОРИНГ
ОБЪЕКТОВ ПО
УНИЧТОЖЕНИЮ
ХИМИЧЕСКОГО
ОРУЖИЯ

ВОПРОСЫ
МЕДИЦИНСКОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ХИМИЧЕСКОГО
РАЗОРУЖЕНИЯ



*Во благо России,
покончим с наследием
холодной войны.*

22 августа 2012 года -

20 ФЕДЕРАЛЬНОМУ УПРАВЛЕНИЮ
ЛЕТ по безопасному хранению
и уничтожению химического оружия

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ВЫПУСК, ПОСВЯЩЕННЫЙ ДОСТИЖЕНИЯМ
НАУКИ, ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ БЕЗОПАСНОГО
УНИЧТОЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ



По состоянию на декабрь 2011 г. на шести объектах по уничтожению химического оружия из 40 тыс. т. уничтожено более 60% отравляющих веществ.

За время реализации ФЦП «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» в рамках НИОКР разработаны:

- 43 полезные модели (образцы изделий, приборов и устройств), многие из которых были доведены до промышленных образцов и использованы на объектах по уничтожению химического оружия;
- 110 изобретений;
- программы для автоматизированных систем управления объектов по уничтожению химического оружия;
- различные базы данных.



В настоящее время реализуется заключительный – четвёртый этап уничтожения химического оружия в Российской Федерации, предусматривающий полное уничтожение всех запасов отравляющих веществ на объектах хранения.





Теоретическая и прикладная ЭКОЛОГИЯ

№ 4, 2011

Журнал включён в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёных степеней доктора и кандидата наук

Учредитель журнала ООО Издательский дом «Камертон»
Генеральный директор ООО ИД «Камертон»
профессор Б.И. Кочуров

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор

Т.Я. Ашихмина, д.т.н., профессор, зав. кафедрой химии Вятского государственного гуманитарного университета, зав. лабораторией биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН

Зам. главного редактора

В.В. Гутенёв, д.т.н., профессор, первый зам. председателя Комитета Государственной Думы РФ по промышленности, лауреат Государственной и Правительственной премий РФ

Зам. главного редактора

С.В. Дёгтева, д.б.н., директор Института биологии Коми НЦ УрО РАН

Зам. главного редактора

И.Г. Широких, д.б.н., зав. лабораторией биотехнологии растений и микроорганизмов Зонального научно-исследовательского института сельского хозяйства Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого РАСХН

Ответственный секретарь

С.Ю. Огородникова, к.б.н., доцент, старший научный сотрудник Института биологии Коми НЦ УрО РАН

Журнал издаётся при поддержке Департамента реализации конвенционных обязательств Министерства промышленности и торговли РФ в рамках ФЦП «Уничтожение запасов химического оружия в РФ», ФБУ «Государственный научно-исследовательский институт промышленной экологии», ФГБУ ВПО «Вятский государственный гуманитарный университет»

Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия
Свидетельство о регистрации ПИФ № ФС 77-29059

Подписные индексы 82027, 48482 в каталоге Агентства «Роспечать»

Зарубежная подписка оформляется через фирмы-партнёры ЗАО «МК-ПЕРИОДИКА» по адресу: 129110, г. Москва, ул. Гиляровского, 39, ЗАО «МК-Периодика».
Тел.: (495) 281-91-37, 281-97-63. Факс (495) 281-37-98
E-mail: info@periodicals.ru. <http://www.periodicals.ru>

To effect subscription it is necessary to address to one of the partners of JSC «MK-Periodica» in your country or to JSC «MK-Periodica» directly. Address: Russia, 129110, Moscow, 39, Gilyarovsky St., JSC «MK-Periodica»

Статьи рецензируются. Перепечатка без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны. Редакция не несёт ответственности за достоверность информации, содержащейся в рекламных объявлениях

Подготовлен к печати в издательстве ООО «О-Краткое» 610000, г. Киров, Динамовский проезд, 4, оф. 3
Тел./факс (8332) 32-28-39. E-mail: okrat@okrat.ru
Оригинал-макет, дизайн – Татьяна Коршунова, Дмитрий Грибанов
Перевод – Ирина Кондакова
Выпускающий редактор Мария Зелава
Директор издательства «О-Краткое» Евгений Дрогов

Подписано в печать 20.12.2011. Формат 60x84 $\frac{1}{2}$. Печать офс. Бумага офс. Усл.п.л. 12,5. Тираж 1150 экз. Заказ № 1346.

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленных материалов в ООО «Кировская областная типография» 610000, г. Киров, Динамовский проезд, 4

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РЕДАКЦИОННЫХ СОВЕТОВ

Н.П. Лавёров

председатель межведомственной комиссии при Совете безопасности РФ, вице-президент РАН, академик РАН

ПРЕЗИДИУМ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА:

В.А. Грачёв

д.т.н., профессор, член-корреспондент РАН, председатель Общественного совета Федеральной службы по экологическому, техническому и атомному надзору

В.И. Холстов

д.х.н., директор Департамента реализации конвенционных обязательств Министерства промышленности и торговли РФ

В.Н. Чупис

д.ф.-м.н., директор Государственного научно-исследовательского института промышленной экологии

В.Г. Ильинский

д.э.н., директор ОАО «Научно-исследовательский проектно-изыскательский институт «Кировпроект»

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА:

В.А. Алексеев

д.т.н., профессор Ижевского государственного университета

В.А. Антонов

к.т.н., заместитель начальника экологической безопасности ВС РФ, член-корреспондент Академии геополитических проблем, профессор Академии военных наук

С.И. Барановский

д.т.н., профессор, академик РЭА, заместитель председателя Общественного Совета «Росатом», председатель Российского экологического конгресса

Л.И. Домрачева

д.б.н., профессор Вятской государственной сельскохозяйственной академии

Г.П. Дудин

д.б.н., профессор, директор Центра инноваций Вятской государственной сельскохозяйственной академии

И.А. Жуйкова

к.г.н., доцент Вятского государственного гуманитарного университета

Л.Л. Журавлёва

д.т.н., заместитель директора Государственного научно-исследовательского института промышленной экологии

Г.М. Зенова

д.б.н., профессор Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова

В.И. Измалков

д.т.н., профессор Военной Академии Генштаба МО РФ

Г.Я. Кантор

к.т.н., научный сотрудник Института биологии Коми НЦ УрО РАН

Б.И. Кочуров

д.г.н., профессор, ведущий научный сотрудник Института географии РАН

Н.А. Киреева

д.б.н., профессор Башкирского государственного университета

М. А. Куканев

д.х.н., член-корреспондент Академии наук Республики Таджикистан, профессор, зав. лабораторией Института химии им. В.И. Никитина АН РТ

В.З. Латыпова

д.х.н., член-корреспондент Академии наук Республики Татарстан, профессор Казанского государственного университета им. В.И. Ульянова-Ленина

Ли Юй

профессор, директор Института микологии Цицилинского аграрного университета, иностранный член Россельхозакадемии (КНР)

В.А. Малинников

д.т.н., профессор, ректор Московского государственного университета геодезии и картографии

А.Г. Назаров

д.б.н., профессор, заместитель председателя Общественного Совета «Росатом», директор экологического центра ИИЕТ РАН

А.Ф. Радченко

руководитель Аппарата ФГУ Общественная палата (вице-президент ООФР «Экосфера»)

В.П. Савиных

д.т.н., член-корреспондент РАН, профессор, президент Московского государственного университета геодезии и картографии, лётчик-космонавт, дважды Герой СССР

В.А. Сысуев

д.т.н., академик Россельхозакадемии, директор Зонального научно-исследовательского института сельского хозяйства Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого

В.И. Теличенко

д.т.н., профессор, академик РААСН, ректор Московского государственного строительного университета

Т.А. Трифонова

д.б.н., профессор Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова

А.И. Фокин

зам. председателя Комитета Государственной Думы по природным ресурсам, природопользованию и экологии

В. П. Шапорев

д.т.н., профессор Национального технического университета «Харьковский промышленный институт»

В.Т. Юнгблюд

д.и.н., профессор, ректор Вятского государственного гуманитарного университета

О.В. Яковенко

к.ф.н., заместитель начальника отдела экологии Правительства Российской Федерации

По вопросам размещения рекламы и публикации статей обращаться:

610002, г. Киров, ул. Свободы, 122, тел./факс 8 (8332) 37-02-77.

E-mail: ecolab2@gmail.com; ecolab@vshu.kirov.ru

119017, г. Москва, Старомонетный пер., 29.

Тел./факс 8(499) 129-28-31. E-mail: info@ecoregion.ru

СОДЕРЖАНИЕ

**ПРОБЛЕМЫ
БЕЗОПАСНОГО
УНИЧТОЖЕНИЯ
ХИМИЧЕСКОГО
ОРУЖИЯ В РОССИИ**

**ПРАКТИКА
ХИМИЧЕСКОГО
РАЗОРУЖЕНИЯ**

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ
АСПЕКТЫ
УНИЧТОЖЕНИЯ
ХИМИЧЕСКОГО
ОРУЖИЯ**

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ХИМИЧЕСКОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ
В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ
СИТУАЦИЯХ**

**ПРОБЛЕМЫ ВЫВОДА
ОБЪЕКТОВ
ПО УНИЧТОЖЕНИЮ
ХИМИЧЕСКОГО
ОРУЖИЯ
ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ
И ИХ ПЕРЕПРО-
ФИЛИРОВАНИЕ**

- В. И. Холстов* Реализация научно-технической политики в области уничтожения химического оружия в Российской Федерации 5
- В. П. Капашин, Ю. Е. Кузнецова, Н. П. Соляник* Достоверная информация – главное оружие 8
- В. А. Беликов, Ю. И. Баранов, Л. В. Кабак, П. В. Казаков, В. Ф. Головков, А. В. Кшняйкина, Е. Н. Глухан* Создание современных экологически безопасных производств в интересах Удмуртской Республики – магистральное направление перепрофилирования объекта по уничтожению химического оружия в г. Камбарке 15
- Е. А. Цибульская, М. Ю. Комбарова, Е. В. Олейникова, Т. В. Пержукина, Н. С. Овчиникова* Актуальные вопросы выявления причинно-следственных связей в системах «здоровье персонала объектов хранения и уничтожения химического оружия – производственная среда» и «здоровье населения зоны защитных мероприятий – среда обитания» 21
- Е. Н. Ефременко, И. В. Лягин, Д. А. Пудков, М. С. Сироткина, Н. В. Завьялова, В. В. Завьялов, С. Д. Варфоломеев, В. И. Холстов* Имобилизованные биокатализаторы на основе органофосфатгидролазы в процессах разложения фосфорорганических отравляющих веществ 26
- В. Б. Кондратьев, В. В. Шелученко, М. В. Корольков, В. Г. Ратушенко, В. С. Глебов, Н. А. Костицова, А. В. Куткин, В. А. Семёнова, С. А. Сухоцкая* Особенности расщепления и уничтожения артиллерийских химических боеприпасов, снаряжённых люизитом 32
- А. В. Куткин, С. А. Сухоцкая, В. А. Семёнова, И. И. Сизов, Н. А. Костицова, М. В. Корольков, В. Б. Кондратьев* Исследование химических процессов, протекающих при взаимодействии люизита и трёххлористого мышьяка с рецептурами на основе алкоголятов щелочных металлов 35
- В. Б. Кондратьев, М. В. Корольков, Н. А. Костицова, Л. Н. Рысюк, О. О. Шибков* Методологические подходы к переработке солевых отходов, образующихся при термическом обезвреживании реакционных масс от фосфорорганических отравляющих веществ на объектах по уничтожению химического оружия 38
- С. И. Ермаков, М. П. Войтович* Оценка экологических рисков техногенных чрезвычайных ситуаций 43
- Ф. П. Соколов, И. Н. Сизых, И. М. Мильготин, В. А. Самсонов, Т. Н. Швецова-Шиловская, А. А. Пулин* Экологические аспекты уничтожения химического оружия 50
- С. Н. Штыков, С. Н. Кобцов, И. Х. Ильясов, И. Н. Исаев, Д. С. Дубровский, С. В. Язынин* Государственные стандартные образцы состава токсичных химикатов и продуктов их детоксикации в системе экологического контроля и мониторинга объектов по уничтожению химического оружия 57
- Б. Н. Филатов, Н. Г. Британов, В. В. Клаучек, С. П. Лось* Научно-методические основы медико-санитарного обеспечения безопасности работ по выводу из эксплуатации и ликвидации последствий деятельности объектов хранения и уничтожения химического оружия 63

СОДЕРЖАНИЕ

ВОПРОСЫ МЕДИЦИНСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО РАЗОРУЖЕНИЯ

<i>И. В. Коваленко, А. Н. Комиссаров, В. Д. Назаров, И. Б. Лурье, Н. П. Кесельман, А. В. Лебедев</i> Основа безопасности персонала объектов по уничтожению химического оружия – автоматические средства контроля отравляющих веществ на уровне санитарно-гигиенических требований	69
<i>Л. А. Могиленкова, Н. В. Криницын, Ю. В. Филиппова, Д. Б. Киселёв</i> Оценка риска здоровью персонала химически опасных производств	73
<i>В. Л. Филиппов, Е. Н. Нечаева, Н. В. Криницын, Ю. В. Филиппова, Е. С. Касьяненко, О. Н. Колзукова, Д. В. Трегубов</i> Обеспечение медико-экологической безопасности при уничтожении химического оружия – актуальная проблема промышленной медицины	77
<i>Т. А. Конева, А. А. Павлова, А. Н. Федорченко, О. А. Прохоренко, С. В. Шкреттиенко, Г. К. Сердюкова, М. Н. Пименова, Л. В. Янко</i> Оценка состояния здоровья работников объектов хранения и уничтожения химического оружия в динамике	84

МОНИТОРИНГ ОБЪЕКТОВ ПО УНИЧТОЖЕНИЮ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

<i>А. И. Иванов, Т. А. Дунаева, Е. А. Домнина, Т. Я. Ашихмина, Г. П. Дудин</i> Поиск информативных биохимических тестов в практике экологического мониторинга особо опасных объектов	94
--	----

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА УНИЧТОЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

<i>Д. С. Прокофьева, В. И. Шмурак, С. В. Садовников, Н. В. Гончаров</i> Проблемы определения фосфорорганических отравляющих веществ биохимическими методами на объектах уничтожения химического оружия	99
<i>О. Ю. Растегаев, Т. П. Толоконникова, А. О. Малишевский, В. Н. Чупис</i> Хемосорбционное фотометрическое определение мышьяка в газовой среде для целей экологического контроля и мониторинга	103
<i>Б. С. Пункевич, С. В. Садовников, М. А. Землякова, К. С. Лось</i> Химико-аналитический контроль содержания отравляющих веществ в почвах. Метрологический аспект	108
<i>В. П. Капашин, Б. С. Пункевич, Е. М. Загребин, В. Н. Фокин, Е. И. Кислова</i> Системы экологического менеджмента на объектах по уничтожению химического оружия	113

ИНФОРМАЦИЯ ХРОНИКА

Конвенции о запрещении химического оружия – 15 лет	118
<i>В. Г. Мохнаткин, Т. Я. Ашихмина, С. Ю. Огородникова</i> Биологический мониторинг природно-техногенных систем	120

CONTENTS

THE ISSUE OF CHEMICAL WEAPON DECOMMISSION IN RUSSIA

<i>V. I. Kholstov</i> Implementation of Science and Technology Policy in the Sphere of Chemical Weapon Destruction in the Russian Federation	5
<i>V. P. Kapashin, Yu. E. Kuznetsova, N. P. Solyanik</i> Reliable information is the main weapon	8

CHEMICAL WEAPON DECOMMISSION EXPERIENCE

<i>V. A. Belikov, Yu. I. Baranov, L. V. Kabak, P. V. Kazakov, V. F. Golovkov, A. V. Kshnyaykina, E. N. Glukhan</i> Creation of Modern Ecologically Safe Manufactures in the interests of the Udmurt Republic as the Main Direction of Reshaping the Chemical Weapon Destruction Plant in Kambarka	15
<i>E. A. Tsibulskaya, M. Yu. Kombarova, E. V. Oleynikova, T. V. Perushkina, N. S. Ovchinnikova</i> Topical Questions of Identifying Causal Relationship in the System «Personnel Health in the Plants of Chemical Weapons Storage and Destruction – Work Environment» and «Health of the Population of the Protective Measures Zone – Habitat»	21

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF CHEMICAL WEAP- ON DECOMMISSION

<i>E. N. Efremenko, I. V. Lyagin, D. A. Gudkov, M. S. Sirotkina, N. V. Zavyalova, V. V. Zavyalov, S. D. Varfolomeyev, V. I. Kholstov</i> Immobilized Biocatalysts on the Basis of Organophosphate Hydrolase in the Process of Decomposition of Organophosphorus Pollutants	26
--	----

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF CHEMICAL WEAPON DECOMMISSION

V. B. Kondratyev, V. V. Sheluchenko, M. V. Korol'kov, V. G. Ratushenko, V. S. Glebov, N. A. Kostikova, A. V. Kutkin, V. A. Semenova, S. A. Sukhotskaya Ways of Demilitarization and Decommission of Artillery Chemical Munitions Containing Lewisite 32

A. V. Kutkin, S. A. Sukhotskaya, V. A. Semenova, I. I. Sizov, N. A. Kostikova, M. V. Korol'kov, V. B. Kondratyev Investigating Chemical Processes in Conditions of Interaction of Lewisite and Arsenic Trichloride with the Receipt based on Alkali Element Alcoholates 35

V. B. Kondratyev, M. V. Korol'kov, N. A. Kostikova, L. N. Risyuck, O. O. Shibkov Methodological Approaches to Utilizing Salt Wastes Resulting from Reaction Mass Thermal Riddance of Organophosphorus Agents at Chemical Weapons Decommission Plants 38

PROVIDING CHEMICAL SAFETY

S. I. Ermakov, M. N. Voitovich Estimating Ecological Risks of Technogenic Emergency Situations 43

F. P. Sokolov, I. N. Sizykh, I. M. Milgotin, V. A. Samsonov, T. N. Shvetsova-Shilovskaya Environmental Aspects of Chemical Weapon Destruction 50

S. N. Shtikov, S. N. Kobtsov, I. Kh. Ilyasov, I. N. Isayev, D. S. Dubrovskiy, S. V. Yazinin National Certified Reference Materials Composed of Toxic Chemicals and their Detoxication Products in the System of Ecological Control and Chemical Weapon Decommission Plants Monitoring 57

PROBLEMS OF DECOMMISSIONING CHEMICAL WEAPONS DESTRUCTION PLANTS

B. N. Filatov, N. G. Britanov, V. V. Klauchek, S. P. Los Scientific and Methodological Basis of Medical and Sanitary Support of Safety in the Process of Decommission and Elimination of Chemical Weapon Storage and Destruction Plants 63

MEDICAL SUPPORT OF CHEMICAL DISARMAMENT

I. V. Kovalenko, A. N. Komissarov, V. D. Nazarov, I. B. Lurie, N. P. Keselman, A. V. Lebedev The Basis of Safety of the Chemical Weapon Storage and Decommission Plants' Personnel Provided by Automatic Devices Controlling that the Level of Warfare Agents does not Exceed the Sanitary Norm 69

L. A. Mogilenkova, N. V. Krinitsyn, Yu. V. Philippova, D. B. Kiselev Risk Assessment among Stuff of the Hazardous Chemical Industries 73

V. L. Philippov, E. N. Nechayeva, N. V. Krinitsin, Yu. V. Philippova, E. S. Kas'yanenko, O. N. Kolzukova, D. V. Tregubov Medical-ecological Security during Destruction of Chemical Weapons – Actual Problem of Occupational Medicine 77

T. A. Koneva, A. A. Pavlova, A. N. Phedorchenko, O. A. Prokhorenko, S. V. Shkrebtienko, G. K. Serdyukova, M. N. Pimenova, L. V. Yanno Assessment of Health of the People Working in Chemical Weapons Storage and Destruction Plants in Dynamics 84

ANALYTICAL SUPPORT OF CHEMICAL DECOMMISSION

D. S. Prokofieva, V. I. Shmurak, S. V. Sadovnikov, N. V. Goncharov Problems of Determination of Warfare Organophosphates at Chemical Weapon Destruction Plants with Biochemical Methods 99

O. Yu. Rastegaev, T. P. Tolokonnikova, A. O. Malishevskiy, V. N. Chupis Chemosorbntional Photometric Detecting Arsenic in Air-gas Media for the Purposes of Environmental Monitoring ... 103

B. S. Punkevich, S. V. Sadovnikov, M. A. Zemlyakova, K. S. Los Chemo-analytical Control over Chemical Agents Concentration in Soils. Metrological Aspect 108

V. P. Kapashin, B. S. Punkevich, E. M. Zagrebin, V. N. Fokin, E. I. Kislova Systems of ecological Management in Chemical Weapon Destruction Plants 113

INFORMATION

Convention on the Prohibition of Chemical Weapon has been in effect for 15 years 118

CHRONICLE

V. G. Mohnatkin, T. Ya. Ashikhmina, S. Yu. Ogorodnikova Biological Monitoring of Natural-Technogenic systems» 120

Реализация научно-технической политики в области уничтожения химического оружия в Российской Федерации

© 2011. В. И. Холстов, д.х.н., директор,
Департамент реализации конвенционных обязательств
Министерства промышленности и торговли Российской Федерации,
e-mail: holstov@minprom.gov.ru

Представлен материал о реализации научно-технической политики, научных разработках и технологиях, используемых при уничтожении запасов химического оружия в России. Отмечены наукоёмкие технологии, используемые в процессе уничтожения химического оружия, и современные методы контроля и мониторинга, приведены результаты НИОКР в области химического разоружения.

The article presents science and technology policy, developments and technologies used in the process of chemical weapon decommission in the Russian Federation. Intensive technologies and contemporary methods of control and monitoring are mentioned. The results of research and development in the sphere of chemical weapon decommission are shown.

Ключевые слова: научные разработки, современные технологии, химическое оружие, научно-техническая политика, обеспечение экологической безопасности

Key words: research and development, contemporary technologies, chemical weapon, science and technology policy, ecological safety guarantee

Исторической вехой на пути выполнения принятых Россией международных обязательств по Конвенции о запрещении химического оружия стал апрель 1996 г., когда Правительством Российской Федерации была утверждена федеральная целевая программа «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» (далее по тексту – Программа УХО). С учётом особой международной и государственной значимости Программа УХО впоследствии получила статус президентской.

В соответствии с требованиями Конвенции и Программы УХО Российской Федерацией в установленные сроки выполнены промежуточные первый, второй и третий этапы по уничтожению запасов химического оружия (ХО). За три прошедших этапа Россия уничтожила 400, 8000 и 18000 тонн отравляющих веществ соответственно. В настоящее время реализуется заключительный – четвёртый этап уничтожения химического оружия в Российской Федерации, предусматривающий полное уничтожение всех запасов отравляющих веществ на объектах хранения. По состоянию на декабрь 2011 г. на шести созданных объектах по УХО из 40 тыс. т уничтожено более 60% общих запасов данного вида оружия. На завершающей стадии строительства находится последний объект по уничтожению химического оружия, расположенный в г. Кизнер Удмуртской Республики. Россий-

ская Федерация последовательно движется к поставленной цели полного химического разоружения. Безусловно, что достижению этой цели во многом способствует правильная организация научной работы по разработке технических, технологических решений, обоснованию исходных данных для проектирования.

Для формирования и реализации научно-технической политики в области химического разоружения в 2004 г. был сформирован Научно-исследовательский центр Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия при Министерстве промышленности и торговли Российской Федерации. Научно-технический центр стал головной научно-исследовательской и аналитической организацией, которая осуществляет научно-техническое сопровождение НИОКР, выполняемых в рамках федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации».

В ходе выполнения Программы УХО реализация научно-технической политики осуществляется в два этапа. Направления и приоритеты исследований на том или ином этапе определялись стоящими целями в достижении количественных и качественных показателей по уничтожению отравляющих веществ (ОВ).

Первый этап реализации научно-технической политики определялся с момента принятия международных обязательств по Конвенции с ноября 1997 г. до 2009 г. Основное

содержание данного этапа и приоритеты в научных исследованиях были отданы созданию технологий по уничтожению химического оружия, систем промышленной и экологической безопасности, разработке норм и правил осуществления санитарно-эпидемиологического контроля, а также технологий ликвидации объектов бывшего производства и разработки химического оружия. В этот период для достижения поставленной цели требовалось решение следующих задач:

- выбор и практическая проверка химических технологий детоксикации отравляющих веществ;
- разработка технологий и оборудования для безопасного расснаряжения химических боеприпасов различного типа в снаряжении ОВ на объектах по уничтожению химического оружия;
- разработка технологии получения полифункциональной дегазирующей рецептуры для уничтожения различных рецептур ОВ, включая вязкие;
- создание промышленных производств по уничтожению ХО, соответствующих современным требованиям обеспечения безопасности промышленных предприятий.

Следует отметить, что крайне сжатые сроки, которые отводились на проведение исследований и разработок, обусловили их конкретный характер и направленность на решение практических задач химического разоружения. Наибольший акцент при этом уделялся прикладным разработкам.

Можно только удивляться, как за короткий промежуток времени были разработаны технологии для уничтожения всей номенклатуры ОВ, хранящихся как в ёмкостях, так и в боеприпасах, в том числе:

- по ОВ кожно-нарывного действия – 28 технологий;
- по ОВ нервнопаралитического действия – 25 технологий;
- по артиллерийским боеприпасам – 5 технологий;
- по авиационным боеприпасам – 7 технологий.

В целом с 2001-го по 2009 г. было осуществлено планирование, постановка, сопровождение и приемка 170 НИОКР, в результате которых получено более 200 результатов интеллектуальной деятельности.

В настоящее время для уничтожения фосфорорганических отравляющих веществ выбраны технологии с использованием рецептуры РД-4М, водного раствора моноэтанолами-

на, а также уникальная технология уничтожения отравляющего вещества типа Vx в корпусах крупногабаритных химических боеприпасов. Для ОВ кожно-нарывного действия – это технологии на основе моноэтаноламина и водных растворов щелочи. Именно эти технологии были использованы и используются на объектах по уничтожению химического оружия. Правильность выбора технологий обоснованно подтверждается достигнутыми результатами по количеству уничтоженного химического оружия.

Для переработки некоторых продуктов, образующихся в процессе уничтожения ХО, приняты высокотемпературный метод окисления, а также метод битумирования. Для продуктов, образующихся при уничтожении люизита на объекте по УХО в г. Камбарка Удмуртской Республики, реализован высокопроизводительный способ получения конечного продукта в виде «сухих солей». В последующем, но уже на объекте в п. Горный, разработаны способы получения из этих солей технического мышьяка.

Поставленные задачи были решены. Многие из разработок не имели аналогов в мировой практике. Ведущая роль принадлежала ФГУП «ГосНИИОХТ». Активное участие принимали ФГУП «ГНПП «Базальт» и институты РАН.

Выполнение задач на первом этапе обеспечило в крайне сжатые сроки принятие научно обоснованных проектных решений для создания объектов по уничтожению ХО.

Проектные организации ООО «Гипросинтез», ФГУП «СоюзпромНИИпроект», РНЦ «Прикладная химия», принимающие активное участие в реализации Программы УХО, внесли неоценимый вклад в проектирование и создание объектов по уничтожению химического оружия (УХО). Данными организациями в полной мере были использованы современные научные разработки. Полученные проектные решения смогли обеспечить достижение заданных показателей функционирования объектов по УХО, их промышленную, экологическую и пожарную безопасность. Всё это в конечном итоге способствовало выполнению международных обязательств России в области химического разоружения.

Своевременная постановка и сопровождение научных исследований позволили в короткие сроки создать на объектах по уничтожению химического оружия комплексные системы по обеспечению безопасности их функционирования.

Такие системы включают в себя:

- мониторинг технологического процесса по уничтожению химического оружия;

- поддержку принятия решений в аварийной ситуации;
- мониторинг здоровья работающего персонала и населения, проживающего на близлежащих территориях;
- производственный экологический контроль и мониторинг окружающей среды.

Следует отметить, что в интересах выполнения задачи по экологическому контролю и мониторингу окружающей среды вблизи объектов УХО под эгидой ФБУ «ГосНИИЭНП» (г. Саратов) в Кировской, Саратовской, Пензенской, Брянской, Курганской областях и Удмуртской Республике созданы и активно действуют региональные центры. Региональными центрами руководят высокопрофессиональные специалисты, видные учёные.

В целом созданные комплексные системы по обеспечению экологической безопасности позволяют принимать качественные оперативные решения как в штатной ситуации, так и при возникновении возможных аварийных ситуаций на объектах по уничтожению химического оружия.

В рамках соответствующих НИОКР по обеспечению безопасности проведён комплекс работ по повышению качества и достоверности результатов химико-аналитического контроля; разработаны и используются более 300 методик выполнения измерений отравляющих веществ и продуктов их деструкции в различных средах; государственные стандартные образцы отравляющих веществ и продуктов их деструкции.

Результатами интеллектуальной деятельности выполнения НИОКР явились: 43 полезные модели, под ними подразумеваются опытные или экспериментальные образцы изделий, приборов и устройств, многие из которых были в последующем доведены до промышленных образцов и использованы на объектах по УХО; 110 изобретений; программы для автоматизированных систем управления объектов по УХО; различные базы данных.

Завершая уничтожение обычных химических боеприпасов, объекты по уничтожению химического оружия планомерно готовятся перейти на уничтожение так называемых изделий сложной конструкции. Процесс уничтожения данного типа химических боеприпасов является наиболее сложным, поэтому к нему предъявляются повышенные требования безопасности. Сейчас завершаются опытно-конструкторские работы по разработке технологий и технологического оборудования для уничтожения изделий сложной

конструкции, а также осуществляются совершенствование технологического оборудования и подготовка персонала для их уничтожения. К проведению работ привлечены ведущие институты и организации страны, владеющие не только технологиями по уничтожению отравляющих веществ, но и приёмами и методами безопасного обращения со взрывчатыми веществами и пиротехническими составами. К таким организациям относится ФГУП «КНИИМ», а в последние годы активно привлекается ОАО НПП «Химаш-Старт».

В настоящее время осуществляется плавный переход к реализации второго этапа научно-технической политики в области химического разоружения. Приоритеты в научных исследованиях на этом этапе сдвигаются в сторону безопасного вывода объектов по УХО из эксплуатации, разработки необходимых для этих целей санитарно-эпидемиологических правил и нормативов, поиска путей реализации в хозяйственной деятельности продуктов переработки химического оружия в виде металлического лома, товарной мышьяксодержащей продукции, различных шламов, образующихся при высокотемпературной переработке. Кроме того, предусмотрены исследования в интересах разработки исходных данных для ликвидации последствий деятельности объектов по УХО, реабилитации загрязнённых территорий и выработки подходов по использованию пригодной инфраструктуры объектов по УХО для государственных нужд (в первую очередь, в интересах обороны и безопасности государства). Мы уже сейчас приступили к этой работе, для чего поставлены соответствующие научно-исследовательские работы.

Одним из наиболее часто встречаемых вопросов, который в настоящее время интересует представителей регионов, где осуществляется уничтожение ХО, является вопрос, на какой вид деятельности будут перепрофилированы объекты по УХО после завершения их эксплуатации и ликвидации последствий их деятельности. Однако на него сейчас нельзя дать однозначный ответ. Представители регионов, заинтересованных организаций подают много различных предложений по использованию инфраструктуры объектов в интересах экономики или своих нужд. Однако не следует забывать, что объекты по УХО могут представлять интерес и для государственных нужд, включая вопросы обороны и безопасности государства. Ответить на вопросы о перепрофилировании, не имея определённых

принципов или правил осуществления этого процесса, не представляется возможным. Поэтому разрабатываются принципиальные научно-технические подходы в отношении использования инфраструктуры объектов по УХО после вывода их из эксплуатации. При их формировании необходимо учитывать, что Федеральный закон от 2004 года № 122-ФЗ «О конверсии оборонной промышленности в Российской Федерации» утратил свою силу. Поэтому говорить только о государственной поддержке реформирования объектов по УХО в интересах выпуска продукции гражданского

назначения в настоящее время не приходится. Для перепрофилирования объектов в первую очередь придётся задействовать различные инвестиционные механизмы, не исключая и частно-государственное партнёрство, а также широкие возможности сформировавшегося в России рынка.

Второй этап научно-технической политики в области химического разоружения, который реализуется в настоящее время, является не менее важным и актуальным для нашего государства, как первый этап. И этому направлению исследований предстоит пройти свой путь.

УДК 623.459.8

Достоверная информация – главное оружие

© 2011. В. П. Капашин, д.т.н., начальник,
Ю. Е. Кузнецова, к.пол.н., помощник начальника,
Н. П. Соляник, главный эксперт,
Федеральное управление по безопасному хранению
и уничтожению химического оружия,
e-mail: fubhuho@yandex.ru

В статье представлен материал о реализации международных обязательств России по ликвидации запасов химического оружия и информационная составляющая этого процесса. Показаны цели, задачи, структура и методы процесса информационного обеспечения, представлен опыт работы в 2011 году.

The article presents the data on fulfillment of the international obligation of Russia on chemical weapon declassification and the informational support of this process. It shows aims, tasks, structure and methods of informational support process and presents the work in 2011.

Ключевые слова: уничтожение химического оружия, информационная поддержка, связь с общественностью, информационное издание

Key words: chemical weapon declassification, informational support, public relation, informational issue

5 ноября 2011 г. исполнилось 14 лет со дня ратификации нашей страной Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении (Конвенция). Конвенция была подписана в Париже 13 января 1993 г. и вступила в силу 29 апреля 1997 г. В настоящее время в ней участвует 188 государств. 5 декабря 1997 г. Россия стала членом учреждённой Конвенцией Организации по запрещению химического оружия (ОЗХО). Россия представила в ОЗХО необходимые объявления по Конвенции.

Наследие холодной войны оставило Российской Федерации немало проблем, когда

в начале 1990-х годов общественности стало известно, что в шести регионах нашей страны существуют огромные арсеналы с химическим оружием. С момента осознания себя соседями этих объектов с боевыми отравляющими веществами местные жители все свои беды стали связывать только с ними. И не спешили понять простую, с точки зрения военных, истину: дальнейшее хранение химического оружия в несколько раз опаснее его уничтожения.

Уничтожение химического оружия оказалось гораздо более сложной задачей, чем представлялось первоначально. И не только потому, что пришлось изыскивать колоссальные

финансовые средства. Главное, что стало очевидным, увы, не сразу: проблему невозможно решить без сознательной поддержки населения тех регионов, где химическое оружие хранилось и должно было уничтожаться. Общественность же, со своей стороны, не спешила проявлять понимание необходимости этого исторического шага.

Понимание важности информационной работы с населением у руководителей федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» (далее именуется – Программа) появилось давно. Имелся отрицательный опыт работы с общественностью в г. Чапаевске (Самарская область), когда в 1989 г. по социально-политическим соображениям не был введён в эксплуатацию практически готовый объект по уничтожению химического оружия и миллионы бюджетных средств были потрачены зря.

Стало очевидным, что практически решить весь комплекс вопросов, связанных с уничтожением химического оружия, можно только путем принятия достаточно открытой государственной целевой программы, ключевой задачей которой было бы усиление внимания к соответствующим социальным вопросам, к развитию инфраструктуры регионов и обеспечению населения необходимой информацией.

Систематическая работа по созданию информационного обеспечения началась в 1999 г., когда приказом Министра обороны Российской Федерации от 4 августа 1999 г. № 337 было введено в действие «Положение об информационном обеспечении и порядке предоставления информации по запросам граждан и юридических лиц, в том числе общественных объединений, в области проведения работ по хранению, перевозке и уничтожению химического оружия».

Данное положение реализует концепцию информационного обеспечения и определяет порядок предоставления федеральными органами исполнительной власти информации в области проведения работ по хранению, перевозке и уничтожению химического оружия по запросам граждан и юридических лиц, в том числе общественных объединений, в целях формирования позитивного отношения населения к решению вопросов химического разоружения.

Структура информационного обеспечения устроена таким образом, что позволяет охватить все сегменты как международной, так и российской общественности. Она включает в себя группу (по связям с общественностью) Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического ору-

жия (далее – Федеральное управление), группы по работе и связям с общественностью на объектах по хранению и уничтожению химического оружия (далее – ГРСО), головного исполнителя работ по информационному обеспечению Программы – ФГБУ «Редакция «Российской газеты», её региональные информационные центры (далее – РИЦ), структурные подразделения Министерства обороны, общественные организации, органы государственной власти и местного самоуправления, средства массовой информации (рис. 1).

Основными мероприятиями по информационному обеспечению деятельности по реализации Конвенции являются:

- разъяснение государственной политики Российской Федерации в области химического разоружения государствам-участникам Конвенции, международной и российской общественности;
 - информирование граждан и общественных организаций по вопросам обеспечения безопасности и защиты окружающей среды в процессе хранения и уничтожения химического оружия;
 - информирование граждан и общественных организаций по вопросам выбора технологий уничтожения химического оружия, проектирования и строительства объектов по уничтожению химического оружия и развития социальной инфраструктуры в районах их расположения;
 - информирование граждан и общественных организаций по санитарно-гигиеническим и противоэпидемическим вопросам и лечебно-профилактическим мероприятиям;
 - информирование граждан, международной и российской общественности через средства массовой информации, а также путём проведения общественных слушаний, выпуска тематических номеров научных журналов, памяток для граждан по проблемам химического разоружения, организации встреч, конференций, семинаров, симпозиумов и использования других методов и средств информационного характера.
- Целями и задачами информационного обеспечения являются:
- снижение социальной напряжённости и протестной активности населения, от чего во многом зависит осуществление как отдельных этапов, так и всей Программы;
 - формирование позитивного отношения и повышение степени доверия населения к деятельности в сфере химического разоружения;



Рис. 1. Структура информационного обеспечения

– поддержка этой деятельности всеми структурами законодательной и исполнительной власти на федеральном, региональном и местном уровнях;

– дальнейшее укрепление международного сотрудничества и активизация зарубежной помощи России в ликвидации запасов химического оружия.

Определены направления и методы проведения информационной работы, которые представлены на рисунке 2.

Опыт проделанной работы в рамках реализации ФЦП «Уничтожение запасов химического оружия в РФ» показывает, что отношение общественности, властных структур

и СМИ постепенно меняется в лучшую сторону, растёт доверие населения к проводимым мероприятиям на объектах, значительно возросло количество публикаций и телевизионных сюжетов в СМИ.

Работы по информационному обеспечению мероприятий по реализации Конвенции и ФЦП «Уничтожение запасов химического оружия в РФ» выполняет ФГБУ «Редакция «Российской газеты», которое является официальным изданием Правительства Российской Федерации и имеет 29 представительств на территории России, а также 3 зарубежных представительства, ИТАР-ТАСС и его структуры, РИЦ, ГРСО и другие организации.

Изучение общественного мнения	Социологические исследования
	Мониторинг СМИ
	Встречи с населением и лидерами общественного мнения
	Анализ обращений граждан
Информирование населения	Через российские и зарубежные СМИ
	Через специализированные издания
	Через выступления руководящего состава Программы
	Через WEB сайты
Формирование позитивного отношения	Осуществление информационных программ
	Проведение целевых акций
	Проведение общественных слушаний
	Сотрудничество с органами власти и общественными лидерами

Рис. 2. Направления и методы проведения информационной работы

Для выполнения работ использовались различные виды деятельности, основными из которых являлись:

- работа с печатными, телевизионными, радио, электронными СМИ;
- издание и распространение печатной продукции: книг, журналов, справочной литературы, информационных бюллетеней, брошюр, буклетов, специальных тематических изданий;
- организация и проведение мероприятий: пресс-конференций, «круглых столов», телефонных «горячих линий», посещений строящихся и функционирующих объектов, организация встреч, семинаров, использование других методов и форм взаимодействия с гражданами и общественными организациями;
- мониторинг федеральных и региональных СМИ;
- проведение социологических исследований.

За 2010–2011 гг. на федеральных и региональных полосах подготовлено, опубликовано и распространено в СМИ более 280 информационных тематических и аналитических материалов по всему комплексу вопросов, связанных с химическим разоружением.

К примеру, в материале «Как дела, Горный?» описывается ход строительства первого российского объекта по уничтожению химического оружия в пос. Горный Саратовской области, успешное завершение уничтожения запасов отравляющих веществ, хранившихся на объекте, а также содержание работ по ликвидации деятельности данного объекта. Значительное место уделено перспективам репрофилирования предприятия, а также вопросам развития социальной инфраструктуры Краснопартизанского района Саратовской области.

Вопросы международного контроля за ходом уничтожения химического оружия, осуществляемого ОЗХО, рассматриваются в материале «Контроль во имя безопасности». Подробно описываются порядок и масштабы инспекционной деятельности со стороны инспектората ОЗХО, вопросы взаимодействия между инспекторатом и Департаментом реализации конвенционных обязательств Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

В статье «Уничтожение без опасности» подробно рассматриваются вопросы обеспечения безопасности функционирования объектов по хранению и уничтожению химического оружия и осуществления экологического контроля и мониторинга. Описываются результаты

медицинского мониторинга состояния здоровья населения, работающего и проживающего в регионах расположения объектов по уничтожению химического оружия.

«Полтавская битва генерала Капашина» – с такой тематикой проведена встреча в редакции «Российской газеты» с начальником Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия генерал-полковником В. П. Капашиним.

В статье «Ликвидация по-научному» представлены материалы научно-практической конференции «Научно-технические аспекты обеспечения безопасности при уничтожении, хранении и транспортировке химического оружия», проведённой на базе Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия.

Издано цветное специальное приложение к федеральному выпуску «Российской газеты», посвящённое второй годовщине со дня завершения работ по уничтожению отравляющих веществ, хранившихся на объекте в г. Камбарка Удмуртской Республики.

Открытый электронный журнал «Химическое разоружение» – это совместный проект Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия и ФГБУ «Редакция «Российской газеты». Здесь и статистика, и интервью, и журналистские материалы, опубликованные в СМИ, в том числе региональных и местных. Всё абсолютно открыто и бесплатно.

Это позволило расширить тиражи печатных СМИ и соответственно количество читателей в несколько раз. С помощью Интернета печатные материалы не живут один день вместе с газетой, в которой они опубликованы, а их жизнь продлевается на длительное время, представляя возможность познакомиться с темой химического разоружения большому количеству пользователей сети Интернет.

В интересах расширения получателей информации ФГБУ «Редакция «Российской газеты» осуществлялось сотрудничество с ведущими печатными СМИ в регионах хранения и уничтожения химического оружия. Представительствами «Российской газеты» в регионах проводилась работа с 31 газетой, в 2011 году было опубликовано более 150 материалов по тематике Программы.

Представители федеральных и региональных СМИ приглашались на все мероприятия, проходившие в рамках Программы. Надо отметить, что журналисты стали профессиональ-

ней подходить к теме химического разоружения, от информационной подачи материалов всё чаще переходили к анализу ситуации по тому или иному вопросу, своими публикациями старались помочь людям разобраться в сути проблемы.

На региональных телеканалах и радиостанциях велось постоянное информирование населения по всему комплексу вопросов хранения и уничтожения химического оружия. За 2010–2011 годы подготовлено и вышло в эфир 44 телерепортажа и 22 радиосюжета по вопросам химического разоружения.

Конечно, одними публикациями, сообщениями и теле-, радиорепортажами сложно изменить отношение населения к существующим проблемам. Необходим широкий диапазон действий, форм и методов работы, постоянный диалог всех ветвей власти с населением, который поможет добиться объективного отношения людей, проживающих в зоне защитных мероприятий, к вопросам химического разоружения. С этой целью использовались и другие формы и методы для оперативного, постоянного и объективного информирования всех категорий населения.

Мы учимся быть информационно открытыми для общества. В связи с этим используем такие формы работы, как встречи руководства Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия с губернаторами, главами администраций, представителями исполнительных и законодательных органов власти в регионах, лидерами общественных организаций, учёными, специалистами, журналистами, населением в ходе посещения объектов.

Это, с одной стороны, даёт возможность общественности своими глазами увидеть и почувствовать сложность и грандиозность проблемы уничтожения химического оружия, а с другой, демонстрирует открытость и стремление к диалогу представителей властных структур – Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, Федерального управления.

Важнейшим событием в 2010 году стал ввод в эксплуатацию шестого российского объекта по уничтожению химического оружия в г. Почеп Брянской области. Это мероприятие привлекло внимание представителей общественности, СМИ, руководителей региона и районов области. Своими глазами присутствующие смогли увидеть масштаб созданного предприятия, представить грандиозность решаемых задач, воочию убедиться в уникальности создан-

ной на объекте системы безопасности. Ведь на объекте «Почеп» сосредоточены самые крупные в России запасы фосфорорганических ОВ, что составляет 18,8% их общего количества, хранившегося на территории Российской Федерации. Это событие весьма значительное и имело заметный отклик в российской и мировой прессе как один из шагов по выполнению Россией обязательств по Конвенции.

Также было организовано посещение представителями российских федеральных и региональных СМИ школы и поликлиники, построенных в рамках Программы в г. Почеп Брянской области. Журналисты смогли пообщаться с местными жителями и, как говорится, из первых уст получить правдивую информацию о ходе выполнения Программы в их районе.

Для доведения нужной информации более широким кругам населения РИЦ совместно с ГРСО воинских частей Федерального управления регулярно проводились встречи с населением в школах, учреждениях, на предприятиях в районах расположения объектов по хранению и уничтожению химического оружия, с участием уполномоченных представителей объектов по хранению и уничтожению химического оружия, соответствующих представителей органов местного самоуправления и районных СМИ. Всего за текущий период было проведено более 300 мероприятий. В ходе встреч с населением сотрудниками распространялись различные информационные материалы – брошюры, буклеты, тематические календари.

Хорошо зарекомендовала себя такая форма работы, как организация и проведение конкурса детского рисунка «Мы выбираем мир без химического оружия». В настоящее время в России, как и во всём мире, активная работа детей по изучению и сохранению природного наследия приобретает статус самостоятельного движения. Оно успешно реализуется через разнообразные виды деятельности исследовательского, природоохранного и просветительского характера. С этой целью организуются такие формы массовой работы, как экологические лагеря. В игровой и доступной форме на лоне природы дети постигают азы действий в случае возникновения чрезвычайных ситуаций, знакомятся с историей создания, применения и уничтожения химического оружия.

Пресс-конференции являются основной формой непосредственного общения представителей органов власти, ведущих специалистов в различных областях с представителями СМИ. Такая форма диалога представителей обще-

ственности и заинтересованных организаций и ведомств подтверждает открытость информации о процессах уничтожения химического оружия. С помощью пресс-конференций достигается эффект доверия к сообщениям руководящего состава Программы. Практичность данного вида организационно-коммуникативной деятельности состоит в том, что большие объёмы информации появляются параллельно сразу в нескольких СМИ.

В 2010–2011 гг. было организовано и проведено несколько пресс-конференций в г. Щучье Курганской области, г. Почеп Брянской области и в г. Кирове с участием специалистов объектов хранения и уничтожения химического оружия, представителей федеральных и региональных органов государственной власти, участвующих в реализации Программы, представителей общественных организаций.

Одной из хорошо зарекомендовавших себя форм взаимодействия государственных структур с населением и общественными организациями стала подготовка и проведение «круглых столов», телефонных «горячих линий» по актуальной тематике во всех регионах нахождения объектов хранения и уничтожения химического оружия с участием представителей государственного заказчика, региональных и местных властей, научно-исследовательских и медицинских учреждений, надзорных органов и специалистов Федерального управления.

Организация и проведение «круглых столов» помогают прийти к общей точке зрения, найти конструктивный подход в решении проблемных вопросов химического разоружения.

Эта форма работы является достаточно эффективной, так как позволяет вести открытый диалог практически по всему спектру вопросов хранения и уничтожения химического оружия в данном регионе и в то же время даёт возможность представителям общественных организаций и СМИ получать объективную информацию «из первых рук». В данном мероприятии участвуют руководители Программы, представители надзорных органов, региональных и местных властей, специалисты в области охраны здоровья, окружающей природной среды, экологических и общественных организаций, а также представители СМИ. В 2010–2011 гг. было проведено 10 «круглых столов» во всех регионах, где проводится уничтожение химического оружия, – г. Пенза, г. Киров, г. Саратов, г. Ижевск, г. Щучье.

Важным средством мониторинга общественного мнения и инструментом поддержания постоянного диалога с населением явля-

ются телефонные «горячие линии». Они ежегодно проводятся в районах размещения объектов по уничтожению химического оружия, в них участвуют руководство объектов, главы районов, специалисты различных профилей. В режиме телефонного диалога представители органов власти отвечают на вопросы населения. В 2010–2011 гг. было проведено 14 «горячих линий».

Большое внимание уделяется выпуску и распространению печатной продукции по тематике уничтожения химического оружия. В рамках реализации Программы в 2010–2011 гг. были подготовлены, выпущены и распространены русско-английский информационный годовой бюллетень-обзор «Chemical Disarmament Review», сборник «Итоги выполнения Российской Федерацией 3-го этапа Конвенции о запрещении химического оружия», ежегодный номер спецвыпуска Российского химического журнала по теме: «Практика уничтожения химического оружия в Российской Федерации», общественно-научный журнал «Теоретическая и прикладная экология» по темам: «Выполнение 3-го этапа Конвенции о запрещении химического оружия», «Достижения науки и техники в области химического разоружения». Подготовлены и опубликованы материалы в центральных издательствах (в том числе в газете «Красная звезда», журналах «Военный парад», «Воинское братство», «Российское военное обозрение», «Казачи», «Стандарт и стандартизация») и других.

Публикации в прессе являются индикаторами общественного мнения и выражают основные вопросы, интересующие население области и районов, расположенных вблизи объектов по хранению и уничтожению химического оружия. Поэтому специалисты группы (по связям с общественностью) Федерального управления ежедневно проводят полноценный мониторинг федеральных, областных и местных средств массовой информации по проблеме уничтожения химического оружия. По результатам которого проводится контекстный анализ, делаются выводы, даются рекомендации и предложения. Сведения, полученные в ходе информационного мониторинга, подробно изучаются и служат одним из основных критериев при формировании плана работы.

В целях большей результативности информационного обеспечения мероприятий Программы, осуществления обмена опытом с соответствующими региональными представителями «Российской газеты» и ГРСО используется такая форма работы, как проведе-

ние сборов и семинаров. Так, в октябре 2010 г. был организован и проведён семинар в г. Москве с персоналом РИЦ и ГРСО объектов по хранению и уничтожению химического оружия по теме: «Итоги работы за год. Взаимодействие с населением, общественными организациями, властными структурами с целью поддержания положительного отношения к процессу уничтожения химического оружия в регионах хранения и уничтожения химического оружия». В ходе проведения семинара были рассмотрены практические вопросы информационного обеспечения Программы.

Особенно важная роль в информационной работе отводится ГРСО объектов по уничтожению химического оружия. Специалисты, владеющие самой актуальной и объективной информацией, являются штатными сотрудниками объектов по уничтожению химического оружия. Их работа направлена на самое важное – информирование населения по всем вопросам, связанным с уничтожением химического оружия в регионе.

Работа данных групп по выполнению поставленных задач организуется с учётом обеспечения систематического сбора и анализа всей информации по проблеме уничтожения химического оружия в районе дислокации и регулярных докладов обобщённых данных в Федеральном управлении.

В случаях обострения напряжённости в районе (регионе) дислокации ГРСО оперативно собирает и анализирует информацию, докладывает в Федеральное управление оценку ситуации и свои предложения по экстренным мероприятиям информационного обеспечения в целях стабилизации обстановки.

За время функционирования ГРСО объектов по уничтожению химического оружия накоплен большой опыт работы, установлены прочные связи и сформирована система ежедневного обмена информацией между руководством объекта, Главным управлением природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР России, Минздрава, Министерства по делам ГО и ЧС и других ведомств. Такая система позволяет оперативно представлять СМИ данные по технологическим вопросам, а также сведения об экологической и социальной обстановке в районах хранения и уничтожения химического оружия.

В 2010–2011 гг. активно велась работа по выпуску брошюр, буклетов, теле-, радиорепортажей, видеофильмов, статей, информационных листов непосредственно в местах расположения объектов по уничтожению химического оружия,

что формировало общественное мнение и стабилизировало ситуацию среди населения.

Сотрудниками РЦГЭКиМ подготовлены и изданы брошюры: «Камбарский объект по уничтожению химического оружия: результаты, оценка работы и перспективы», «Экологический мониторинг и безопасность на объекте по уничтожению химического оружия «Леонидовка» и в зоне защитных мероприятий», «Правила поведения в чрезвычайных ситуациях», «Кизнер. Мы строим объект по уничтожению химического оружия».

В рамках информационного обеспечения Программы выпускалась печатная информационно-рекламная продукция о процессе химического разоружения в Российской Федерации, а также сувенирная продукция с символикой Министерства промышленности и торговли Российской Федерации и Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия.

Информационное обеспечение является важной составляющей реализации Программы. Благодаря объективности и оперативности информационного освещения мероприятий по уничтожению химического оружия, доступности в получении информации, использованию многообразия видов информационных продуктов и их широкому распространению, активным формам работы с населением выстраивается доверие и взаимопонимание между людьми, несущими ответственность за выполнение Программы, и перед населением, проживающим в регионах хранения и уничтожения химического оружия.

Анализ проведённой работы показал, что комплексный подход в работе по информационному обеспечению Конвенции имеет положительные результаты и свидетельствует о наличии достаточной степени информированности общественности и населения о ходе реализации ФЦП «Уничтожение запасов химического оружия в РФ» на российских объектах по хранению и уничтожению химического оружия.

В настоящее время Россия приступила к выполнению четвёртого, завершающего этапа, который ознаменует полное уничтожение запасов химического оружия на территории нашей страны в 2015 году. Совершенно очевидно, что масштаб, государственная и международная значимость проблемы уничтожения химического оружия в Российской Федерации как общенациональной Программы требуют и далее продолжать работу по совершенствованию и повышению эффективности функционирования информационной системы.

**Создание современных экологически безопасных производств
в интересах Удмуртской Республики – магистральное направление
перепрофилирования объекта по уничтожению
химического оружия в г. Камбарке**

© 2011. В. А. Беликов, к.х.н., в.н.с., Ю. И. Баранов, к.х.н., первый зам. ген. директора, Л. В. Кабак., д.х.н., г.н.с., П. В. Казаков, д.х.н., нач. отделения, В. Ф. Головков, д.х.н., г.н.с., А. В. Кшнейкина, н.с., Е. Н. Глухан, д.т.н., нач. лаборатории, Государственный научно-исследовательский институт органической химии и технологии, e-mail: dir@gosniiookht.ru

Проведён анализ состояния промышленной инфраструктуры объекта по уничтожению химического оружия в г. Камбарке Удмуртской Республики для целей перепрофилирования после завершения эксплуатации объекта и ликвидации последствий его деятельности. Составлен перечень современных инновационных технологий, перспективных для создания производств на базе данного объекта.

The analysis of the state of industrial infrastructure of the chemical weapon destruction plant in Kambarka in the Udmurt Republic was carried out, for the purposes of its reshaping after finishing the plant's operation and liquidating the consequences of its activity. The list of modern innovative technologies perspective for creation of manufactures on the basis of the given plant is made.

Ключевые слова: объект по уничтожению химического оружия в г. Камбарке, имущественный комплекс, перепрофилирование, экологическая безопасность, инновационное производство

Key words: chemical weapon destruction plant in Kambarka, property complex, reshaping, ecological safety, innovative production

На завершающем этапе выполнения Федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» всё большую актуальность приобретает вопрос, касающийся перепрофилирования объектов по уничтожению химического оружия (ХО) после окончания их эксплуатации. Дальнейшее использование высвобождаемого и пригодного для выпуска востребованной продукции имущественного комплекса этих объектов, их научно-технического потенциала представляет собой непростую задачу, ранее никогда не решавшуюся и требующую всестороннего анализа возможностей и последствий создания на их базе новых производств. Концепция сохранения уникального производственного потенциала российских объектов по уничтожению ХО с учётом экономических и социальных факторов регионов, где размещены объекты, диктует необходимость их перепрофилирования в экологически безопасные производства по выпуску высокотехнологичной продукции, востребованной на внутреннем и внешнем рынках.

К настоящему времени завершены работы по уничтожению ХО на объекте в г. Камбарке Удмуртской Республики (далее объект «Камбарка»). Этот объект представляет собой крупный промышленный комплекс с собственной сложной инфраструктурой, позволяющей работать в автономном режиме. Его главной составляющей является промзона, на территории которой (общей площадью 15,5 га) сосредоточены основные производственные здания и сооружения объекта. Здесь предполагается развернуть будущее инновационное производство. В случае необходимости предусмотрена возможность расширения территории промзоны в пределах землеотвода объекта на 3–4 га в северо-западной части его границы. К промзоне подведён железнодорожный путь нормальной колеи с выходом на железнодорожную магистраль Москва–Екатеринбург, имеются две подъездные (главная и вспомогательная) автодороги, а также выход к водной артерии «Порт Камбарка» на реке Кама. Основные показатели промзоны, характеризующие потенциальные возможности по созданию

Таблица 1

Основные показатели промзоны объекта «Камбарка»

Наименование показателей		Значения показателей	
Площадь территории в пределах ограждения, га		15,5	
Протяжённость автодорог, км	Шириной 7,0 м	1,9	
	Шириной 4,5 м	1,0	
Протяжённость внутренних железнодорожных путей, км		1,9	
Протяжённость наружных сетей водопровода, км		10,0	
Протяжённость наружных сетей канализации, км		7,0	
Протяжённость эстакад, км		1,81	
Протяжённость наружных сетей теплоснабжения, км		1,0	
Потребляемые мощности	Электроснабжение, кВт	16200	
	Газоснабжение	Природный газ, млн. м ³ /год	143,9
		Азот, км ³ /ч	560
		Воздух (давлением 10 бар), км ³ /ч	3600
	Теплоснабжение, МВт	22,67	
	Холодоснабжение, кВт	3000	
Водоснабжение, м ³ /ч	53,8		

на её территории инновационных производств, представлены в таблице 1.

После завершения работ по уничтожению ХО часть производственных зданий и сооружений промзоны объекта «Камбарка» вместе с оборудованием основной технологической линии подлежит обезвреживанию, демонтажу и утилизации согласно требованиям Конвенции по уничтожению ХО. Для последующего использования представляют интерес не находившиеся в непосредственном контакте с отравляющими веществами объекты инфраструктуры промзоны. К ним относятся следующие здания и сооружения с расположенным в них оборудованием: здание утилизации реакционных масс, здание установки термического обезвреживания отходов, административно-бытовое здание, складские помещения, энергетические и вспомогательные здания и сооружения, а также здания и сооружения водоснабжения и канализации. Все они имеют достаточно высокий остаточный ресурс (таб. 2, 3).

Анализ территории, производственной, инженерной и социальной инфраструктуры объекта «Камбарка» по показателям безопасности и обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения показал, что подлежащие перепрофилированию объекты производственной и инженерной инфраструктур не загрязнены отравляющими веществами и находятся в работоспособном состоянии.

По данным мониторинга состояния окружающей среды большая часть природных эко-

систем в санитарно-защитной зоне и в зоне защитных мероприятий объекта находится в удовлетворительном состоянии. Содержание в воздухе, природных водах и почве загрязнителей, связанных с деятельностью объекта, не превышает предельнодопустимых концентраций.

Мониторинг состояния здоровья производственного персонала и жителей зоны защитных мероприятий не выявил увеличения заболеваемости людей, связанных с работой объекта за всё время его эксплуатации. В 2006 году была создана единая система медицинского мониторинга (ЕСММ), позволяющая объективно отслеживать динамику функционирования основных систем организма с учётом адаптационных возможностей, а также устанавливать зависимости между показателями здоровья и санитарно-гигиеническими характеристиками рабочих мест. Для обслуживания персонала также была организована работа по программе «Мониторинг здоровья». Результаты исследований в рамках ЕСММ и программы «Мониторинг здоровья» не выявили фактов негативного влияния деятельности объекта по уничтожению ХО на состояние здоровья производственного персонала.

Заинтересованность в дальнейшем использовании имущественного комплекса объекта, высвобождаемого и пригодного для выпуска востребованной продукции оборонного или гражданского назначения, обусловлена рядом факторов. К ним, в частности, относятся: наличие развитой производственной инфраструктуры, пригодной для создания вы-

сокотехнологичных химических производств; организация надёжной системы защиты персонала и окружающей среды от вредного воздействия производства; наличие высокоразвитой системы инженерных сетей и коммуникаций, обеспечивающей функционирование производственной инфраструктуры; обеспеченность объекта энергетическими и транспортными магистралями; оснащённость современными лабораториями (стационарными и передвижными) и контрольным оборудованием для проведения работ с токсичными и опасными веществами; наличие высококвалифицированного персонала, имеющего большой опыт работы с токсичными и опасными веществами.

Несмотря на то, что промышленная инфраструктура объекта «Камбарка» создавалась для решения задач уничтожения химического оружия, значительную часть расположенного в зданиях и сооружениях промзоны технологического оборудования специально-

го назначения, а также типового химического оборудования благодаря их универсальности можно использовать в интересах развития экономики Российской Федерации.

Анализ потенциальных возможностей промышленной инфраструктуры объекта с учётом остаточного ресурса зданий, сооружений и оборудования показывает, что уже в ближайшей перспективе в промышленной зоне объекта можно организовать одно или даже несколько современных производств [1].

В настоящее время в адрес Правительства Удмуртской Республики поступило несколько десятков предложений по вовлечению высвобождаемого имущественного комплекса объекта по уничтожению ХО в хозяйственный оборот республики. Наиболее интересные, с нашей точки зрения, инновационные разработки представлены в таблице 4.

Одним из требований, предъявляемых руководством Удмуртской Республики и органами местного самоуправления к подаваемым

Таблица 2

Остаточные ресурсы зданий и сооружений промзоны
(по состоянию на 1 января 2010 г.)

Наименование здания или сооружения	Остаточный ресурс, лет
Здание утилизации реакционных масс	26
Здание установки термического обезвреживания отходов	26
Административно-бытовое здание	26
Складские помещения	21–26
Воздушная компрессорная, холодильная и азотная станции	26
Отопительно-производственная котельная	26
Трансформаторная подстанция	26
Насосные станции	23–26
Парк резервуарный (материал – железобетон)	21
Очистные сооружения	23

Таблица 3

Остаточные ресурсы оборудования
(по состоянию на 1 января 2010 г.)

Наименование оборудования	Остаточный ресурс, %
Основное нестандартное технологическое оборудование	33–43
Химическое оборудование типовое	43–50
Теплообменное оборудование	50
Ёмкостное оборудование	60
Насосы	33
Подъёмно-транспортное оборудование	60
Лабораторное оборудование	43–50
Ёмкостное оборудование	50–60
Подстанция комплектная трансформаторная	76
Водогрейные и паровые котлы	73–80
Прочее оборудование	33–50

на конкурс инвестиционным проектам перепрофилирования объекта «Камбарка», является выполнение нормативов экологической безопасности создаваемых на его территории инновационных производств.

В полной мере этим требованиям отвечают технологии и защитные меры, применяемые на всех российских объектах по уничтожению ХО [2]. Такой системой экологической безопасности сегодня не обладает ни одно российское промышленное предприятие. Это позволяет использовать действующие мощности объекта для уничтожения ядохимикатов (хлор- и фосфорсодержащих пестицидов) и вредных отходов промышленности; для ликвидации (путём сжигания) опасных химических веществ 1 и 2 классов опасности и ядохимикатов с истекшими сроками хранения. Актуальность данного направления перепрофилирования обусловлена острой необходимостью создания на территории России современных производств по уничтожению или переработке токсичных промышленных отходов, ядохимикатов, отходов нефтедобычи и других загрязняющих окружающую среду чуждых ей химических соединений. Наибольшую опасность для планетарной экосистемы представляют стойкие органические загрязнители [3],

обладающие высокой токсичностью и способностью к трансграничному переносу по воздуху и воде на большие расстояния от источника их выброса, такие, например, соединения как диоксины и фураны [4].

В 2004 г. на территории Российской Федерации в различных условиях хранения находилось более 21,8 тыс. т устаревших или пришедших в негодность пестицидов, требующих уничтожения. Только в Приволжском федеральном округе таких отходов скопилось более 2700 т. Из них на долю Удмуртской Республики приходилось свыше 170 т [5]. К 2007 г. количество запрещённых и неидентифицированных ядохимикатов на территории республики по ориентировочным данным, представленным Ижевским государственным техническим университетом, увеличилось почти в два раза (около 315 т), т. е. налицо тенденция к усилению загрязнения окружающей среды Удмуртской Республики особо опасными отходами.

Для обезвреживания таких отходов можно использовать две установки фирмы «Lurgi Lentjes EISEN MANN», расположенные в здании термического обезвреживания отходов. Одна из этих установок предназначена для термического обезвреживания жидких

Таблица 4

Перечень предложений по созданию инновационных производств на территории объекта по уничтожению химического оружия «Камбарка»

Перечень предложений	Авторы предложения
Уничтожение путём сжигания отходов 1 и 2 классов опасности	ФГУП «ГосНИИОХТ»
Производство гербицида глифосата	ФГУП «ГосНИИОХТ», ЗАО «Щелково Агрохим»
Получение химически чистого мышьяка для производства солнечных батарей	ФГУП «ГосНИИОХТ»
Производство солнечных батарей на основе арсенида галлия	ГОУ ВПО «Ижевский государственный технический университет»
Переработка концентратов на основе сульфида молибдена с получением оксида молибдена с содержанием примесей менее 0,1%, улавливанием оксидов серы и выделением рения и вольфрама из хвостов производства по технологии и при участии ОАО «ВСМПО-АВИСМА»	Институт прикладной механики Уральского отделения РАН, ОАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА»
Получение трет-бутилэтилового эфира для производства высокооктанового моторного топлива	ФГУП «ГосНИИОХТ», ОАО «Каучук»
Производство прессованных древесных материалов	ФГУП «ГосНИИОХТ», ИИЭОС РАН
Получение катализаторов полимеризации диенов для производства синтетических каучуков	ФГУП «ГосНИИОХТ», ОАО «Сибур»
Получение биотоплива	ФГУП «ГосНИИОХТ»
Производство заготовок машиностроительных деталей	ГОУ ВПО «Ижевский государственный технический университет»

и газообразных отходов, другая – для обезвреживания твёрдых отходов. Производительность данных установок составляет 580, 292 и 300 кг/ч для жидких, газообразных и твёрдых отходов соответственно. Технология обезвреживания отходов разработана с таким расчётом, чтобы полностью исключить при термообработке повторное образование или попадание в сточные воды каких-либо токсичных веществ.

Создание на объекте «Камбарка» производства по уничтожению токсичных отходов с использованием действующих мощностей также оправдано с экономической точки зрения, поскольку не требует дополнительных капиталовложений в дорогостоящие очистные сооружения, специальные хранилища, посты мониторинга и т. п.

Другим направлением перепрофилирования рассматриваемого объекта может явиться создание на территории его промзоны гибких технологических линий по выпуску востребованной в настоящее время продукции. К такой продукции можно, в частности, отнести катализаторы полимеризации диенов для получения синтетических каучуков, а также этил-*трет*-бутиловый эфир, который используется в качестве добавки к моторному топливу для повышения его октанового числа.

Производственные мощности объекта позволяют создавать здесь и более крупные производства дефицитной и импортозамещающей продукции. Одним из них может быть производство гербицида глифосата в количествах, обеспечивающих потребности в данном виде продукции сельхозпредприятий республики и других регионов Приволжского федерального округа. Глифосат является исключительно мощным средством для борьбы с сорной растительностью, устойчивой к другим гербицидам, что позволяет существенно повышать урожайность зерновых. В настоящее время Российская Федерация ввиду отсутствия собственного производства глифосата вынуждена закупать его за рубежом.

Применительно к Удмуртской Республике, богатой лесными ресурсами, большой интерес может представлять инновационный проект создания на базе объекта по уничтожению ХО «Камбарка» производства прессованных древесных материалов без использования связующих элементов, таких, например, как фенолформальдегидные или карбамидоформальдегидные смолы. Для этого предлагается использовать технологию, заключаю-

щуюся в глубоком измельчении древесины в дезинтеграторе новой конструкции (кавитаторе). В данном аппарате происходит глубокая деструкция древесины и превращение её в рыхлую массу, из которой можно выделить целый набор разнообразных по строению и весьма ценных соединений: углеводов, фенолов и иных ароматических соединений, терпенов и терпеноидов, алкалоидов, порфиринов, а также полимерных веществ (целлюлозы и лигнина). Работы в этом направлении ведутся под руководством член.-корр. РАН, профессора Э. Е. Нифантьева на кафедре органической химии химфака МПГУ и в лаборатории химии фосфорорганических соединений ИНЭОС им. А. П. Несмеянова РАН.

В качестве альтернативного варианта перепрофилирования предлагается создание производства по переработке концентратов на основе сульфида молибдена с получением оксида молибдена с низким содержанием примесей (менее 0,1%). Проект разработан институтом прикладной механики Уральского отделения РАН совместно с корпорацией «ВСМПО-АВИСМА», которая производит лигатуры, необходимые для выпуска легированных титановых сплавов для авиации, космонавтики, подводного флота. Авторы разработки предлагают технологию получения высокочистого оксида молибдена с учётом возможности максимального использования технологического оборудования, расположенного в зданиях и сооружениях промышленной зоны объекта, что минимизирует затраты на реконструкцию действующего производства. Этим проектом также предусматривается глубокая очистка газообразных выбросов (оксидов серы) и переработка полупродуктов и хвостов с использованием действующего оборудования объекта, что минимизирует образование отходов.

Важное место в общей концепции переориентации деятельности объекта «Камбарка» занимает проблема, касающаяся дальнейшей судьбы продуктов утилизации люизита, содержащих мышьяк. Представляется целесообразным их использование для производства товаров народного потребления, таких, например, как солнечные батареи на основе арсенида галлия, для получения которого необходим чистый мышьяк. В настоящее время работы по созданию инновационной технологии получения химически чистого мышьяка из продуктов утилизации люизита ведутся в ФГУП «ГосНИИОХТ», а также в институте общей

Ожидаемые конечные результаты реализации республиканской целевой программы «Создание благоприятных условий для привлечения инвестиций в Удмуртскую Республику на 2010–2014 годы»

Наименование	Год				
	2010	2011	2012	2013	2014
Объём инвестиций в основной капитал (млн. руб.)	39476	41997	45773	50808	57413
Объём инвестиций в основной капитал на душу населения (тыс. руб.)	25,87	27,55	30,05	33,40	37,78
Количество вновь созданных рабочих мест (тыс.)	120	140	160	200	250
Налоговые поступления в бюджет Удмуртской Республики (млн. руб.)	200	240	290	360	420

и неорганической химии им. Н. С. Курнакова. Предложение организации промышленного производства солнечных батарей на территории Удмуртской Республики можно рассматривать как одно из приоритетных направлений перепрофилирования объекта по уничтожению ХО «Камбарка».

Создание на территории объекта современных производств мирового уровня в полной мере отвечает интересам Удмуртской республики, в том числе в плане привлечения инвестиций для её социально-экономического развития. В соответствии с законом Удмуртской Республики от 17 июля 2008 г. № 33-РЗ «О государственном планировании социально-экономического развития Удмуртской Республики» Правительством Удмуртской Республики принята республиканская целевая программа «Создание благоприятных условий для привлечения инвестиций в Удмуртскую Республику на 2010–2014 годы» от 7 сентября 2009 г. № 247 (далее Программа) [6]. В Программе представлены конечные результаты её реализации и количественные показатели социально-экономической эффективности: бюджетной, социальной и экономической (табл. 5).

Для проведения процедуры отбора лучшего инвестиционного проекта по использованию имущественного комплекса объекта ФГУП «ГосНИИОХТ» при содействии научно-исследовательского центра Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия разработаны методические рекомендации и положения по организации и проведению процедуры такого конкурса, согласованные с Правительством Удмуртской Республики.

Таким образом, подготовлена база, в том числе нормативно-методическая, для вовлечения высвобождаемого имущественного комплекса объекта по уничтожению ХО в хозяйственный оборот Удмуртской Республики.

Окончательное решение по данному вопросу будет принято Правительством Российской Федерации по предложению Минпромторга России [7].

Опыт, накопленный в ходе выполнения комплекса мероприятий по конверсии объекта «Камбарка», может быть применён к другим российским объектам по уничтожению ХО, что позволит с наибольшей эффективностью решить задачи переориентации их деятельности после завершения работ по химическому разоружению.

Литература

1. Никифоров Г.Е., Горман И.М., Белов С.М., Лякин А.С., Карнова Е.С. Начальный этап реформирования объектов по уничтожению химического оружия в интересах экономики и обеспечения обороны и безопасности // Российский химический журнал. 2010. Т. LIV. № 4. С. 120–122.
2. Соколов Ф.П., Сизых И.Н., Мильготин И.М., Самсонов В.А., Швецова-Шилова Т.Н., Вачевских В.В. Экологические аспекты уничтожения химического оружия // Российский химический журнал. 2010. Т. LIV. № 4. С. 100–103.
3. Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях от 22.05.2001 г. <http://www.ecoaccord.org/pop/>.
4. Кунцевич А.Д., Головкин В.Ф., Рембовский В.Р. Дибензо-п-диоксены. Методы синтеза, химические свойства и оценка опасности // Успехи химии. 1996. Т. 65. № 1. С. 29–42.
5. Международный проект по ликвидации СОЗ. <http://www.ipea.org>.
6. Республиканская целевая программа «Создание благоприятных условий для привлечения инвестиций в Удмуртскую Республику на 2010–2014 годы» от 7 сентября 2009 г. № 247. <http://www.udmurt.ru>.
7. Уникальная задача. России предстоит в короткий срок уничтожить оставшиеся запасы химоружия // Российская газета. № 5361 от 14 декабря 2010 года. <http://www.rg.ru/printable/2010/12/14/zadacha.html>.

УДК 543.54; 613.62; 504.054; 504.064

Актуальные вопросы выявления причинно-следственных связей в системах «здоровье персонала объектов хранения и уничтожения химического оружия – производственная среда» и «здоровье населения зоны защитных мероприятий – среда обитания»

© 2011. Е. А. Цибульская, зав. лабораторией, М. Ю. Комбарова, к.м.н., зав. отделом, Е. В. Олейникова, д.м.н., в.н.с., Т. В. Перушкина, н.с., Н. С. Овчишникова, м.н.с., Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека Федерального медико-биологического агентства, e-mail: gpech@fmbamail.ru

В статье отражены актуальные проблемы установления и доказательства причинно-следственных связей в системе «здоровье человека – среда обитания». Представлены алгоритм и методы выявления доказательства причинно-следственных связей техногенного и (или) природного происхождения.

In the article reflects actual problems of establishing and proof of causal relationship in the system «man health – habitat». The algorithm and the methods of identifying causal relationship of technological and/or natural origin are presented.

Ключевые слова: доказательство, причинно-следственные связи, окружающая среда, здоровье населения, техногенное воздействие, природное воздействие

Key words: proof, causal relationship, environment, population health, technological impact, natural exposure

Проблеме установления и доказательства причинно-следственных связей в системе «здоровье человека – среда обитания» как одной из центральных в научной и практической деятельности специалистов по гигиене и эпидемиологии всегда уделяется повышенное внимание [1 – 7, 20].

В последнее время всё больше накапливается данных о существовании и повышении уровня экологически обусловленной патологии. Недостаток в питьевой воде и в пищевых продуктах йода на фоне микроэлементного дисбаланса приводит к формированию у значительной части населения эндемического зоба [8, 9].

Известны также другие «специфические» экологозависимые болезни, такие как Кашина-Бека – эндемическая остеопатия – дефицит селена + микотоксины в продуктах питания, Кешана – эндемическая кардиомиопатия – дефицит селена и энтеровирусная инфекция и т. д. («биогеохимические эндемии»), что наблюдается при дисбалансе микроэлементов и сопутствующих условиях, а также загрязнении тяжёлыми металлами среды обитания и организма людей в «биогеохимических провинциях» [8, 10, 11], поражения центральной нервной системы у проживающих на тер-

риториях, загрязнённых метилртутью, – болезнь Минамата, или нарушения функций опорно-двигательного аппарата при отравлении кадмием – болезнь Итай-Итай, массовые заболевания бронхоаллергозами при загрязнении атмосферы выбросами завода белково-витаминных концентратов [12].

Экологически обусловленная патология – это болезни и патологические состояния, развившиеся среди населения конкретной территории под воздействием вредных факторов среды обитания и проявляющиеся в виде «неспецифической» и «специфической» патологии [13].

«Специфическим экологически обусловленным заболеванием» обозначается заболевание, связанное с воздействием конкретного вредного фактора среды обитания и проявляющееся характерными для действия этого причинного фактора симптомами и синдромами [13, 14].

Неспецифической экологически обусловленной патологией обозначены находящиеся в причинно-следственной зависимости от вредных факторов среды обитания различные патологические формы заболеваний, учитываемых в различных классах Международной классификации болезней (10-го пересмотра),

достоверно отличающиеся от показателей контрольных групп населения.

Целью работы была разработка методологии установления причинно-следственных связей в системе «среда обитания (производственная среда) – изменение здоровья населения (персонала)».

Системный подход к определению характера (природы) связи был разработан службой здравоохранения США (1964 г.) и учёным эпидемиологом А. В. Hill (1965).

Для выявления причинной зависимости в системе «среда – здоровье» рекомендовано соблюдать ряд условий ВОЗ (1993 г.) (табл. 1, 2).

Основными критериями (принципами), используемыми для доказательства наличия связи между вредным воздействием и нарушением популяционного здоровья, являются:

1. Начало вредного воздействия всегда предшествует времени возникновения связанного с ним заболевания или другого нарушения здоровья.

Таблица 1

Установки (рекомендации) для выявления причинной зависимости в системе «среда – здоровье»

1. Временная зависимость	Предшествует ли причина эффекту? (самое главное)
2. Вероятность	Совместима (согласуется) ли связь с другими сведениями (механизм действия, данные, полученные на лабораторных животных)?
3. Согласованность с другими проводимыми исследованиями	Получены ли подобные результаты в других исследованиях?
4. Сила связи	Какова сила связи между причиной и эффектом? (относительный риск)
5. Зависимость между дозой и ответной реакцией	Связано ли повышенное воздействие возможной причины с повышенным эффектом?
6. Обратимость	Приводит ли удаление возможной причины к снижению риска заболевания?
7. Схема исследования	Базируются ли данные на определённой схеме исследования?
8. Оценка данных	Какое количество данных приводит к определённому заключению?

Таблица 2

Примерная схема основных задач, подлежащих решению при проведении оценки влияния вредных химических факторов на состояние здоровья отдельных групп населения

Задача (этап)	Примеры постановочных вопросов
Оценка подверженности популяций риску (идентификация риска)	1. Имеется ли риск для рассматриваемой популяции и как много человек ему подвержено? 2. В чём этот риск состоит? 3. Насколько этот риск существенен для здоровья популяции, в т. ч. для отдельных наиболее восприимчивых групп населения (дети, беременные женщины, лица с хроническими заболеваниями и т. п.)?
Оценка интенсивности (оценка экспозиции)	1. Какими путями происходит воздействие на организм? 2. В какой форме(ах)? 3. Какова частота и сила этого воздействия? 4. Как осуществляется мониторинг за воздействием?
Оценка вредных эффектов	1. В каких видах нарушений здоровья проявляется вредный эффект? 2. Есть ли зависимость типа «доза – эффект» или «доза – ответ»? 3. Имеется ли латентный период в развитии нарушений здоровья и какова его длительность? 4. Имеются ли особенности в течении и исходах (стойкая утрата трудоспособности, уровень излечимости и т. п.)?
Принятие решений	1. Достаточно ли доказательства связи выявленных нарушений здоровья и вредного фактора? 2. Есть ли возможности для проведения донологической и первичной профилактики? 3. Какова её ожидаемая эффективность? Этические аспекты принятия решения. Как могут быть восприняты населением рекомендации и предписания по профилактике?

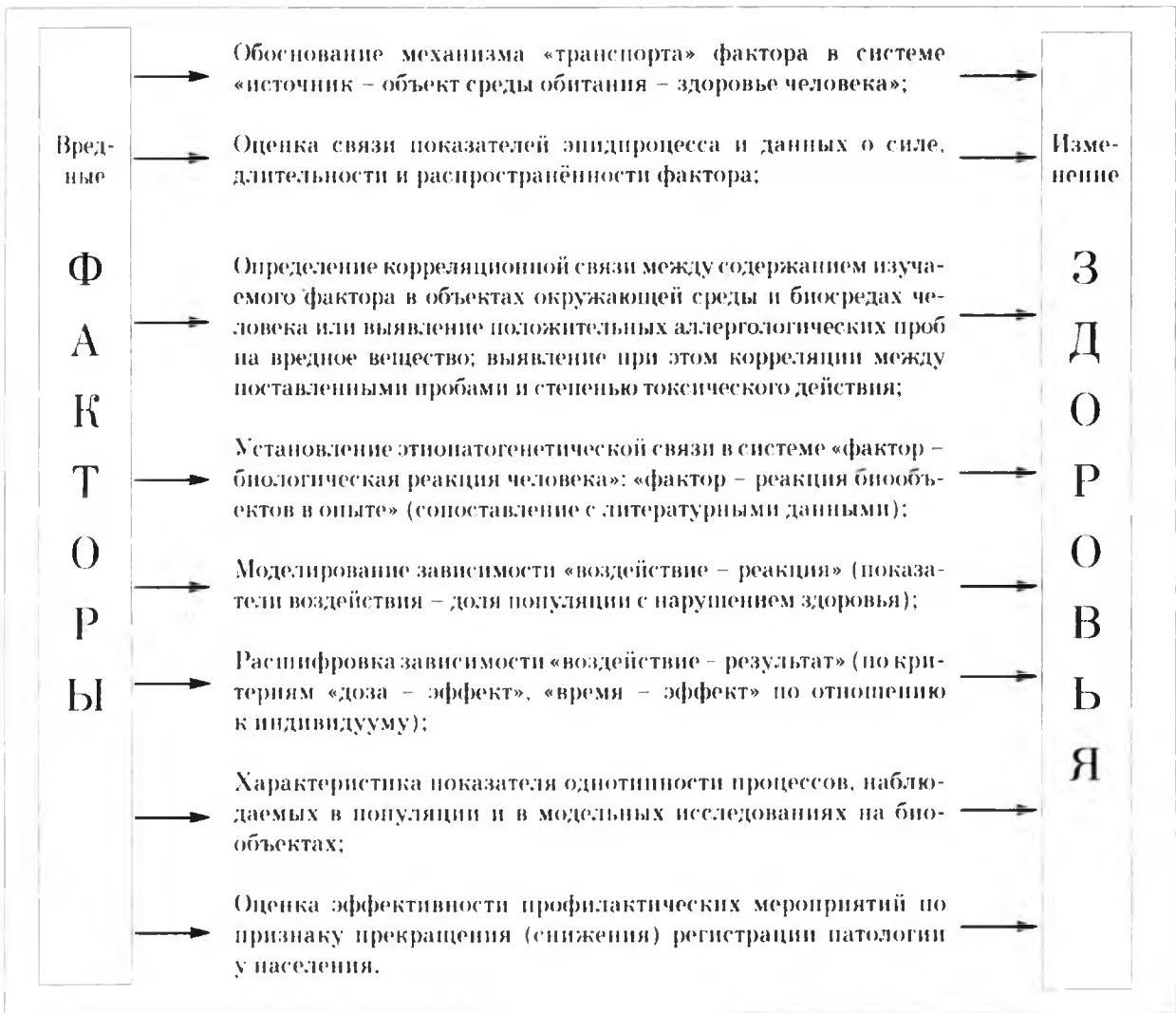


Рисунок. Алгоритм доказательства причинно-следственных связей в системе «среда обитания – здоровье населения»

2. Наблюдаемые вредные эффекты и симптомы заболевания согласуются с известными представлениями о механизмах вредного действия предполагаемого причинного фактора и результатами экспериментов на животных.

3. Предполагаемая связь между вредным фактором и заболеванием уже была подтверждена результатами ранее проведённых в других условиях или с применением других методов клинических и эпидемиологических исследований.

4. Связь между заболеванием и вредным фактором статистически существенна и достаточно сильна.

5. Увеличение интенсивности воздействия фактора на отдельные группы населения сопровождается достоверным увеличением частоты и/или распространённости или тяжести связанного с ним заболевания в этих группах (есть зависимости типа «доза – ответ» или «концентрация – время – эффект»).

6. Устранение или снижение интенсивности воздействия предполагаемого вредного фактора сопровождается снижением риска возникновения заболевания или тяжести его клинических проявлений.

7. Сведения, полученные в ходе расследования причин и последствий воздействия вредных факторов на здоровье, соответствуют всем требованиям к полноте и качеству измерений параметров этих факторов, исключению мешающего влияния сопутствующих условий, объёму и качеству лабораторно-диагностического и клинического обследования заболевших, обоснованности клинического диагноза.

На основании данных ВОЗ, литературных источников, опыта работы проведения расследований доказательства причинно-следственных связей ФГУН «НИИ ГНЭЧ» ФМБА России был разработан алгоритм доказательства причинно-следственных связей в системе «среда обитания – здоровье населения» (рис.).

Результаты исследования. Установление причинно-следственных связей в системе «среда обитания – изменение здоровья населения» должно осуществляться на основе предметного (логического, системного) анализа и программно-математических приёмов обработки всей совокупности данных о показателях изменения здоровья населения и исследуемых экологически вредных факторов в среде обитания людей (географические информационные системы – ГИС, методы установления корреляционных связей и т. д.) [3, 15, 16].

Считаем целесообразным акцентировать внимание на методических особенностях количественной оценки рассматриваемых причинно-следственных связей между показателями качества среды обитания и здоровьем людей – оценки потенциального и реального риска здоровью человека [17, 18]. В ходе проводимых медико-экологических исследований под руководством С. В. Нагорного разработана концепция и предложена методика интегральной оценки потенциального и реального риска здоровью людей и опасности нагрузки вредных химических веществ на среду обитания населения и в целом напряжённости медико-экологической ситуации [15, 16, 19].

В каждом конкретном случае для установления причинно-следственной связи между нарушением здоровья и воздействием вредного химического фактора часто невозможно получить исчерпывающую токсикологическую и эпидемиологическую информацию, особенно в случае малоизвестных вредных веществ, либо относящуюся к событиям отдалённого прошлого, а также при специфических видах эффектов.

В соответствии с разработанным алгоритмом для установления доказательной причинно-следственной связи «среда – здоровье» необходимо проводить оценку по следующим направлениям:

- ситуационный пространственно-временной анализ, учитывающий реальность существования и условий воздействия вредных факторов и их источников на популяцию на одной и той же территории;
- наличие на указанной территории повышенного уровня болезней, предположительно связанных с этими экологически вредными факторами;
- этиопатогенетический анализ обусловленности патологии конкретными вредными факторами среды обитания, включающий в том числе оценку совпадения силы фактора и специфической (адекватной)

реакции здоровья населения на воздействие в той же градации (ранге);

- этиопатогенетическая доказанность связи «воздействие – реакция» (или «воздействие – результат») в биологической модели;
- проведение качественной и количественной оценки биосред (кровь, моча, волосы) на наличие токсикантов при отсутствии анамнестических данных и сомнительной клинической картине отравления (газовая хроматография – масс-спектрометрия, высокоэффективная жидкостная хромато-масс-спектрометрия);
- подтверждение эпидемиологических и токсикологических оценок данными углублённого клинико-гигиенического обследования группы риска, в том числе установление положительных аллергологических и иммунологических проб;
- оценка эффективности всей системы проводимых на оцениваемой территории профилактических и оздоровительных мероприятий.

Наличие данных для характеристики ситуации по всем составляющим даёт основание считать полностью доказанным риск здоровью людей от воздействия вредных факторов окружающей среды.

Данные только по первым трём-четырёх составляющим анализируемой системы (из семи направлений оценок) характеризуют предположительную доказанность причинно-следственной связи «среда – здоровье населения» (экологически обусловленная заболеваемость).

В итоге формируется заключение о роли изолированного или многофакторного воздействия с выделением главного причинного фактора. Последнее также является основанием для использования в полном объёме предлагаемой шкалы напряжённости медико-экологической ситуации для замены определения «потенциально» – возможно, сформулированного на предыдущих этапах оценки, на понятие «реально» – доказано, для всех градаций оценок.

В настоящее время службами РУ ФМБА РФ и ФГУЗ «ЦГиЭ» ФМБА РФ проводится анализ данных СГМ с выявлением ведущих источников загрязнения окружающей среды, несоответствий гигиеническим нормативам концентраций загрязняющих веществ (приоритетных) в атмосферном воздухе, воде питьевой, воде водоёмов, почве на территориях расположения химически опасных объектов, что соответствует проводимой оценке по первой составляющей системы установления доказательной причинно-следственной связи.

В рамках социогигиенического мониторинга проводится анализ медико-демографических показателей заболеваемости населения территорий расположения химически опасных объектов. Проводится оценка данных о возрастной структуре населения, ведущих причинах смертности, показателях общей заболеваемости (детской, подростковой, взрослой), динамике показателей заболеваемости, болезненности, ведущих причинах первичной заболеваемости с выявлением районов с высокими уровнями заболеваемости во всех возрастных группах, ростом смертности (младенческой), лидирующей патологии, что соответствует второй составляющей системы установления доказательной причинно-следственной связи.

Установление причинно-следственных связей в системе «среда обитания – здоровье человека» должно занимать центральное место в системе комплексных гигиенических (санитарно-экологических) исследований территорий расположения промышленных объектов (в первую очередь химически опасных объектов, к которым относятся и объекты по хранению и уничтожению химического оружия), проводимых с целью разработки целенаправленных профилактических и оздоровительных мероприятий по защите людей от возможного действия установленных в ходе этих исследований вредных факторов.

Литература

1. Авалиани С.Т., Андрианова М.М., Вотяков А.В. и др. Использование зависимости «Концентрация – статус организма» для оценки воздействия комплекса атмосферных загрязнений // Гиг. и сан. 1992. № 2. С. 4–6.
2. Буштуева К.А., Случанко И.С. Методы и критерии оценки состояния здоровья населения в связи с загрязнением окружающей среды. М.: Медицина, 1979. 160 с.
3. Малеванный И.Н., Нагорный С.В. Методика установления источника загрязнения внешней среды, вызвавшего повышенную заболеваемость населения // Научно-теоретическая конференция по охране окружающей среды: Тезисы докладов. Пермь, 1977. С. 33–34.
4. Методы установки допустимых уровней воздействия профессиональных вредностей. Женева: ВОЗ, 1978.
5. Потапов А.И. Современные проблемы гигиенической науки и обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения // Здоровоохранение Российской Федерации. 1993. № 1. С. 3–6.
6. Принципы изучения болезней предположительно химической этиологии и их профилактика. Женева: ВОЗ, 1990.

7. Сидоренко Г.И. Эффект воздействия загрязняющих веществ на здоровье человека // Проблемы мониторинга и охраны окружающей среды: Труды Советско-Канадского симпозиума. Тбилиси–Ленинград, 1989. С. 271–283.
8. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Ринн М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. М.: Медицина, 1991. 496 с.
9. Горбачев А.Л., Скальный А.В., Вельданова М.В., Ефимова А.В., Луговая Е.А. Особенности элементного статуса детей с эндемическим зобом в г. Магадан // Микроэлементы в медицине. 2002. Т. 3. Вып. 3. С. 19–22.
10. Ковальский В.В. Геохимическая экология. М.: Наука, 1974. 204 с.
11. Решетник Л.А. Клинико-гигиеническая оценка микроэлементных дисбалансов у детей Прибайкалья: Автореф. дис. ... докт. мед. наук. Иркутск, 2000. 43 с.
12. Малеванный И.Н., Нагорный С.В. Методика установления источника загрязнения внешней среды, вызвавшего повышенную заболеваемость населения // Научно-теоретическая конференция по охране окружающей среды: Тезисы докладов. Пермь, 1977. С. 33–34.
13. Маймулов В.Г., Нагорный С.В., Шабров А.В. Основы системного анализа в эколого-гигиенических исследованиях. СПб.: Сиб ГМА им. И. И. Мечникова, 2000. 342 с.
14. Нагорный С.В., Бабанин С.П., Морозов В.И. О проблемах диоксинов в г. Липецке // Здоровье человека и действие факторов внешней среды: Материалы научно-практической конференции. Воронеж–Липецк, 1996. С. 184–185.
15. Нагорный С.В. Эколого-гигиенические исследования в регионах // Медицина труда и промышленная экология. 1994. № 3. С. 9–13.
16. Нагорный С.В., Маймулов В.Г., Малеванный И.Н. Методика определения экологически обусловленного реального риска здоровью людей и степени напряженности медико-экологической ситуации // Медицина труда и промышленная экология. 1998. № 5. С. 13–15.
17. Антонов Ю.П., Заугольчиков С.Д., Мусийчук Ю.И., Нагорный С.В. Принципы системного подхода к оценке опасности для человека вредных факторов среды // Гигиена и санитария. 1979. № 9. С. 63–67.
18. Киселёв А. В. Оценка риска здоровью в медико-экологических исследованиях и практике управления качеством окружающей среды. СПб: Деята, 1996. 68 с.
19. Нагорный С.В., Маймулов В.Г. «Методические проблемы изучения причинно-следственных связей в системе «Окружающая среда – здоровье человека» // Вестник СПб ГМА им. И. И. Мечникова, 2000. № 1. С. 22–25.
20. Hill A.B. The environment and disease association or consentation // Proc. Rog. Soc. Med. 1965. V. 58. № 5. P. 295–300.

Иммобилизованные биокатализаторы на основе органофосфатгидролазы в процессах разложения фосфорорганических отравляющих веществ

© 2011. Е. Н. Ефременко¹, д.б.н., зав. лабораторией, И. В. Лягин^{1,2}, к.х.н., н.с.,
Д. А. Гудков¹, к.х.н., м.н.с., М. С. Сироткина¹, аспирант, Н. В. Завьялова³, д.б.н., г.н.с.,
В. В. Завьялов⁴, к.х.н., с.н.с., С. Д. Варфоломеев², член-корр. РАН, директор,
В. И. Холстов⁵, д.х.н., директор,

¹Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,

²Институт биохимической физики им. Н. М. Эмануэля РАН,

³33 Центральный научно-исследовательский и испытательный институт МО РФ,

⁴Экспертно-криминалистический центр МВД РФ,

⁵Департамент реализации конвенционных обязательств Министерства
промышленности и торговли Российской Федерации,
e-mail: elena_efremenko@list.ru

В статье представлены материалы по использованию иммобилизованных ферментных биокатализаторов, созданных на основе гексагистидинсодержащей органофосфатгидролазы, в процессах биодеструкции фосфорорганических отравляющих веществ и продуктов их гидролиза в проточных системах и в почвогрунте. Обсуждается применение указанного фермента в иммобилизованной форме как составного элемента защитных средств нового поколения, обладающих самодегазацией. Метод и носитель для иммобилизации фермента определяются назначением и условиями применения разработанного биокатализатора. Для всех вариантов созданных биокатализаторов на основе иммобилизованного фермента продемонстрирована высокая эффективность их действия.

The work presents information on the use of immobilized enzymatic biocatalysts developed on the base of hexahistidine-containing organophosphorus hydrolase in the processes of biodestruction of organophosphorous neurotoxic agents as well as products of their hydrolysis in flow-through systems and soil. The application of the enzyme mentioned in immobilized form as a main element of personal protection material of a new generation possessing self-deactivation is discussed. Method and carrier for enzyme immobilization is defined by purpose and conditions of exploitation of originated biocatalyst. A high enough efficiency of action is demonstrated for all the variants of created biocatalysts based on immobilized enzyme.

Ключевые слова: фосфорорганические отравляющие вещества,
гексагистидинсодержащая органофосфатгидролаза, иммобилизованные биокатализаторы,
проточные системы, почвы, защитные материалы

Key words: organophosphorous chemical warfare agents, hexahistidine-containing
organophosphorus hydrolase, immobilized biocatalysts, flow-through systems, soils,
protective materials

Современные биохимические процессы, основанные на использовании генетически модифицированных ферментов с улучшенными каталитическими характеристиками, формируют новую научно-практическую базу для решения задач, связанных с необходимостью детоксикации фосфорорганических отравляющих веществ (ФОВ) в различных объектах, в частности в водных средах, почвах и в составе самодегазирующих средств защиты. Огромный интерес в мире к ферментативным методам разложения ФОВ обусловлен их высокой эффективностью действия и экологической безопасностью, которая предопределяет

условиями реализации методов: температурой окружающей среды, атмосферным давлением, использованием водных сред с отсутствием агрессивных химических агентов [1, 2]. На сегодняшний день наиболее активным ферментом, способным катализировать гидролиз фосфорорганических соединений (ФОС), представляющих собой производные ортофосфорной и алкилфосфоновой кислот, является органофосфатгидролаза (ОРН, ЕС 3.1.8.1) [3]. Установлено, что ОРН, содержащая генетически введённую на N-конец молекулы белка гексагистидиновую последовательность (His₆-ОРН), способна осуществлять высоко-

эффективный гидролиз ФОВ при концентрации до 10^{-2} М в виде чистых веществ и в составе сложных по химическому составу реакционных массах, получаемых после детоксикации ОВ [4]. Также показано, что His₆-ОРН гидролизует различные фосфонаты, являющиеся продуктами разложения ФОВ, в широком диапазоне их концентраций, pH среды и температуры [5, 6].

Проведение иммобилизации His₆-ОРН позволяет получать стабильную форму фермента, которая может обеспечить продолжительное сохранение ферментом его каталитических характеристик и дать возможность многократно использовать его для гидролиза ФОВ и продуктов их разложения. Очевидно, что выбор метода иммобилизации и носителя для фермента предопределяется условиями его дальнейшего применения. Различные иммобилизованные формы фермента могут найти применение в технологии биодegradации реакционных масс в условиях проточных реакторов, в процессах биоремедиации почв, загрязнённых как исходными ФОВ, так и продуктами их первичного гидролиза, а также в создании нового поколения средств индивидуальной защиты, основанных на их биоактивации и самодегазации. В данной работе представлены результаты исследований по трём указанным направлениям использования иммобилизованных ферментных препаратов, разработанных на основе His₆-ОРН.

Иммобилизованная His₆-ОРН в составе защитного самодегазирующегося материала

Одной из актуальных задач, связанных с детоксикацией ФОВ, является разработка

высокоэффективных самодегазирующихся фильтрующих защитных материалов. Американские исследователи предпочли использовать смесь ферментов, способных гидролизовать различные ФОВ, для введения в самодегазирующийся слой защитного материала [7]. Среди применённых ими ферментов были ОРН и фосфорорганическая кислая ангидролаза (ФКА, ЕС 3.1.8.2), суммарное каталитическое действие которых должно обеспечивать защиту от токсичного воздействия трёх основных ФОВ: зарина, зомана и ОВ типа Vx.

Для создания российского аналога был использован фермент His₆-ОРН, который не только более эффективно гидролизует три указанные ФОВ в сравнении с ОРН и ФКА, но и катализирует разложение фосфорорганических продуктов их гидролиза [8]. Структура защитного самодегазирующегося материала, разработанного на основе His₆-ОРН, схематично представлена на рисунке 1.

Верхний слой, используемый в качестве изолирующего от проникновения ФОВ в виде жидкости, представлял собой полиамидхлопчатобумажную ткань с полифторолефиновой или полиуретановой мембраной, обладающей олеофильными свойствами. Применение данного материала обеспечивает равномерное распределение и дозировку ФОВ к следующему сорбирующему слою [9].

Средний слой являлся сорбирующим, биоактивированным и самодегазирующимся. Фермент His₆-ОРН вводился в этот слой в виде раствора различной концентрации в буфере. В качестве сорбирующего носителя применялся сшитый сополимер акриловой кислоты и акриламида, имеющий высокую степень набухаемости (~3000). Выбранный носитель, с одной стороны, позволял вводить различные

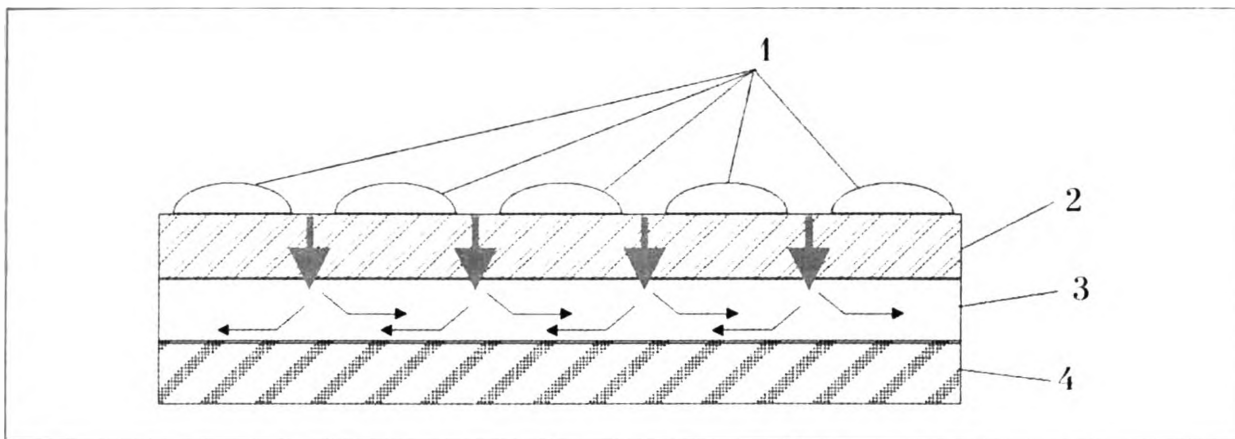


Рис. 1. Схема защитного материала на основе иммобилизованной His₆-ОРН: 1 – капли ФОВ на поверхности материала; 2 – верхний изолирующий слой; 3 – слой, содержащий иммобилизованный фермент His₆-ОРН; 4 – нижний гигиенический слой

количества фермента в сорбционный слой, а с другой – сорбент гарантированно удерживал буферный раствор с заданным значением pH в микроокружении фермента, создавая благоприятные условия для высокоэффективного ферментативного катализа. Данный сорбент абсолютно не токсичен как при пероральном попадании в организм, так и при контакте с кожей и глазами [10].

Введение антимикробных веществ, применение которых допустимо даже в детской косметологии [11], в состав защитного материала, имеющего влажность биоактивированного слоя 60%, создало благоприятные условия для длительного хранения иммобилизованного фермента в герметичной упаковке при отсутствии порчи готовой продукции и в состоянии полной готовности к применению. Кроме того, данные вещества способствовали предотвращению какой-либо угрозы возникновения у пользователей заболеваний кожи, связанных с микробным заражением, вызванным культурами *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus vulgaris* и др., а также делали потенциально безопасным применение защитного материала потребителем без каких-либо возрастных ограничений.

Нижний (гигиенический) слой был выполнен из тканого или нетканого целлюлозосодержащего материала и предназначен для контакта с кожным покровом, одновременно выполняя функцию подложки для остальных слоёв. Кроме того, данный материал способен осуществлять эффективный отвод влаги от по-

верхности тела человека. Использование тканых и нетканых материалов на основе хлопка в качестве пористого материала обусловлено их высокой сорбционной ёмкостью, способностью удерживать большие объёмы жидкостей, а также доступностью их производства в больших объёмах текстильной промышленности и, следовательно, возможным масштабированием производства защитных материалов на их основе.

Было разработано несколько вариантов защитных материалов, отличающихся по своему составу, и исследованы их характеристики (табл. 1). Показано, что при нанесении на поверхность такого материала вещества типа Vx в концентрации 10 г/м² отсутствие токсичных паров за слоем защитного материала регистрируется на протяжении 96 ч (далее анализ не проводился) при различных температурах (22–45 °С) и значениях pH (7,8–10,5).

При температуре хранения +4 °С независимо от pH среды, выбранной для иммобилизации His₆-ОРН, целесообразное время хранения защитного материала составило 8 мес. Снижение остаточной влажности дегазирующего слоя до 10% сохраняло защитные свойства материала на 100% (при незначительном снижении эффективности самодегазации) в течение 12 мес. при температуре +4 °С (табл. 1, образец № 3).

Исследование кинетики разложения различных фосфонатов в слое с иммобилизованным ферментом His₆-ОРН показало (рис. 2), что не зависимо от степени очистки применя-

Таблица 1

Состав и защитные характеристики полученных защитных материалов при воздействии на них 10 г/м² вещества типа Vx

Компонент защитного материала	Очищенный препарат His ₆ -ОРН			Неочищенный препарат His ₆ -ОРН		
	1	2	3	4	5	6
№ образца защитного материала						
Мембранотканевая составляющая, % масс	15,2	14,3	21,4	13,5	15,0	10,3
Сорбент, % масс.	20,3	12,7	21,4	15,0	13,2	14,4
Фермент His ₆ -ОРН, % масс.	0,00125	0,0076	0,0041	0,11	0,22	0,4
Буферный раствор, % масс.	30,4	38,2	7,1	44,8	40,0	32,6
Целлюлозосодержащая тканевая составляющая, % масс.	10,1	12,4	21,4	7,4	9,8	9,4
Время полной самодегазации, ч	5	3	4	7	3	3
Температура проведения испытания, °С	22	22	37	28	22	45
Время действия в заражённой зоне, ч	96	96	96	96	96	96
pH буферного раствора*	7,8	10,5	10,0	9,0	8,5	10,5
Температура хранения защитного материала, °С	+8	+4	+4	+4	+10	+8
Время сохранения самодегазирующих свойств на 100%, мес	6	8	12	6	4	6

Примечание: * при данном pH проводилась иммобилизация фермента His₆-ОРН на сорбенте.

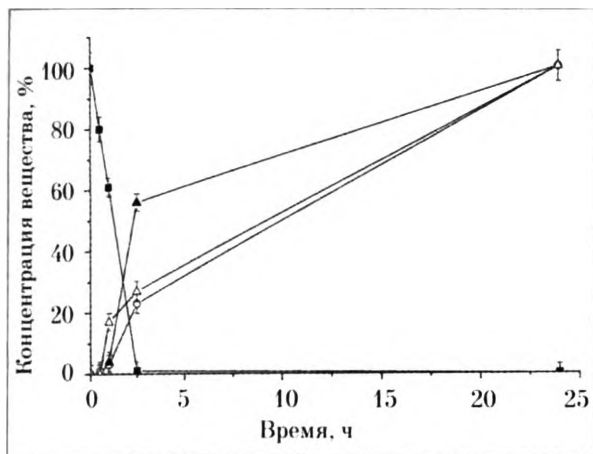


Рис. 2. Изменение концентрации вещества типа Vx (■), этилового эфира МФК (○), МФК (▲) и неорганического фосфата (□) в дегазирующем слое при детоксикации вещества типа Vx под действием иммобилизованного фермента His₆-ОРН

емого фермента, pH и температуры время самодегазации образца защитного материала уменьшалось с 7 до 3 ч при увеличении концентрации фермента His₆-ОРН. Минимальное время самодегазации (3 ч) наблюдалось для материалов, содержащих 0,0076 и 0,22% масс. для очищенного и неочищенного препарата His₆-ОРН соответственно. Наряду с гидролизом вещества типа Vx наблюдалось разложение образующихся гидролитических продуктов: этилового эфира метилфосфоновой кислоты (ЭМФК) и метилфосфоновой кислоты (МФК) (рис. 2).

До 1 часа в накоплении ЭМФК и МФК наблюдался лаг-период, в то время как для фосфатов лаг-период закончился в первые 30 мин. За это время гидролиз вещества типа Vx проходил на 40%. По всей видимости, происходил гидролиз не только P-S, но и эфирной P-O связи в молекуле вещества типа Vx с образованием S-(2-дизопропиламиноэтил) метилфосфоната, который в данном эксперименте не контролировался. Далее происходило быстрое накопление МФК и более медленное накопление ЭМФК и фосфатов. Стоит отметить, что через 3 ч гидролиз вещества типа Vx заканчивался полным его разложением, в то же время накопление ЭМФК происходило до 25 часов включительно, что было обусловлено гидролизом диэтилового эфира МФК. К 25 часам в системе, вероятно, наступало химическое равновесие, потому что последующие анализы концентраций контролируемых веществ не выявили их изменений.

Сравнение времени защитного действия разработанного материала от паров вещества

типа Vx показало, что оно в 27 раз превосходило время защитного действия фильтрующей одежды общевойскового защитного комплекта ОЗК-Ф.

Таким образом, были разработаны прототипы биоактивированных защитных материалов нового поколения, позволяющие многократно улучшить характеристики средств индивидуальной защиты.

Разложение фосфонатов в проточных системах под действием иммобилизованных биокатализаторов

Иммобилизация белков на металл-хелатирующих носителях характеризуется высокой прочностью и специфичностью связывания, а также отсутствием инактивации ферментов под действием сшивающих агентов, которые обычно используются в случае ковалентной химической иммобилизации ферментов. В основе этого метода иммобилизации лежит образование комплекса между ионами двухвалентных металлов, которыми заряжен носитель, и атомами азота имидазольных колец остатков гистидина полигистидиновой последовательности, введенной на какой-либо из концов молекулы белка [12].

Были разработаны биокатализаторы, предназначенные для использования в проточных реакторах, на основе His₆-ОРН, иммобилизованной на макропористом полиакриламидном криогеле, модифицированном лигандами иминодисукусной кислоты и заряженном ионами меди (Cu-IDA-криоПААГ) [13 – 14]. При скорости потока 6 мл/ч в проточном реакторе были определены каталитические константы His₆-ОРН, иммобилизованной на Cu-IDA-криоПААГ, в реакциях гидролиза различных фосфонатов (табл. 2). Установлена эффективность каталитического действия иммобилизованного биокатализатора в отношении метилфосфоновой кислоты (МФК), O,O'-дизобутилового эфира МФК (ДИБЭМФК) и O-изобутилового эфира МФК (ИБЭМФК).

Подача реакционных масс, образующихся в результате гидролиза вещества типа Vx, (РМГ), разбавленных в 50 раз 0,1 М карбонатным буфером (pH 10,5), со скоростью 3 мл/ч через слой иммобилизованного биокатализатора (100 мл) гарантированно обеспечивала разложение вещества типа Vx и ДИБЭМФК на 100%, а ИБЭМФК – на 9%. При этом следует отметить, что концентрация ИБЭМФК как основного продукта разложения веще-

Эффективные каталитические характеристики препарата His₆-ОРН, иммобилизованного на Cu-IDA-криоПААГ, в отношении различных фосфонатов

Субстрат	$V_{max}/E_0, \text{ мин}^{-1}$	$K_m, \text{ мМ}$	$V_{max}/(E_0 \times K_m), \text{ М}^{-1}\text{мин}^{-1}$
ИБЭМФК	$6 \pm 0,4$	3500 ± 200	$1,7 \pm 0,2$
ДИБЭМФК	$6,2 \pm 0,4$	$13,8 \pm 0,3$	450 ± 40
МФК	$10,1 \pm 0,6$	$4,4 \pm 0,2$	2300 ± 240

Примечание: ИБЭМФК – *O*-изобутиловый эфир метилфосфоновой кислоты, ДИБЭМФК – *O,O'*-диизобутиловый эфир метилфосфоновой кислоты, МФК – метилфосфоновая кислота.

ства типа Vx в начале обработки составляла не менее 5,4 г/л. Более глубокое разложение ИБЭМФК было продемонстрировано в результате последовательной обработки РМГ указанным иммобилизованным ферментным биокатализатором и биокатализатором в виде иммобилизованных клеток *Pseudomonas* sp. 78Г, осуществляющих утилизацию МФК [15]. Такая двухстадийная обработка токсичных РМГ гарантировала разложение ИБЭМФК и МФК (накапливающейся в результате деструкции всех других фосфонатов) на 90–93% [5].

Таким образом, впервые была показана возможность эффективной детоксикации различных фосфорорганических компонентов РМГ в проточной системе с применением разработанного ферментного иммобилизованного биокатализатора. Наиболее глубокое разложение оказалось возможным в случае комбинированной обработки РМГ с использованием иммобилизованных биокатализаторов на основе His₆-ОРН и клеток бактерий *Pseudomonas* sp. 78Г.

Разложение фосфонатов в почвогрунте под действием иммобилизованного ферментного биокатализатора

Ситуация с загрязнением территорий, прилегающих к объектам уничтожения химического оружия, требует особого внимания и наличия эффективных и экологически безопасных средств для своевременного проведения мероприятий по биоремедиации почв.

Иммобилизация фермента His₆-ОРН на целлюлозосодержащем носителе (соломе) позволила получить иммобилизованный биокатализатор, введение которого в почвогрунт, загрязнённый различными ФОС, обеспечивает их гидролиз в течение короткого промежутка времени [16]. При этом для иммобилизации используется неочищенный ферментный препарат, что делает его экологически привлекательным для применения, а присутствие балластных белков оказывает дополнительный стабилизирующий эффект на His₆-ОРН.

Введение иммобилизованного фермента в песок, загрязнённый МФК в концентрации 100 мг/кг почвогрунта, обеспечивает полное разложение фосфоната в течение 13 сут. при 20 °С (рис. 3). При этом в песке происходит накопление фосфат-ионов, являющихся продуктом разложения МФК.

Таким образом, показана возможность высокоэффективного применения нового иммобилизованного ферментного препарата на основе His₆-ОРН для гидролиза фосфонатов (на примере МФК) в почвогрунте.

Заключение

Представленные в данной работе три направления возможного использования иммобилизованных биокатализаторов на основе His₆-ОРН для детоксикации ФОВ отнюдь не ограничивают возможные сферы применения данного фермента, а, наоборот, подтверждают его уникальные каталитические характеристики и большой прикладной потенциал. Способность эффективного функционирования разработанных биокатализаторов в различных гетерогенных системах (в проточных реакторах, в почвогрунте и в составе защитных материалов) открывает новые возможности для биокаталитического, экологически безопасно-

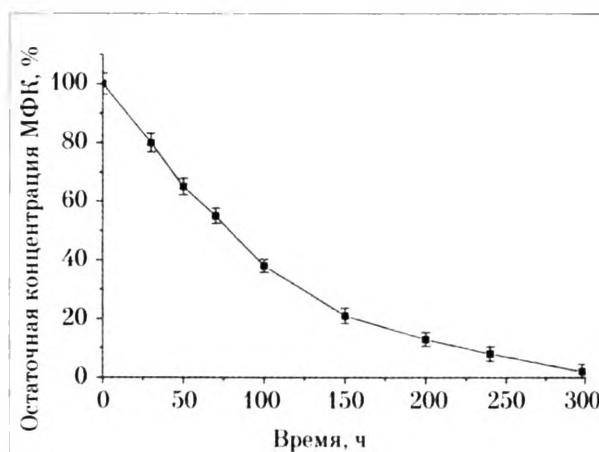


Рис. 3. Разложение МФК в песке под действием фермента His₆-ОРН, иммобилизованного на соломе

го решения проблем, связанных с деструкцией ФОВ и продуктов их деградации.

Литература

1. Ефременко Е.Н., Лягин И.В., Завьялов В.В., Варфоломеев С.Д., Завьялова Н.В., Холстов В.И. Ферменты в технологии уничтожения фосфорорганических отравляющих веществ // Рос. хим. ж. 2007. Т. LI. № 2. С. 24–29.
2. Ефременко Е.Н., Завьялова Н.В., Гудков Д.А., Лягин И.В., Сенько О.В., Гладченко М.А., Сироткина М.С., Холстов А.В., Варфоломеев С.Д., Холстов В.И. Экологически безопасная биодegradация реакционных масс, образующихся при уничтожении фосфорорганических отравляющих веществ // Рос. хим. ж. 2010. Т. LIV. № 4. С. 19–24.
3. Ефременко Е.Н., Варфоломеев С.Д. Ферменты деструкции фосфорорганических нейротоксинов // Усп. биол. химии. 2004. Т. 44. С. 307–340.
4. Ефременко Е.Н., Вотчицева Ю.А., Курочкин И.Н., Варфоломеев С.Д., Гачок И.В., Завьялова Н.В., Капашин В.П., Холстов В.И. Способ ферментативного гидролиза боевых отравляющих веществ // Патент РФ на изобретение № 2296164 (27.03.2007). Бюл. № 9.
5. Ефременко Е.Н., Завьялова Н.В., Лягин И.В., Сенько О.В., Гудков Д.А., Аксенов А.В., Степанов Н.А., Сироткина М.С., Спиричева О.В., Иванов Р.В., Лозинский В.П., Варфоломеев С.Д., Кондратьев В.Б., Холстов В.И. Способ биоразложения фосфорорганических соединений в составе реакционных масс, получаемых после химического уничтожения вещества типа Vx // Патент РФ на изобретение № 2408724 (10.01.2011). Бюл. № 1.
6. Ефременко Е.Н., Лягин И.В., Сенько О.В., Сироткина М.С., Завьялова Н.В. Имобилизованные гетерогенные биокатализаторы для разложения С-Р-связи в продуктах уничтожения фосфорорганических отравляющих веществ // Вестн. РНДН. Сер. «Экология и безопас. жизнедеят.». 2011. № 1. С. 61–66.
7. Lee Y., Chadha S., Riecker A., Mendum T., Puglia J.P., Rastogi V. Dynamic nanocomposite self-deactivating fabrics for the individual and collective protection // DTIC OAI Technical Report No. ADA481575. Waltham, MA: Foster-Miller Inc. 2006. 9 p.
8. Ефременко Е.Н., Завьялов В.В., Завьялова Н.В., Гореленков В.К., Гудков Д.А., Лягин И.В., Варфоломеев С.Д., Холстов В.И. Фильтрующе-сорбирующий самодезагазирующийся материал для средств индивидуальной защиты от воздействия фосфорорганических соединений // Патент РФ на изобретение № 2330717 (10.08.2008). Бюл. № 22.
9. Резниченко С., Гореленков В., Шубина О., Шашков С., Шмидт Н., Барбулев С., Перцовский Г., Барбулев Д., Ананьев В. Сквозь огонь, кислоты, непогоду... // Химия и бизнес. 2007. № 1(80). С. 47–49.
10. Гореленков В.К., Онойко В.Я., Соболев Ю.П., Шашков С.Л. Пути создания материалов для перспективной боевой экипировки мирного и военного времени военнослужащих общевойсковых подразделений Российской армии. М.: ВА РХБЗ, 2001. 166 с.
11. Легин Г.Я., Шехтман И.М., Андреев В.М. Консервация косметических изделий и эффективные современные консерванты // Хим. фармац. журн. 1983. № 3. С. 1–36.
12. Gaberc-Porekar V., Menart V. Perspectives of immobilized-metal affinity chromatography // J. Biochem. Bioph. Meth. 2001. V. 49. P. 335–360.
13. Ефременко Е.Н., Лягин И.В., Галаев И.Ю., Плиева Ф.М., Варфоломеев С.Д., Маттиассон Б. Способ получения биокатализатора и биокатализатор для детоксикации фосфорорганических нейротоксичных соединений в проточных системах // Патент РФ на изобретение № 2315103 (20.01.2008). Бюл. № 2.
14. Efremenko E.N., Lyagin I.V., Plieva F.M., Galaev I.Y., Mattiasson B. Dried-reswollen immobilized biocatalysts for detoxification of organophosphorous compounds in the flow systems // Appl. Biochem. Biotechnol. 2009. V. 159. P. 251–260.
15. Харечко А.Т., Мяких А.В., Колесников И.О., Колесников Д.П., Королев В.Д., Лысов А.А., Матущенко Ю.А., Завьялова Н.В., Климентьев Ю.А. Штамм *Pseudomonas species* 78Г, предназначенный для деградации продуктов деструкции фосфорорганических отравляющих веществ // Патент РФ на изобретение № 2154103 (10.08.2000). Бюл. № 22.
16. Ефременко Е.Н., Лягин И.В., Сироткина М.С. Способ ферментативного гидролиза фосфорорганических соединений в почвогрунте // Заявление на патент РФ на изобретение № 2011100231 (приоритет от 12.01.2011).

Особенности расснаряжения и уничтожения артиллерийских химических боеприпасов, снаряжённых люизитом

© 2011. В. Б. Кондратьев, д.т.н., ген. директор, В. В. Шелученко, к.т.н., зам. ген. директора, М. В. Корольков, нач. отделения, В. Г. Ратушенко, к.т.н., нач. отделения, В. С. Глебов, нач. лаборатории, Н. А. Костикова, к.х.н., нач. отдела, А. В. Куткин, к.х.н., в.н.с., В. А. Семёнова, м.н.с., С. А. Сухоцкая, н.с., Государственный научно-исследовательский институт органической химии и технологии, e-mail: dir@gosniiookht.ru

Разработана эффективная и безопасная технология расснаряжения артиллерийских химических боеприпасов в снаряжении люизитом, заключающаяся в последовательном выполнении следующих операций: вскрытие корпусов, эвакуация люизита с использованием специально разработанной герметизирующей эвакуационной головки, промывка корпусов N-метилпирролидоном, дегазация внутренней поверхности корпусов рецептурой РД-4М, промывка корпусов 5%-ным водным раствором гидроксида натрия, термдегазация расснаряжённых корпусов и их необратимая деформация. Разработанная технология легла в основу «Исходных данных на проектирование производства по уничтожению химических боеприпасов, снаряжённых люизитом, в пос. Кизнер Удмуртской Республики».

The effective safe technology of dismantling artillery chemical munitions containing lewisite was developed. The technology includes the consecutive execution of the following operations: munition disclosure, evacuation of lewisite using a special evacuation device, washing of munition internal surface with N-methylpyrrolidone, decontamination of munition internal surface using decontamination receipt RD-4M, washing munition internal surface with 5% water solution of sodium hydroxide, thermal decontamination and irreversible deformation of dismantled munitions. The developed technology became the basis of «Raw data for designing destruction manufacture of chemical munitions containing lewisite in Kizner, Udmurtiya».

Ключевые слова: химическое оружие, уничтожение химического оружия, люизит, боеприпасы, дегазация, детоксикация, утилизация, расснаряжение

Key words: chemical weapon, chemical weapon destruction, lewisite, munitions, decontamination, detoxication, utilization, dismantling

Люизит (β-хлорвинилдихлорарсин) – отравляющее вещество (ОВ) первого поколения, хранился на трёх объектах по хранению на территории России: в пос. Горный Саратовской области, г. Камбарка и пос. Кизнер Удмуртской Республики. В настоящее время люизит, хранившийся в пос. Горный и г. Камбарка в стационарных емкостях объёмом 38 и 50 м³, полностью уничтожен, что подтверждено сертификатами международной организации по запрещению химического оружия (ОЗХО). В отличие от вышеуказанных двух объектов по хранению и уничтожению химического оружия (ХО), люизит, хранящийся на объекте в пос. Кизнер Удмуртской Республики, находится в артиллерийских боеприпасах калибра 122 мм и 152 мм, что накладывает существенные трудности на процесс его извлечения и дегазации внутренних поверхностей корпусов боеприпасов [1].

Основная сложность, определяющая особенности расснаряжения и уничтожения ар-

тиллерийских химических боеприпасов, снаряжённых люизитом, состоит в выделении ацетилена при действии на люизит дегазирующими рецептурами, такими как водный раствор гидроксида натрия или полидегазирующая рецептура РД-4М [2,3]. Как известно, ацетилен обладает пожаровзрывоопасными свойствами, что требует неукоснительного соблюдения норм и правил промышленной безопасности.

Объект по уничтожению ХО на территории Кизнерского района Удмуртской Республики предназначен для уничтожения боеприпасов, снаряжённых зарином, зоманом, ОВ типа Vx и люизитом. Запасы боеприпасов, снаряжённых люизитом, составляют всего около 2% общего количества ОВ, подлежащих уничтожению на объекте по уничтожению ХО. Таким образом, разработка и создание агрегата расснаряжения только для боеприпасов в снаряжении люизитом представляются экономически целесообразными и,

учитывая то, что уничтожение боеприпасов с люизитом производится после завершения программы уничтожения боеприпасов в снаряжении фосфорорганическими отравляющими веществами (ФОВ), была проведена модернизация разработанного агрегата расснаряжения для боеприпасов такой же номенклатуры, но в снаряжении ФОВ с целью его безопасного и эффективного использования для уничтожения боеприпасов в снаряжении люизитом.

Расснаряжение боеприпасов (БП) включает в себя следующие основные операции:

- вскрытие БП методом сверления;
- эвакуацию люизита с помощью вакуума;
- однократную промывку корпуса N-метилпирролидоном;
- дегазацию внутренней поверхности БП рецептурой РД-4М;
- промывку корпусов 5%-ным водным раствором гидроксида натрия;
- термдегазацию расснаряжённых корпусов БП;
- необратимую деформацию корпусов БП.

В технологический процесс уничтожения артиллерийских боеприпасов входят также стадии подготовки к очистке сточных вод, очистки абгазов и вентвоздуха, подготовки к утилизации твёрдых и жидких отходов производства [4, 5].

Эвакуированное из боеприпасов ОВ и отработанная дегазирующая рецептура направляются на стадию детоксикации. Полнота детоксикации люизита определяется остаточным содержанием люизита в реакционной массе не более 5×10^{-2} % масс.

Отработка процесса расснаряжения боеприпасов с люизитом проводилась сначала на имитаторе ОВ и макетах боеприпасов, а потом на реальных образцах боеприпасов на объекте по уничтожению ХО в пос. Кизнер Удмуртской Республики. В результате изучения этого процесса были определены оптимальные технологические параметры процесса расснаряжения, детоксикации люизита и переработки образующейся РМ.

В целом, агрегат расснаряжения представляет собой модернизированный агрегат модели 1291, доработанный для обеспечения расснаряжения артиллерийских снарядов калибра 122 и 152 мм, снаряжённых люизитом. При создании агрегата учитывалась необходимость обеспечения безопасности агрегата с учётом наличия ацетилена внутри корпуса боеприпаса и в продуктах детоксикации люизита.

Для контроля воздушной среды внутри защитной камеры агрегата расснаряжения на

позициях вскрытия и дегазации предусмотрены приборы, определяющие концентрацию ацетилена в воздухе. При превышении допустимой концентрации ацетилена внутри камеры агрегата расснаряжения срабатывают сигнализация и блокировки всех узлов, а вытяжная вентиляция обеспечивает увеличенный воздухообмен в камере агрегата расснаряжения.

Узел эвакуации ОВ агрегата расснаряжения также доработан с целью более благоприятных условий для течения жидкостей с высокой вязкостью, к которым относится люизит. Электрооборудование агрегата выполнено во взрывобезопасном исполнении, которое обеспечивает условия для безопасного расснаряжения боеприпасов.

При помощи оборудования поточных линий расснаряжения можно выполнять в автоматическом режиме следующие технологические операции:

- транспортирование боеприпасов по линии;
- идентификацию боеприпаса по геометрическим размерам;
- шлюзование боеприпаса при передаче из помещения II группы в помещение I группы опасности;
- взвешивание боеприпаса перед расснаряжением и регистрацию массы;
- сдваивание попарной подачи подлежащих расснаряжению боеприпасов в агрегат расснаряжения;
- сверление отверстия в боеприпасах с удалением образующейся стружки в контейнеры с дегазирующим раствором;
- эвакуацию люизита из боеприпасов в промежуточный сборник с последующим заполнением корпусов боеприпасов N-метилпирролидоном на 70% полного объёма боеприпаса, кантованием боеприпаса и эвакуацией растворителя в промежуточный сборник;
- заполнение корпусов боеприпасов дегазирующей рецептурой РД-4М на 70% полного объёма боеприпаса с последующим кантованием корпусов боеприпасов и эвакуацией отработанной дегазирующей рецептуры в реактор детоксикации;
- заполнение корпусов боеприпасов 5%-ным водным раствором гидроксида натрия на 80% полного объёма боеприпаса с последующим кантованием корпусов боеприпасов и эвакуацией отработанной щелочи в сборник. Промывка щелочным раствором проводится во избежание создания

в корпусе боеприпаса при его термодегазации взрывоопасной концентрации легко воспламеняющихся жидкостей, входящих в состав рецептуры РД-4М;

- извлечение боеприпасов из агрегата расснаряжения и установку на просверленные отверстия пластмассовых пробок;
- взвешивание пустых корпусов боеприпасов и регистрацию массы;
- подачу корпусов на позицию кантователя с поворотом корпуса из горизонтального положения в вертикальное;
- поштучную перекладку корпусов боеприпасов манипулятором-перекладчиком из кантователя на транспортный поддон с последующей передачей поддона с корпусами на термообработку с помощью трансбордерной тележки.

Стоит отметить, что операции по расснаряжению боеприпасов проводятся в автоматическом режиме без непосредственного участия работающего персонала с использованием всех необходимых для безаварийной работы блокировок. Для обеспечения безопасности при вскрытии боеприпасов узел вскрытия боеприпаса доработан таким образом, что до начала вскрытия зона вскрытия и сверло размещаются в изолированном герметизированном объёме, в который подаётся азот, отводимый в систему очистки абгазов.

Вторая технологическая позиция агрегата расснаряжения предназначена для эвакуации люизита, промывки корпуса боеприпаса N-метилпирролидоном и дегазации рецептурой РД-4М. Операции эвакуации, заполнения и слива растворителя и дегазирующей рецептуры проводятся за счёт вакуума, создаваемого в промежуточной ёмкости или в реакторе детоксикации. Во время слива содержимого корпус боеприпаса заполняется азотом.

Для выполнения указанных операций эвакуационная герметизирующая головка имеет два канала: один – для слива ОВ, а другой – для подачи в корпус азота во время слива или налива реагента для промывки корпуса. Обязательным условием перед проведением эвакуации является контроль герметичности соединения эвакуационной головки с корпусом боеприпаса, которая оценивается по скорости падения вакуума в линии эвакуации после перекрытия соответствующего клапана.

В целях исключения попадания стружки, по каким-либо причинам оставшейся в корпусе боеприпаса, в элементы трубопроводной системы и реакторов, эвакуируемая из боепри-

паса жидкость проходит сначала (до приборов и клапанов) через магнитный сепаратор.

Третья технологическая позиция в агрегате расснаряжения предназначена для обработки корпуса боеприпаса водным щелочным раствором для отмычки корпуса от остатков реакционной массы, содержащей легко воспламеняющиеся жидкости, и разрушения мышьякорганических соединений до солей. Операции на этой позиции выполняются аналогично описанным выше операциям по промывке реагентом. После агрегата расснаряжения два корпуса боеприпаса перемещаются по конвейеру на позицию запрессовки в отверстие на корпусе боеприпаса пластмассовой пробки перед его подачей на термообработку с целью исключения попадания паров люизита в воздушную среду агрегата расснаряжения.

Завершающими операциями процесса уничтожения химических боеприпасов являются термодегазация остаточных количеств ОВ, сохранившихся в микропорах и в лакокрасочном покрытии корпусов, и приведение корпусов в состояние, исключающее возможность их повторного использования как ХО. Одновременно с упомянутыми процессами происходит сгорание мастичных пробок. Для выполнения этих операций предусматривается автоматизированная поточная линия, которая состоит из транспортной системы и агрегата термической обработки.

Процесс термодегазации корпусов проводится путём их нагревания до температуры не ниже 700 °С на внутренних элементах конструкции корпуса и выдержки при этой температуре в течение часа. Для обеспечения заданной производительности, исходя из оптимальных условий работы, в печи установлена максимальная температура, равная 900 °С. Нагрев поддонов с корпусами осуществляется последовательно в трёх зонах, отличающихся разной интенсивностью подвода тепла к нагреваемым изделиям.

Для дожигания газов, выходящих из камеры агрегата термической обработки, предусмотрена камера дожигания. В камере дожигания при температуре 1100–1200 °С обеспечивается полное сгорание печных газов (время пребывания печных газов в камере дожигания не менее 0,5 с).

Таким образом, есть все основания утверждать, что разработанная технология расснаряжения артиллерийских боеприпасов в снаряжении люизитом обеспечит их эффективное и безопасное уничтожение с соблюдением всех мер по охране окружающей среды и технике безопасности.

На основании проведённых работ ФГУП «ГосНИИОХТ» в соответствии с действующими нормами были разработаны «Исходные данные на проектирование производства по уничтожению химических боеприпасов, снаряжённых люизитом, в пос. Кизнер Удмуртской Республики».

Литература

1. Открытый электронный журнал «Химическое разоружение». <http://chemdisarm.ru>.
2. Уткин А.Ю., Холодова В.А., Чеботаев В.В., Куткин А.В., Костикова Н.А. Химия и технология уничтожения «вязкого» люизита // Рос. хим. ж. 2007. Т. LI. № 2. С. 19–23.
3. Куткин А.В., Холодова В.А., Чеботаев В.В., Костикова Н.А., Уткин А.Ю. Особенности технологии уни-

чтожения вязкого люизита на объекте по уничтожению химического оружия в г. Кизнер Удмуртской Республики // «Научно-технические аспекты обеспечения безопасности при уничтожении, хранении и транспортировке химического оружия»: Тез. докл. 3-й научно-практ. конф. М. 2006. С. 54.

4. Ратушенко В.Г. Основные принципы и технические решения обеспечения безопасности при расснаряжении химических боеприпасов на объектах по уничтожению химического оружия // «Научно-технические аспекты обеспечения безопасности при уничтожении, хранении и транспортировке химического оружия»: Тез. докл. 1-й научно-практ. конф. М. 2003. С. 18.

5. Ратушенко В.Г. Технология расснаряжения боеприпасов с отравляющими веществами // Третьи публичные слушания по проблеме уничтожения химического оружия: Тез. докл. Курган. 1997. С. 65.

УДК 547.1-315; 66.094.49; 66.091.4

Исследование химических процессов, протекающих при взаимодействии люизита и трёххлористого мышьяка с рецептурами на основе алкоголятов щелочных металлов

© 2011. А. В. Куткин, к.х.н., в.н.с., С. А. Сухоцкая, н.с., В. А. Семёнова, м.н.с., И. И. Сизов, м.н.с., Н. А. Костикова, к.х.н., нач. отдела, М. В. Корольков, нач. отделения, В. Б. Кондратьев, д.т.н., ген. директор, Государственный научно-исследовательский институт органической химии и технологии, e-mail: dir@gosniiocht.ru

Установлено, что основные компоненты технического люизита вступают во взаимодействие с изобутилатом калия с образованием в качестве основного продукта триизобутоксиарсина. Изучена стабильность и острая токсичность образующихся реакционных масс. Реакция люизита с изобутилатом калия положена в основу технологии уничтожения артиллерийских химических боеприпасов калибра 122 мм и 152 мм в снаряжении люизитом, разработанной ФГУП «ГосНИИОХТ» и реализуемой на объекте по хранению и уничтожению химического оружия в пос. Кизнер Удмуртской Республики.

It was stated that the main components of technical lewisite interacting with potassium izobutylate give triizobutoxyarsenite as the main product. The stability and toxicity of the reaction mass formed is studied. The reaction between lewisite and potassium izobutylate became the basis of the destruction technology of artillery munitions (122 mm and 152 mm calibre) equipped with lewisite. This technology was developed in «GosNIIOKHT» and is realized at the chemical weapon storage and destruction object in Kizner, Udmurtiya.

Ключевые слова: люизит, триизобутоксиарсин, детоксикация, дегазация, токсичность

Key words: lewisite, triizobutoxyarsenite, detoxication, decontamination, toxicity

Люизит, хранившийся на объектах в г. Камбарка Удмуртской Республики и пос. Горный Саратовской области, был уни-

чтожен с использованием технологии щелочного гидролиза [1] в периодическом ёмкостном реакторе (пос. Горный) или непрерыв-

ных реакторах-смесителях струйного типа (г. Камбарка). В качестве реагента использовался 20%-ный водный раствор гидроксида натрия, процесс проводился при температуре около 100 °С.

Отличие люизита, хранящегося в пос. Кизнер Удмуртской Республики, состоит в том, что в его состав входят полимерные примеси, обуславливающие высокую вязкость и гидрофобность. Именно эти свойства определяют неприменимость для детоксикации люизита водных сред (например, раствора гидроксида натрия), вызывающих коагуляцию примесей, что приводит к образованию труднорастворимых полимерных конгломератов и нетранспортируемых реакционных масс.

По этой же причине для детоксикации люизита, содержащего полимерные примеси, не может быть использована смесь моноэтаноламина и этиленгликоля, успешно зарекомендовавшая себя при уничтожении ипритно-люизитных смесей на объекте по уничтожению химического оружия (ХО) в пос. Горный Саратовской области.

Данное обстоятельство вызывает необходимость поиска новых дегазирующих агентов для люизита, имеющего повышенную вязкость и гидрофобность. На основании проведенных в ФГУН «ГосНИИОХТ» теоретических и экспериментальных исследований установлено, что лучшими дегазирующими свойствами для детоксикации люизита, эвакуированного из боеприпасов, обладает рецептура РД-4М, удовлетворяющая всем нормам и требованиям. Таким образом, для разработки технологии детоксикации люизита и рекомендации рецептуры РД-4М для промышленной реализации на объекте по хранению и уничтожению ХО в пос. Кизнер Удмуртской Республики стояла задача установления продуктов детоксикации люизита и определения их острой токсичности наряду с токсичностью самой реакционной массы.

Для исследования химических процессов, протекающих при взаимодействии компонентов технического люизита с рецептурами на основе алкоголятов щелочных металлов, в частности РД-4М, использовался реальный люизит, эвакуированный из артиллерийских боеприпасов объекта по хранению в пос. Кизнер Удмуртской Республики. Усреднённый состав люизита следующий: α-люизит (2-хлорвинилдихлорарсин) – 79,88%; β-люизит (2,2'-дихлордивинилхлорарсин) – 9,97%; трёххлористый мышьяк – 8,67%; примеси – 1,48%.

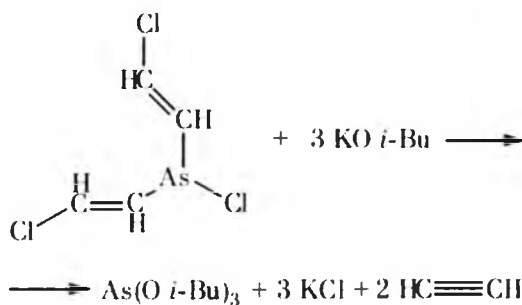
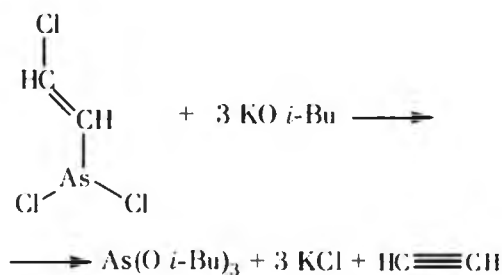
Известно [2 – 4], что галогенарсины, в частности трёххлористый мышьяк, взаимодействуют со спиртовыми растворами алкоголятов щелочных металлов с получением триалкиларсенидов в соответствии со схемой:



Было исследовано взаимодействие основных компонентов технического люизита с изобутилатом калия, входящим в состав рецептуры РД-4М и являющимся основным детоксикационным агентом. Так, при реакции трёххлористого мышьяка с небольшим избытком изобутилата калия или натрия в растворе изобутилового спирта при умеренных температурах (около 50 °С) количественно образуется триизобутоксидарсин:



Аналогичным образом с изобутилатом калия реагируют α- и β-люизит с выделением соответствующего количества ацетилена в соответствии со схемой:



Процесс проводят при умеренной температуре (50–80 °С) и соотношении люизита и алкоголята 1:3,6 в течение 2–3 ч. Для препаративного выделения триизобутоксидарсина реакционную массу фильтруют от хлористого калия и перегоняют под вакуумом (T_{кип} = 99–100 °С при 2 мм. рт. ст.). Строение полученного соединения подтверждено данными хроматомасс-спектрометрии и данными спектров ЯМР ¹H и ¹³C.

Показано, что независимо от соотношения компонентов в техническом люизите основным продуктом реакции является триизобутоксариин, а полимерные примеси, обладающие хорошей растворимостью в изобутиловом спирте, не оказывают существенного влияния на проведение процесса. Остаточное содержание люизита, трёххлористого мышьяка, α - и β -люизита в получаемой массе не превышает $5 \cdot 10^{-2}\%$.

Детоксикацию технического люизита рецептурой РД-4М проводили при температуре $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$ в течение 2 ч и в весовом соотношении технический люизит : РД-4М = 1,0 : 7,0.

Полученная реакционная масса представляет собой жидкую, подвижную смесь чёрного цвета с остаточным содержанием люизита не более $5 \times 10^{-2}\%$. При проведении детоксикации выделяющийся хлористый калий равномерно распределяется в реакционной массе с образованием стабильной суспензии, сохраняющей свою устойчивость в течение длительного времени (более 2 лет). Стабильность получаемых масс сохраняется и после проведения ускоренных климатических испытаний.

Токсикологические исследования острой токсичности триизобутоксариина и получаемых реакционных масс проводили на беспородных белых крысах-самцах, массой 180–220 г. Исследуемые образцы вводили крысам внутрижелудочно натошак через зонд в нативном виде. Кожно-резорбтивное действие изучали в соответствии с методическими указаниями [5]. Установлено, что острая токсичность реакционной массы, полученной в результате детоксикации люизита рецептурой РД-4М, при внутрижелудочном введении составила $LD_{50} = 1329,7$ мг/кг, а при накожной аппликации $LD_{50} = 1032,5$ мг/кг. По показателям острой токсичности, полученным при внутрижелудочном введении и накожной аппликации, реакционная масса от-

носится к 3 классу опасности в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76. Аналогичные результаты получены и при исследовании острой токсичности триизобутоксариина.

Таким образом, использование рецептуры РД-4М для детоксикации технического люизита, содержащего полимерные примеси, обеспечит его безопасное уничтожение с образованием подвижной транспортабельной реакционной массы, относящейся к 3 классу опасности в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76. Предложенная дегазирующая рецептура РД-4М для детоксикации технического люизита на основе изобутилата калия была положена в основу технологии уничтожения артиллерийских химических боеприпасов калибра 122 мм и 152 мм, разработанной ФГУП «ГосНИИОХТ» и реализуемой на объекте по хранению и уничтожению ХО в пос. Кизнер Удмуртской Республики.

Литература

1. Открытый электронный журнал «Химическое разоружение». <http://chemdisarm.ru>.
2. Уткин А.Ю., Холодова В.А., Чеботаев В.В., Куткин А.В., Костинова Н.А. Химия и технология уничтожения «вязкого» люизита // Рос. хим. ж. 2007. Т. LI. № 2. С. 19–23.
3. Pearson G.S., Magee R.S. Critical evaluation of proven chemical weapon destruction technologies. IUPAC Technical Report // Pure and Applied Chemistry. 2002. V. 74. № 2. P. 187–316.
4. Сток Т. Технологии уничтожения химического оружия: возможности их использования в российских условиях // Уничтожение химического оружия в России: политические, правовые и технические аспекты. М. 1997. С. 72.
5. Оценка воздействия вредных химических соединений на кожные покровы и обоснование предельно допустимых уровней загрязнения кожи // Методические указания № 2102-79. Москва. 1980.

Методологические подходы к переработке солевых отходов, образующихся при термическом обезвреживании реакционных масс от фосфорорганических отравляющих веществ на объектах по уничтожению химического оружия

© 2011. В. Б. Кондратьев, д.т.н., ген. директор,
М. В. Корольков, нач. отделения, Н. А. Костинова, к.х.н., нач. отдела,
Л. Н. Рысюк, нач. лаборатории, О. О. Шибков, к.т.н., нач. сектора,
Государственный научно-исследовательский институт
органической химии и технологии,
e-mail: demprog@gosniiocht

Исследован вопрос утилизации солевых отходов, образующихся при термическом обезвреживании реакционных масс от фосфорорганических отравляющих веществ. Для выбора направления использования солевых отходов проводилась оценка по шести различным критериям. Намечены возможные способы утилизации отходов с учётом их основных параметров, таких как токсичность, химический состав, агрегатное состояние.

The problem of the disposal of waste produced by thermal clearance of the reactive pulp from organophosphorus compounds has been investigated. Six criteria were used for choosing the ways of utilizing salt waste. The suitable methods of recycling are suggested taking into account such parameters as toxicity, state of matter, chemical composition.

Ключевые слова: солевые отходы, термическая переработка, сырьё, минеральные удобрения, вяжущий агент

Key words: waste, thermal neutralization, raw, fertilizers, astringent

При современном уровне и масштабах потребления природных сырьевых материалов значение фактора полноты использования и вовлечения в общественное производство вторичных материальных ресурсов имеет первостепенное значение. Роль этого фактора особенно велика при оценке экономической эффективности народного хозяйства в различных его отраслях, в том числе отходов производств, сельского хозяйства и некондиционных природных полезных ископаемых.

Разработка и освоение безотходных технологий имеют важное значение для предприятий химической, горно-химической, микробиологической, металлургической, угольной, строительной и других ресурсоёмких отраслей промышленности.

Целью данной работы является поиск путей утилизации солевых отходов, образующихся при переработке реакционных масс от детоксикации фосфорорганических отравляющих веществ (ФОВ) на объектах по уничтожению химического оружия.

Для выбора направления использования каждый вид промышленного отхода должен пройти несколько уровней оценки по различным критериям с учётом основных пара-

метров. Основные параметры, характеризующие любой промышленный отход: химико-минералогический состав, агрегатное состояние и объём образования.

Первый уровень – оценка по токсичности.

Токсичность отхода оценивается путём сравнения состава с ПДК канцерогенных (токсичных) веществ и элементов. При этом возможны три варианта:

1. Отход содержит значительное количество токсичных веществ, концентрация которых превышает ПДК.

2. Отход с небольшим количеством тяжёлых металлов.

3. Отход не содержит вредных веществ.

В первом случае отход без специальных мер очистки не может быть использован при производстве строительных материалов и должен быть направлен на захоронение. При наличии в составе отхода примесей тяжёлых металлов можно рекомендовать использовать его в обжиговых технологиях при условии образования в массе достаточного для концентрации (капсулирования) тяжёлых металлов расплава. При отсутствии токсичных элементов рассматриваемый отход рекомендуется ко второму уровню оценки.

Второй уровень – оценка по химико-минералогическому составу. Химико-минералогический состав является определяющим фактором выбора направления использования. Для объективной оценки необходимо определить: органическую и минеральную часть; вид органических веществ (масла, смолы, битумы, дёгти, растительные остатки и т. п.); в минеральной части кроме содержания основных оксидов (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , CaO , MgO , Na_2O , K_2O) необходимо знать элементарный состав с целью выявления редкоземельных металлов, а также наличие и количество аморфных компонентов.

По соотношению между органической и минеральной частью, с ориентацией на использование в строительных материалах, все отходы, как это принято, следует подразделять на три группы: органические, органо-минеральные и минеральные.

Введение в качестве критерия содержание аморфных компонентов позволяет минеральные отходы разделить также на три группы: активные (в случае преобладания аморфных фаз), инертно-активные (при незначительном содержании аморфных фаз), а оставшиеся компоненты следует отнести к инертным (при отсутствии аморфных компонентов).

Первый и второй уровни оценки следует считать подготовительными, раскрывающими основную специфику анализируемого отхода. Конкретные рекомендации по применению в строительных материалах можно получить на следующих уровнях оценки.

Третий уровень – выбор из числа отходов готовых строительных материалов, агропромышленных химикатов или их компонентов. В некоторых случаях отход по химико-минералогическому составу является готовым сырьём. При этом, в первую очередь, обращают внимание на его активность. Поэтому анализируемый отход, попавший в группу «активный» или «инертно-активный», можно рекомендовать в качестве активной минеральной добавки в составы пуццоланового портландцемента и смешанных вяжущих.

Оценочным критерием всех остальных групп является минеральный состав традиционных материалов. Химико-минералогический состав в этом случае сопоставляется с составом традиционных строительных материалов из соответствующей группы по количеству преобладающих минералов. На данном этапе оценки возможны два варианта: в случае совпадения сравниваемых параметров отход оценивается как готовый строительный мате-

риал, в противном случае отход рекомендуется для дальнейшей оценки.

Четвёртый уровень – выбор из числа отходов готовых сырьевых смесей (шихт) для производства готовой продукции. Отдельные виды отходов, такие как гранитные отсевы для производства кирпича, могут стать готовым сырьём (сырьевой смесью) или основным сырьём для производства строительных материалов. Чтобы выделить такие отходы, химический состав отхода сопоставляется с химическим составом сырьевых смесей для производства строительных материалов. Если анализируемый отход по химико-минералогическому составу не соответствует известным строительным материалам, его следует рассматривать как компонент сырьевых смесей, а выпуск строительных материалов на основе его возможен только при работе на искусственных, в достаточной степени гомогенизированных, шихтах.

Пятый уровень – оценка по агрегатному состоянию. Условия образования отходов сказываются на их агрегатном состоянии. По агрегатному состоянию выделяют: твёрдые – сыпучие (кусковые, порошковые дисперсные и высокодисперсные), волокнистые, жидкие – эмульсии, сточные воды; пастообразные – шламы, осадки, концентрированные эмульсии.

Шестой уровень – оценка по объёму образования.

По объёму образования все отходы можно разделить на многотоннажные и малотоннажные. Объём образования определяет функциональное назначение его: многотоннажным отходам отводится роль основного сырья, а малотоннажным – роль корректирующих добавок. После такой многоуровневой оценки отход приобретает определённый статус.

Анализ характеристических параметров солевых отходов, образующихся на модульной установке по переработке реакционных масс на ОУХО в пос. Мирный Кировской области и в пос. Леонидовка Пензенской области

Солевые отходы образуются в результате термической деструкции реакционных масс, получаемых при уничтожении ФОВ. Образующиеся при этом газовые потоки, в основном представляющие собой оксиды фосфора и серы, через камеру дожигания направляются в систему очистки. Система очистки состоит из реакторов-охладителей (полые прямо-

точные скрубберы с конфузурным входом газов) и двух параллельно установленных рукавных фильтров.

Для снижения температуры дымовых газов после реакторов-охладителей до нормируемого значения 200 °С перед рукавными фильтрами предусматривается узел подсоса атмосферного воздуха.

Дымовые газы, отходящие от печей сжигания реакционных масс (РМ), подлежат обработке 20%-ной суспензией гидрата окиси кальция в реакторах-охладителях.

Количество воды в поглотительной суспензии определяется из расчёта её расхода на испарительное охлаждение дымовых газов в реакторе.

В скрубберах осуществляется так называемая полусухая абсорбция, заключающаяся в очистке дымовых газов за счёт абсорбции удалённых газообразных примесей каплями суспензии поглотителя – гидроксида кальция – $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Образовавшиеся при этом твёрдые частицы частично осаждаются в реакторе, а частично уносятся вместе с дымовыми газами во вторую ступень очистки – рукавные фильтры. Очищенные от взвешенных частиц в рукавном фильтре дымовые газы вентиляторами отводятся в дымовую трубу. Улов-

ленные в аппаратах газоочистки продукты отводятся из них через шлюзовые питатели в транспортную систему, по которой подаются в накопительный бункер. Из бункера твёрдые отходы затариваются в бочки ёмкостью 200 л.

В ходе работы проводились исследования солевых отходов, образующихся при термической переработке реакционной массы гидролизата ОВ типа Vx, и реакционной массы от детоксикации зомана рецептурой РД-4М на объектах в пос. Леонидовка Пензенской области и пос. Мирный Кировской области.

Полученные образцы солевых отходов были подвергнуты анализу для определения остаточного содержания ОВ. В соответствии с результатами исследований в исследуемых солевых отходах содержание ОВ меньше ПДК. Незначительное превышение ПДК наблюдалось в солевых отходах, образующихся при термической переработке реакционной массы гидролизата ОВ типа Vx, из скруббера (А) и рукавного фильтра (А) на объекте в пос. Леонидовка Пензенской области. Для снижения содержания ОВ до уровня ПДК требуется дополнительная обработка, после чего солевые отходы можно рекомендовать ко второму уровню оценки.

Таблица 1

Состав солевых отходов, образующихся при термической переработке реакционной массы гидролизата ОВ типа Vx на объекте в пос. Мирный Кировской области

Наименование компонента	Место отбора объединённой пробы солевых отходов	
	Скруббер	Рукавный фильтр
	Содержание компонентов, %	
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	6,9±1,7	–
CaCO_3	50,5±12,6	36,3±9,1
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	25,4±6,3	48,3±12,1
CaSO_4	17,3±4,3	15,4±3,9
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	–	–

Примечание: «–» – не обнаружено.

Таблица 2

Состав солевых отходов, образующихся при термической переработке реакционной массы гидролизата ОВ типа Vx на объекте в пос. Леонидовка Пензенской области

Наименование компонента	Место отбора объединённой пробы солевых отходов			
	Скруббер (А)	Скруббер (Б)	Рукавный фильтр (А)	Рукавный фильтр (Б)
	Содержание компонентов, %			
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	5,00±1,25	4,50±1,13	1,50±0,38	1,20±0,30
CaCO_3	68,00±17,0	60,00±15,0	31,00±7,75	40,00±10,00
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	20,50±5,13	22,8±5,70	51,00±12,75	46,00±11,50
CaSO_4	6,50±1,63	12,70±3,18	17,50±4,38	13,80±3,450
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	–	4,50±1,13	–	–

Примечание: «–» – не обнаружено.

Таблица 3

Состав солевых отходов, образующихся при термической переработке реакционной массы от детоксикации зомана рецептурой РД-4М на объекте в пос. Леонидовка Пензенской области

Наименование компонента	Место отбора объединённой пробы солевых отходов	
	Скруббер	Рукавный фильтр
	Содержание компонентов, %	
Ca(OH) ₂	4	—
CaCO ₃	77,1	4
Ca ₃ (PO ₄) ₂	8,7	89,3
CaF ₂	0,4	0,03
CaSO ₄	3,95	2
Водорастворимые соли калия	2	2,2
Примеси	3,85	2,47

Таблица 4

Состав солевых отходов, образующихся при термической переработке реакционной массы от детоксикации зомана рецептурой РД-4М на объекте в пос. Мирный Кировской области

Наименование компонента	Место отбора объединённой пробы солевых отходов	
	Скруббер	Рукавный фильтр
	Содержание компонентов, %	
Ca(OH) ₂	2,2	—
CaCO ₃	13,2	5,2
Ca ₃ (PO ₄) ₂	55,1	86,1
CaF ₂	0,03	0,03
CaSO ₄	26	5
Водорастворимые соли калия	0,3	0,3
Примеси	3,17	3,37

Качественный и количественный составы исследуемых солевых отходов представлены в таблицах 1–4.

Как видно из таблиц, солевые отходы в основном представляют собой смесь минеральных веществ. Содержание органических веществ маловероятно. Следовательно, по второму уровню оценки исследуемые солевые отходы входят в минеральную группу.

По третьему уровню анализ показал, что солевые отходы не являются готовым строительным материалом. Однако присутствие в составе карбонатов и сульфатов, а также ряда других «активных» и «вяжущих» компонентов позволяет после проведения обработки использовать солевые отходы в качестве добавок в композиции для строительных материалов.

Исследование системы CaSO₄-H₂O имеет важное научное и практическое значение, так как оно связано с проблемой производства и применения гипсовых вяжущих веществ.

Попутные продукты, содержащие сульфаты кальция, можно использовать как добавку-регулятор процессов схватывания при производстве портландцемента. При этом в сравнении с производством гипсовых вяжущих ве-

ществ затраты на подготовку попутного продукта могут быть невысокими. В соответствии с требованиями цементной промышленности попутный продукт гранулируется, регламентируются влажность, зерновой состав гранул. По возможному объёму переработки попутных продуктов их использование в качестве добавки к клинкеру портландцемента занимает второе место после производства гипсовых вяжущих веществ.

Для этих целей возможно использовать фосфогипс, схожий по составу с имеющимися на объекте по уничтожению химического оружия соевыми отходами. Фосфогипс содержит примеси (фториды, фосфаты), которые могут отрицательно влиять на гидратацию клинкерных минералов портландцемента и прочность искусственного камня, поэтому фосфогипс, содержащий повышенное количество примесей, иногда обогащают.

Анализ состава исследуемых солевых отходов показал наличие в их составе фосфатов кальция. Известно, что кальциевые соли фосфорной (ортофосфорной кислоты) используются в качестве простых фосфорных удобрений. В отличие от калийных и азотных удо-

бренний фосфорные удобрения обладают различной растворимостью, которая зависит от природы соли. По растворимости фосфорные удобрения делятся на растворимые (группа 1); растворимые в органических кислотах (группа 2); нерастворимые или растворимые только в сильных минеральных кислотах (группа 3). Получаемые в ходе эксперимента дигидро(орто)фосфат кальция ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$) и гидро(орто)фосфат (CaHPO_4) относятся к первой и второй группам соответственно [1].

Сырьём для производства фосфорных удобрений, фосфорной кислоты и элементарного фосфора служат природные фосфатные руды: апатиты и фосфориты. Основным фосфорсодержащим компонентом в них являются двойные соли трикальцийфосфата состава $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \times \text{CaX}_2$, где X-фтор, хлор, гидроксильная группа. Наиболее распространены в природе фторапатиты – $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \times \text{CaF}_2$ или $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ [2, 3]. Следовательно, по четвёртому уровню оценки солевые отходы могут быть использованы в качестве сырья для производства минеральных удобрений.

По пятому уровню солевые отходы представляют собой твёрдый сыпучий продукт с присутствием некоторого количества влаги сразу после образования, однако при хранении следы влаги практически исчезают.

По шестому уровню общий объём образующихся солевых отходов на рассматриваемых объектах находится на уровне 28000 т без

учёта избытка подаваемого щелочного агента и инертных наполнителей (например, карбоната кальция). В связи с отсутствием технологических решений по ряду объектов суммарное количество образующихся солевых отходов с учётом всех составляющих оценивается на уровне 55000 т. С точки зрения промышленных производств, связанных со строительной или агропромышленной отраслями, данные объёмы производства относятся к малотоннажным.

Таким образом, предварительная технико-экономическая оценка различных путей обращения с солевыми отходами позволяет сделать однозначный вывод: приоритетным направлением при проведении дальнейших исследований должна стать ориентация на потребности ведущих предприятий-производителей продукции на основе минеральных веществ, в частности производства строительных материалов (цементов, гипсов, керамических материалов и т. д.), а также фосфорных удобрений.

Литература

1. Соколов Р.С. Химическая технология. Москва: Владос, 2000. Т. 1.
2. Эвенчик С.Д., Бродский А.А. Технология фосфорных и комплексных удобрений. М.: «Химия», 1987.
3. Турчин Ф.В. Минеральные удобрения и их применение. М.: Изд. АН. СССР, 1943.

Оценка экологических рисков техногенных чрезвычайных ситуаций

© 2011. С. И. Ермаков, к.в.н., профессор, М. Н. Войтович, к.в.н., профессор, Академия гражданской защиты МЧС России, e-mail: agz@mchs.gov.ru

В статье рассмотрен методический подход к оценке экологических рисков при чрезвычайных ситуациях, связанных с ингредиентными загрязнениями окружающей среды.

The work considers methodological approach to assessment of ecological risks in technogenic emergency situations.

Ключевые слова: загрязнения окружающей среды, экологическая безопасность, экологические риски, экологический ущерб

Key words: environmental contamination, ecological safety, ecological risks, ecological damage

По происхождению все виды воздействия на окружающую среду (ОС) и человека являются природными и антропогенными. Формирующиеся при опасных природных явлениях, техногенных авариях и катастрофах факторы, оказывающие поражающее воздействие на ОС, довольно разнообразны по своей физической сущности, процессу или явлению, которые обуславливают их поражающий эффект. Вместе с тем большая часть поражающих факторов чрезвычайных ситуаций (ЧС) наносит значительный ущерб экологическим системам (ЭС), то есть носит экологический характер.

Перечень опасных факторов, негативно влияющих на экологическую обстановку при природных явлениях [1], представлен на рисунке 1. Негативно влияющие на экологическую обстановку опасные факторы техногенного характера, возникающие при авариях и катастрофах на взрыво-, пожаро-, радиационно-, химически опасных объектах и различного рода гидротехнических сооружениях, представлены на рисунке 2. Кроме того, при различных авариях могут образовываться, распространяться и оказывать отрицательные воздействия на человека и популяции других организмов электромагнитные и звуковые поля.

В результате негативных природных и антропогенных воздействий поражающих факторов ЧС на ОС возможно возникновение тяжёлых экологических последствий. Структура различных видов загрязнений представлена на рисунке 1.

В соответствии с современными нормативами, принятыми в РФ, экологическую обстановку по степени опасности подразделяют на удовлетворительную, угрожающую, критическую, экологическую ЧС, экологическое бедствие [2]. Краткая характеристика критериев обстановки при ингредиентном загрязнении представлена в таблице 1.

При нахождении населения и спасателей вне зоны заражения при ЧС с ингредиентными загрязнениями ОС имеется опасность санитарных потерь вследствие воздействия экологически неблагоприятных факторов. При наличии таких опасностей их необходимо прогнозировать [3].

В настоящее время в качестве одного из показателей опасности используются риски. Методический аппарат оценки экологических рисков при ЧС не определён. Однако прогнозирование экологической опасности можно проводить по известным методикам оценки риска любых опасностей [4].

В данной статье предложен методический подход к оценке экологических рисков при ЧС, связанных с ингредиентными загрязнениями окружающей среды.

Оценка экологического риска состоит в его количественном измерении, т. е. определении возможных последствий реализации экологических опасностей для спасателей, различных групп населения и ОС. Целью оценки является определение риска и выработка решений, направленных на его снижение. При этом оцениваются затраты и выигрыш от принимаемого решения. Применительно к экологической

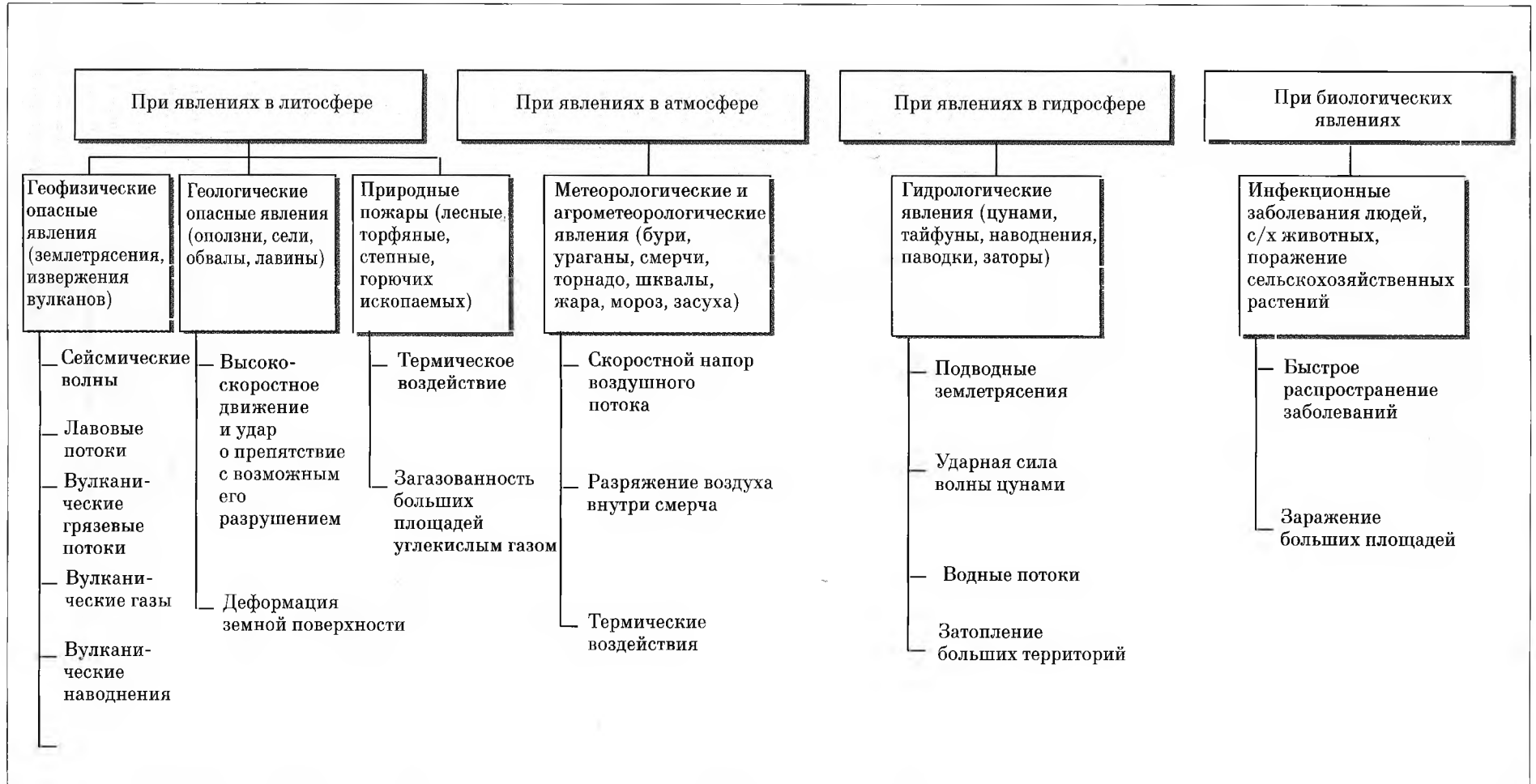


Рис. 1. Перечень опасных факторов, негативно влияющих на экологическую обстановку при природных явлениях

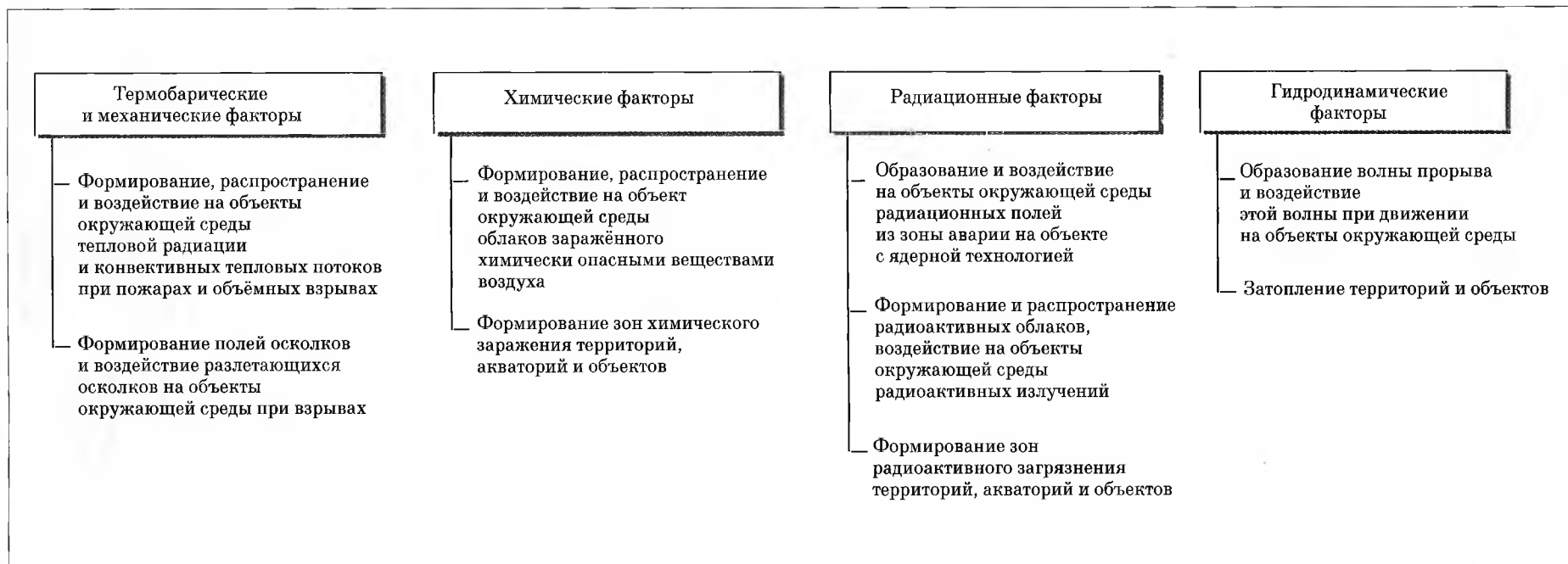


Рис. 2. Перечень опасных экологических факторов техногенного характера, негативно влияющих на экологическую обстановку

Критерии экологической обстановки для выявления степени экологической опасности

Экологическая обстановка	Критерии экологической обстановки
Удовлетворительная	Индекс концентрации вредных веществ не превышает ПДК, нагрузки на ОС незначительны
Угрожающая	Индекс концентрации вредных веществ в пределах 10 ПДК, средние нагрузки на ОС
Критическая	Индекс концентрации вредных веществ составляет 20–30 ПДК, значительные нагрузки на ОС
Экологическая чрезвычайная ситуация	Индекс концентрации вредных веществ составляет 30–50 ПДК. Устойчивые отрицательные изменения в ОС. Исчезновение отдельных видов растений и животных, нарушение генофонда. Угроза здоровью людей. Необходимо обязательное принятие экстренных мер для устранения ЧС
Экологическое бедствие	Индекс концентрации вредных веществ более 50 ПДК. Глубокие необратимые изменения в ОС. Нарушение природного равновесия, деградация флоры и фауны, потеря генофонда. Существенное ухудшение здоровья людей

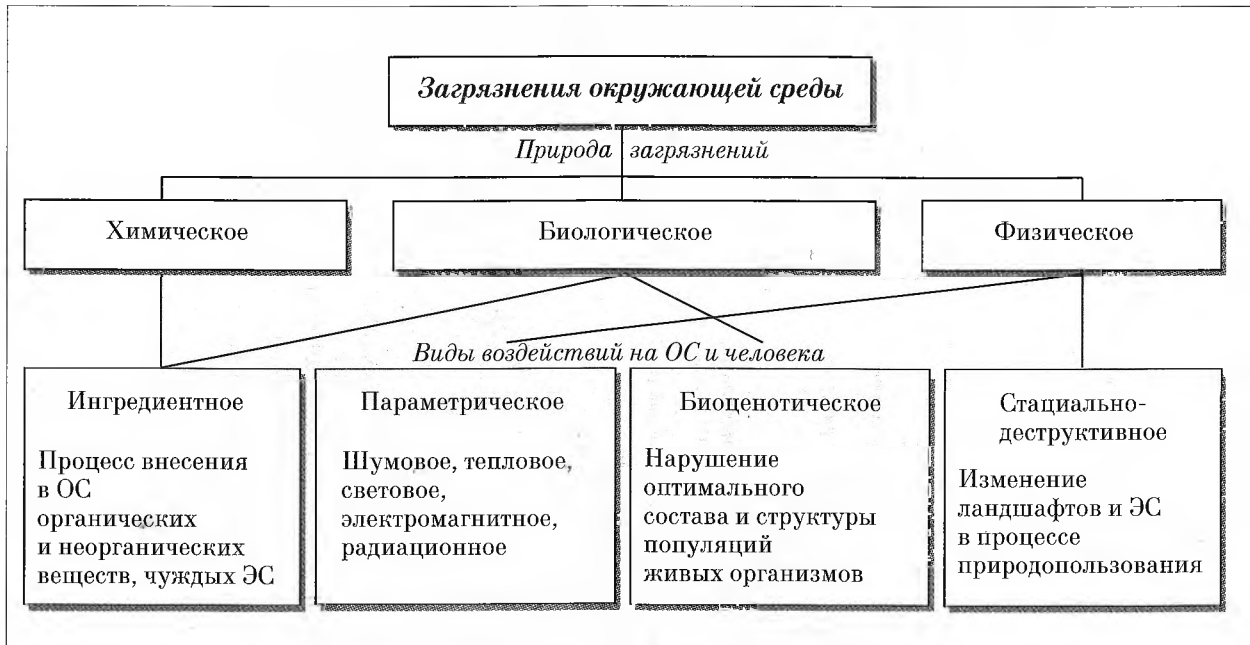


Рис. 3. Структура загрязнений окружающей среды

безопасности реализация опасностей может привести к прямому или косвенному экологическому ущербу.

Последствия крупных аварий могут значительно отличаться от последствий не столь интенсивных, пусть даже постоянных воздействий, что не позволяет обоснованно использовать накопленную медицинскую статистику и результаты экологического мониторинга. Большинство существующих методик оценки ущерба от аварий рассматривают одномоментные последствия, хотя для социально-экономических и экологических систем (биоценозов) возможны долговременные, т. е. отдалённые последствия.

Выбор метода оценки экологического ущерба в ЧС зависит от вида воздействий и степени их изученности. При наличии необходимых исходных данных используется метод прямого учёта затрат на восстановление контрольного объекта и сил ликвидации ЧС до исходного состояния. При наличии большого числа реализаций (длительные наблюдения, частые события) применяют методы, основанные на статистическом анализе информации о размерах воздействий и их последствий.

Исходя из того, что риск – это комплексная величина, характеризующая вероятность возникновения ЧС, случайные характеристики ущерба и функцию неопределённости пер-

вого и второго показателей, используя применяемое на практике в настоящее время упрощенное значение, экологические риски могут быть выражены следующей зависимостью [5]:

$$R_{\Sigma} = \lambda \cdot W_{\text{ср}} \quad (1),$$

где λ – частота возникновения событий, приводящих к опасному экологическому ущербу;

$W_{\text{ср}}$ – средний ущерб от экологических нагрузок.

Для оценки и прогноза повторяемости или частоты возникновения событий используются методы, основанные на анализе статистики ЧС за предшествующие годы. При объёме статистических данных N больше 100 используется статистический метод оценки и прогноза частоты ЧС, при котором несмещённая оценка частоты определяется по формуле:

$$\lambda = \frac{N}{T} \quad (2),$$

где N – количество ЧС за интервал времени T .

При этом относительная погрешность оценки частоты ЧС по статистическим данным определяется по формуле:

$$\delta_{\lambda} = \frac{\Delta_{\lambda}}{\lambda} \quad (3),$$

где $\Delta_{\lambda} = \sqrt{\Delta_{\lambda, \text{стат}}^2 + \Delta_{\lambda, \text{чс}}^2}$

При объёме статистических данных N от 1 до 100 используется вероятностно-статистический метод, при котором оценка частоты ЧС j -го класса по степени тяжести определяется по формуле:

$$\lambda_j = q_j \cdot \lambda \quad (4),$$

где q_j – вероятность частоты наступления ЧС j -го класса тяжести.

При этом погрешность будет определяться по формуле:

$$\delta_{\lambda_j} = \delta_q + \delta_{\lambda} \quad (5),$$

где $\delta_{\lambda} = \frac{\Delta_{\lambda}}{\lambda}$.

Для оценки редких ЧС, с объёмом статистических данных N меньше 1, существует теоретико-статистический метод, но его рассмотрение не целесообразно в связи с редкостью возникновения событий.

Если оценка производится на федеральном, межрегиональном, региональном и меж-

муниципальном уровнях, то целесообразно использовать статистический метод. При исследовании ЧС муниципального и локального уровней целесообразно использовать вероятностно-статистический метод.

При ингредиентном загрязнении ОС частоту появления такой ситуации, как неблагоприятное воздействие на спасателей и население экологических факторов, можно принять такой же, как частоту возникновения экологически неблагоприятных ЧС. В этом случае частота экологически неблагоприятных последствий для спасателей и населения экологически неблагоприятными факторами (в условиях, исключающих их нахождение в зоне заражения) будет равна частоте (повторяемости) ЧС:

$$\lambda_{\text{эн}} = \lambda_{\text{чс}} \quad (6).$$

Различными будут только масштабы зон экологических нагрузок, зависящие от характеристик источника загрязнения и условий распространения загрязняющих веществ.

В настоящее время методики оценок экологического ущерба являются существенно приближёнными. Содержание экономического ущерба может быть представлено следующими зависимостями [6]:

Прямой экономический ущерб равен:

$$W_{\text{д.п.}} = W_p + W_{\text{с.х.}} + W_{\text{в.и.}} + W_k + W_a \quad (7),$$

где W_p – ущерб от разрушения производственных объектов, потери сырья и топлива;

$W_{\text{с.х.}}$ – ущерб сельскому и лесному хозяйству в зоне ЧС;

$W_{\text{в.и.}}$ – ущерб водным источникам и сооружениям;

W_k – ущерб жилищному, коммунальному и бытовому хозяйствам;

W_a – ущерб от потери продукции из-за повышенной заболеваемости и потерь населения.

Косвенный экономический ущерб равен

$$W_{\text{д.к.}} = W_{\text{и.с.}} + W_{\text{д.п.}} + W_{\text{о.р.}} + W_n \quad (8),$$

где $W_{\text{и.с.}}$ – ущерб из-за разрушения сложившейся инфраструктуры объектов экономики и системы хозяйственных связей в регионе;

$W_{\text{д.п.}}$ – затраты на проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСДНР) и ликвидацию ЧС;

$W_{\text{о.р.}}$ – затраты на ограничение развития ЧС;

W_n – потери личного состава, техники, материальных средств при проведении АСДНР в зоне ЧС.

Ущерб в социальной сфере также может быть представлен в виде следующих зависимостей.

Прямой социальный ущерб равен:

$$W_{с.п.} = W_{с.ком.} + W_{ж.д.} + W_m + W_э \quad (9),$$

где $W_{с.ком.}$ – ущерб за счёт выплат социальных компенсаций при гибели, потере здоровья и имущества населения;

$W_{ж.д.}$ – ущерб на поддержание жизнедеятельности населения;

W_m – ущерб за счёт оказания медицинской помощи, выплат по бюллетеням пострадавшим;

$W_э$ – ущерб за счёт эвакуации и отселения населения

Косвенный социальный ущерб равен:

$$W_{с.к.} = W_{доп.} + W_{ком.} \quad (10),$$

где $W_{доп.}$ – дополнительные выплаты спасателям; $W_{ком.}$ – компенсационные выплаты спасателям и пострадавшим при ликвидации ЧС.

При наличии соответствующих социологических или экономических данных можно определить экологические риски ЧС, связанные с ингредиентным загрязнением.

Другим подходом может быть методика определения величины ущерба по выбросам загрязняющих веществ [7].

Величина ущерба, причиняемого объектом выбросом в атмосферу, может быть оценена по зависимости:

$$W_A = v_A \cdot \sigma_A \cdot f \cdot M_A, \text{ руб./год} \quad (11),$$

где v_A – нормативная ставка платы за условную тонну выбрасываемых вредных веществ в атмосферу в течение года, руб./усл. т;

σ_A – показатель относительной опасности загрязнения воздуха над различной территорией;

f – поправка, учитывающая характер рассеивания вредных веществ в воздухе, зависящая от источника и способа выброса;

M_A – приведённая масса годового выброса объекта загрязнения, усл. т/год.

По сходной зависимости может оцениваться ущерб от сбросов вредных веществ в водные объекты:

$$W_B = v_B \cdot \sigma_K \cdot M_B, \text{ руб./год} \quad (12),$$

где v_B – нормативная ставка платы за условную тонну выбрасываемых вредных веществ в атмосферу в течение года, руб./усл. т;

σ_K – показатель относительной опасности загрязнения воды в водных объектах различного назначения;

M_B – приведённая масса годового выброса объекта загрязнения, усл. т/год.

Значения σ_A и σ_K устанавливаются органами Министерства природных ресурсов и экологии РФ и органами исполнительной власти субъектов РФ. Величины поправки f для оценки ущерба при загрязнении атмосферы рассчитываются по следующим формулам:

для газов

$$f = \frac{100}{100 + \frac{H}{1} + \frac{\Delta T}{75}} \cdot \frac{4}{1 + u} \quad (13),$$

где H – высота источника выброса, м;

ΔT – разность температур у устья трубы и окружающего воздуха, С°;

u – среднегодовое значение скорости приземного ветра, м/с;

для твёрдых частиц

$$f = \left(\frac{100}{100 + \frac{H}{1} + \frac{\Delta T}{75}} \right)^2 \cdot \frac{4}{1 + u} \quad (14),$$

Третьим подходом оценки ущерба может быть определение платы за загрязнение ОС и причинённый экологический ущерб [4].

Расчёт вышеуказанных плат производится по следующим зависимостям:

$$P_\Sigma = \sum_{i=1}^n P_i \quad (15),$$

где P_Σ – суммарная плата за годовой выброс (сброс), хранение отходов, параметрическое загрязнение, руб./год;

P_i – плата за годовой выброс i -го вредного вещества или другого вида воздействия, руб./год;

n – количество вредных веществ или воздействий при загрязнении ОС.

$$P_i = P_{Hi} \cdot Q_{ПДВi} + P_{Hi} \cdot K_L (Q_{ВСВi} - Q_{ПДВi}) + P_{Hi} \cdot K_L \cdot K_{П.Л} (Q_i - Q_{ВСВi}), \text{ руб./год} \quad (16),$$

где P_{Hi} – базовая нормативная ставка платы за одну тонну или другую единицу загряз-

няющего i -го вещества или другого воздействия, руб./т;

$Q_{ПДВ_i}$ – годовой (или другой расчётный объём) предельно допустимый выброс i -го вещества (воздействия), т;

$Q_{ВСВ_i}$ – годовой временно согласованный выброс (сброс, объём) i -го вещества (воздействия), т;

Q_i – годовой выброс i -го вещества (воздействия), т;

$K_{Л}$ – лимитный коэффициент повышения нормативных ставок за выбросы (сбросы, воздействия), превышающие предельно допустимые, но менее временно согласованных выбросов;

$K_{П.Л}$ – коэффициент повышения нормативных ставок платы за выбросы (сбросы, воздействия), превышающие лимитные, т. е. временно согласованные выбросы.

Во втором и третьем подходах для определения ожидаемого ущерба необходимо знать величину выбросов соответствующих веществ Q , которые приведут к возникновению экологической опасности, нормированной превышением ПДК.

Для определения этой величины необходимо воспользоваться зависимостью:

$$C_i = \frac{Q}{K_{рсс}} \quad (17),$$

где C_i – нормативная концентрация загрязняющих веществ, для выявления степени экологической опасности, мг/м³;

Q – количество вредного вещества, выбрасываемого из источника, г/м³;

$K_{рсс}$ – среднесуточный коэффициент метеорологического разбавления вредных веществ в атмосфере, м³/с.

Зная количество выбрасываемого вредного вещества на участке аварии и его ПДК, можно определить расстояния, на которых экологические нагрузки будут соответствовать различным степеням экологической опасности по показателям превышения ПДК, и соответственно необходимость проведения защитных мероприятий на любом удалении от очага аварии.

В случае нахождения спасателей или населения в зоне заражения проводится целый комплекс защитных мероприятий [8], однако при нахождении людей вне зоны заражения зоны экологических нагрузок не учитываются. Личный состав не поражается в зоне заражения, а поражается при нахождении в зоне экологических нагрузок. Величины или про-

центы отложенных потерь находятся в прямой зависимости от степени экологических нагрузок на той или иной территории. В соответствии с этим, учитывая, что зона экологических нагрузок в результате ЧС, связанных с ингредиентным загрязнением, может быть гораздо большей, чем зона заражения, возникает необходимость расширения зоны проведения защитных мероприятий с учётом возможных экологических ущербов в результате экологических нагрузок [9].

Таким образом, с помощью данных расчётов можно определить экологические риски для личного состава, находящегося в любой зоне неблагоприятной экологической обстановки, что в свою очередь повлияет на планирование действий сил по ликвидации ЧС и проведение защитных мероприятий на существенно больших от зоны заражения расстояниях. Для повышения достоверности оценки экологических рисков одной из задач органов управления является сбор и оценка статистических данных об экологических последствиях ЧС как от подчиненных подразделений, так и от взаимодействующих структур на всех уровнях единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС).

Литература

1. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2003: Р 32 // Стат. сб. М.: Госкомстат России, 2003. 895 с.
2. Критерии оценки экологической обстановки. М.: Министерство охраны окружающей среды, 1992. С. 24–25.
3. Измалков В.И. Экологическая безопасность деятельности ВС. М.: Академия Генерального штаба, 1998. 228 с.
4. Шулежко В.Ф. Военная экология: Учебное пособие. М.: Военная академия имени Ф. Э. Дзержинского, 1996. С. 157–158.
5. Акимов В.А., Лесных В.В., Радаев Н.Н. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах: Учебное пособие в системе образования МЧС России и РСЧС. М.: Деловой экспресс, 2004. С. 352.
6. Ермаков С.И. Оценка экологических рисков техногенных ЧС // Молодые учёные: Гражданская оборона и защита в чрезвычайных ситуациях: Доклады XII научно-практической конференции АГЗ МЧС России. Новогорск: Академия гражданской защиты МЧС России, 2005.
7. Измалков В.И., Измалков А.В. Анализ рисков при управлении гражданской безопасностью и защитой социально-экономических систем и оценка его эффективности // Управление рисками чрезвычайных си-

туаций: Шестая Всероссийская научно-практическая конференция. М.: КРУК, 2001. С. 46.

8. Постановление Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2003 г. № 794 «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций».

9. Федоренко В.Н., Шулежко В.Ф., Организация и ведение гражданской защиты. Выпуск 1. Разделы № 2, 3. Теоретические основы комплексной гражданской защиты. Новогорск: Академия гражданской защиты МЧС России, 2001. С. 84.

УДК 623.459.8 + 577.4

Экологические аспекты уничтожения химического оружия

© 2011. Ф. П. Соколов¹, к.т.н., ген. директор, И. Н. Сизых¹, главный инженер, И. М. Мильготин¹, зам. главного инженера – главный технолог, В. А. Самсонов¹, главный инженер проекта,

Т. Н. Швецова-Шиловская², д.т.н., нач. отделения, А. А. Гулин³, начальник,

¹Институт по проектированию производств органического синтеза органической химии и технологии ООО «Гипросинтез»,

²Государственный научно-исследовательский институт органической химии и технологии,

³Научно-исследовательский центр Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия,

e-mail: info@giprosinter.ru

В статье рассмотрены требования по обеспечению экологической безопасности при проектировании и эксплуатации объектов по уничтожению химического оружия. Показано, что проектирование этих объектов на основе глубоких проектных исследований, с использованием современных информационных технологий, позволяет обеспечить необходимый уровень безопасности и создать экологически безопасные производства.

The article reviews the requirements to ensuring environmental safety while designing and operating chemical weapon destruction facilities. It is indicated that the design of such facilities that is based upon deep project studies with the use of up-to-date information technologies allows ensuring the required level of safety and delivering environmentally sound productions.

Ключевые слова: уничтожение химического оружия, экологическая безопасность, охрана окружающей среды

Key words: chemical weapons decommission, ecological safety, environmental protection

Ратифицировав Конвенцию о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении, Российская Федерация тем самым приняла на себя обязательства уделить первостепенное внимание обеспечению безопасности людей и защите окружающей среды в ходе хранения и уничтожения химического оружия (ХО).

С целью реализации конвенционных обязательств приняты Закон «Об уничтожении химического оружия» и Федеральная целевая программа «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федера-

ции» (далее Программа). Данные документы устанавливают правовые основы проведения комплекса работ по уничтожению ХО, хранящегося на территории Российской Федерации, и по обеспечению безопасности граждан и защиты окружающей среды при проведении работ.

Отдельным пунктом в Программе подчёркнуто, что важнейшим программным мероприятием является обеспечение экологической безопасности на объектах по уничтожению ХО, которое достигается решением ряда сложных задач, в первую очередь, на этапе проектирования.

В настоящее время в Российской Федерации деятельность по обеспечению промышленной и экологической безопасности координируется в рамках государственной научно-технической программы «Безопасность населения и народнохозяйственных объектов с учётом риска возникновения природных и техногенных катастроф». Проблемы охраны окружающей среды затронуты в федеральных законах «Об охране окружающей природной среды», «Об экологической экспертизе», «Об охране атмосферного воздуха», «Об отходах производства и потребления», «Водный кодекс», «Земельный кодекс», «О недрах», «Об особо охраняемых природных территориях», «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» и др.

Требования по обеспечению экологической безопасности при проектировании объектов по уничтожению ХО также отражены в дополнительных специальных нормативных документах, например: «Нормы специального проектирования объектов по уничтожению химического оружия», МУ 2.2.1/2.1.1.24-06 «Установление размеров санитарно-защитной зоны объектов по уничтожению химического оружия», СП 2.2.1.2513-09 «Гигиенические требования к размещению, проектированию, строительству, эксплуатации и репрофилированию объектов по уничтожению химического оружия, реконструкции зданий и сооружений и выводу из эксплуатации объектов по хранению химического оружия».

Задачи обеспечения экологической безопасности решаются на всех этапах жизненного цикла объектов по уничтожению ХО: обоснования инвестиций, выбора участка размещения, технико-экономического обоснования (проекта), строительства, эксплуатации, до вывода из эксплуатации и ликвидации последствий их деятельности.

В настоящее время в России введены в эксплуатацию шесть объектов по уничтожению ХО: в пос. Горный Саратовской области, в г. Камбарка Удмуртской Республики, в пос. Мирный Кировской области, в пос. Леонидовка Пензенской области, в г. Щучье Курганской области и г. Почеп Брянской области. Готовится к вводу в эксплуатацию объект по уничтожению ХО в пос. Кизнер Удмуртской Республики.

Институт «Гипросинтез» (г. Волгоград) выполнял проектные работы для объектов по уничтожению ХО, расположенных в пос. Горный Саратовской области, в г. Щучье Курган-

ской области и пос. Кизнер Удмуртской Республики.

Каждый объект по уничтожению ХО представляет собой крупный промышленный комплекс со своей собственной сложной структурой вспомогательных служб, сооружений энергообеспечения, коммуникаций. С точки зрения реализуемой технологии и аппаратурного оформления процесса производства объекты по уничтожению ХО существенно различаются. Требования же экологического характера диктуют единый принципиальный подход в решении задач природопользования и охраны окружающей среды.

Основные природные компоненты, подвергающиеся риску воздействия загрязняющих веществ при функционировании объектов по уничтожению ХО, – атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, почва. Задача предотвращения поступления высокотоксичных соединений за пределы технологических систем стала ключевой при разработке мероприятий по предупреждению негативного воздействия на окружающую среду.

В целях уменьшения выбросов в атмосферу оптимизированы источники выделения загрязняющих веществ и разработаны меры по обезвреживанию газовойоздушных сред перед выбросом в атмосферу. Обеспечен высокий уровень герметичности технологических систем, прежде всего тех, в которых обращаются высокотоксичные среды. На участках, где не исключена возможность образования локальных источников загрязнения воздуха производственного помещения, организуются укрытия, оснащённые системами вытяжной вентиляции. Наиболее опасные операции расснаряжения боеприпасов с отравляющими веществами (ОВ) – вскрытие боеприпасов и эвакуация ОВ – предусмотрено выполнять в защитных кожухах-кабинах. Система вытяжной вентиляции кабин обеспечивает разрежение в кабине по отношению к производственному помещению. Таким образом, практически исключено поступление опасных веществ в производственные помещения.

Все системы, отводящие вентиляционный воздух из основных производственных помещений, оборудованы системами высокоэффективной очистки.

Технологические абгазы перед выбросом в атмосферу подлежат поэтапной очистке на абсорбционных колоннах, где в качестве сорбента используется соответствующий ОВ дегазирующий раствор, и в адсорберах, заполнен-

ных активным углем – универсальным адсорбентом с развитой поглощающей поверхностью. На объектах по уничтожению ХО, снаряжённого фосфорорганическими ОВ (ФОВ), предусмотрена доочистка выбросов на контактных аппаратах, заполненных активным оксидом алюминия, который обладает способностью хемосорбции ФОВ. Общая расчётная эффективность очистки составляет не менее 99,9999%. Для воздуха местных отсосов и общеобменной вентиляции предусмотрена очистка на твёрдых сорбентах.

Контактные аппараты были разработаны ГУП «ФНПЦ «Прибор» специально для объектов по уничтожению ХО. Аппараты предназначены для очистки вентиляционного воздуха от паров химически опасных веществ 1–3 классов опасности по ГОСТ 12.1.007-76, в том числе паров люизита, иприта, зарина, зомана, ОВ типа Vx. Принцип работы аппаратов заключается в адсорбции вредных веществ из вентвоздуха на развитой поверхности гранулированного сорбента (активного угля, активного оксида алюминия), находящегося в сорбционной камере. Сорбционная ёмкость контактных аппаратов обеспечивает высокую степень очистки воздуха от загрязнений как при штатном режиме функционирования технологических установок, так и при резком повышении концентрации загрязняющих веществ в воздухе в случае аварийной ситуации. Для исключения загрязнения воздуха помещений при выполнении регламентных работ по замене сорбента выгрузка и загрузка сорбента в контактные аппараты осуществляется с применением передвижного фильтровального агрегата.

Контроль эффективности работы систем очистки вентвоздуха осуществляется систематически лабораторными методами и непрерывно с помощью автоматических газосигнализаторов, установленных на источниках выброса в атмосферу. Всё адсорбционное оборудование газоочистки имеет 100%-ный резерв. Переключение на резервное оборудование выполняется автоматически по сигналу о превышении содержания ОВ предельно допустимой концентрации для воздуха рабочей зоны (ПДК_{ра}).

Таким образом, многоступенчатая система газоочистки позволяет улавливать загрязняющие вещества, прежде всего ОВ, с эффективностью, близкой к 100%. На рисунке 1 в качестве примера приведена диаграмма, наглядно показывающая эффективность мер по снижению выбросов.



Рис. 1. Эффективность мер по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на примере выбросов от основных производственных корпусов при уничтожении боеприпасов с заринном

Мощный источник поступления загрязняющих веществ в атмосферу – выбросы дымовых газов от топливосжигающих установок и оборудования, главным образом установок термического обезвреживания и котельных. Принципиальное решение использовать на всех объектах по уничтожению ХО в качестве топлива природный газ является весьма существенным воздухоохраным мероприятием, поскольку исключает присутствие в выбросах большого числа вредных примесей, обычно образующихся при сжигании твёрдого и жидкого топлива, – сернистых соединений, пыли, несгоревших твёрдых веществ в виде золы и сажи, хлористого натрия и магния, ванадия, ртути и ряда других веществ.

В процессе термического обезвреживания жидких и твёрдых отходов полнота сгорания высокотоксичных соединений достигается дожиганием отходящих газов при температуре 1200 °С. Для предотвращения повторного образования таких органических соединений, как полициклические ароматические углеводороды, полихлорированные бифенилы или полихлорированные диоксины и фураны (процессы их формирования протекают с достаточной скоростью лишь при температуре свыше 250 °С) предусмотрено резкое охлаждение дымовых газов до температуры 80–85 °С в скрубберах-охладителях. Кислые газы нейтрализуют щёлочью, очистка дымовых газов от солей и зольных остатков осуществляется в скрубберах Вентури, орошаемых водой. Для улавливания соединений мышьяка в составе

газоочистных систем установок, обезвреживающих мышьяк содержащие отходы, предусмотрена дополнительная ступень очистки – мокрый электрофильтр, на котором происходит отделение мельчайших аэрозолей.

Очистка газозвудушных выбросов от основных и вспомогательных производств, не содержащих высокотоксичные вещества, выполняется по общепринятым схемам с использованием стандартного оборудования.

Достаточность мероприятий, направленных на обеспечение охраны воздушного бассейна в районе размещения объекта, подтверждена расчётами ожидаемого уровня загрязнения высокотоксичными и прочими веществами.

Результаты расчёта иллюстрируют карты рассеивания люизита и зарина, приведённые на рисунках 2, 3.

Прогнозная оценка показала, что при условии реализации комплекса мероприятий уровень воздействия на атмосферный воздух будет соответствовать требованиям экологической безопасности:

- концентрации ОВ на источниках выброса в атмосферу будут существенно ниже регламентируемых величин (1 ПДК_{р.з.});
- уровень загрязнения, создаваемый выбросами загрязняющих веществ на границе санитарно-защитной зоны и в населённых местах, не превысит 10% допустимой нормативной величины, а для ОВ – менее 1% ОБУВ, установленных для населённых мест.

Специфические загрязнители в валовом выбросе предприятия составляют менее 0,01%, из них выбросы ОВ менее $1 \cdot 10^{-7}\%$. Основную массу выброса (80–85%) составляют такие общепромышленные загрязнители, как оксиды азота, оксид углерода, диоксид серы, поступающие от установок термического обезвреживания и объектовой котельной, при этом вклад котельной – более 75%.

Задача снижения прямого воздействия на гидросферу решалась в двух направлениях: оптимизация схемы водопотребления с целью уменьшения объёмов потребления воды

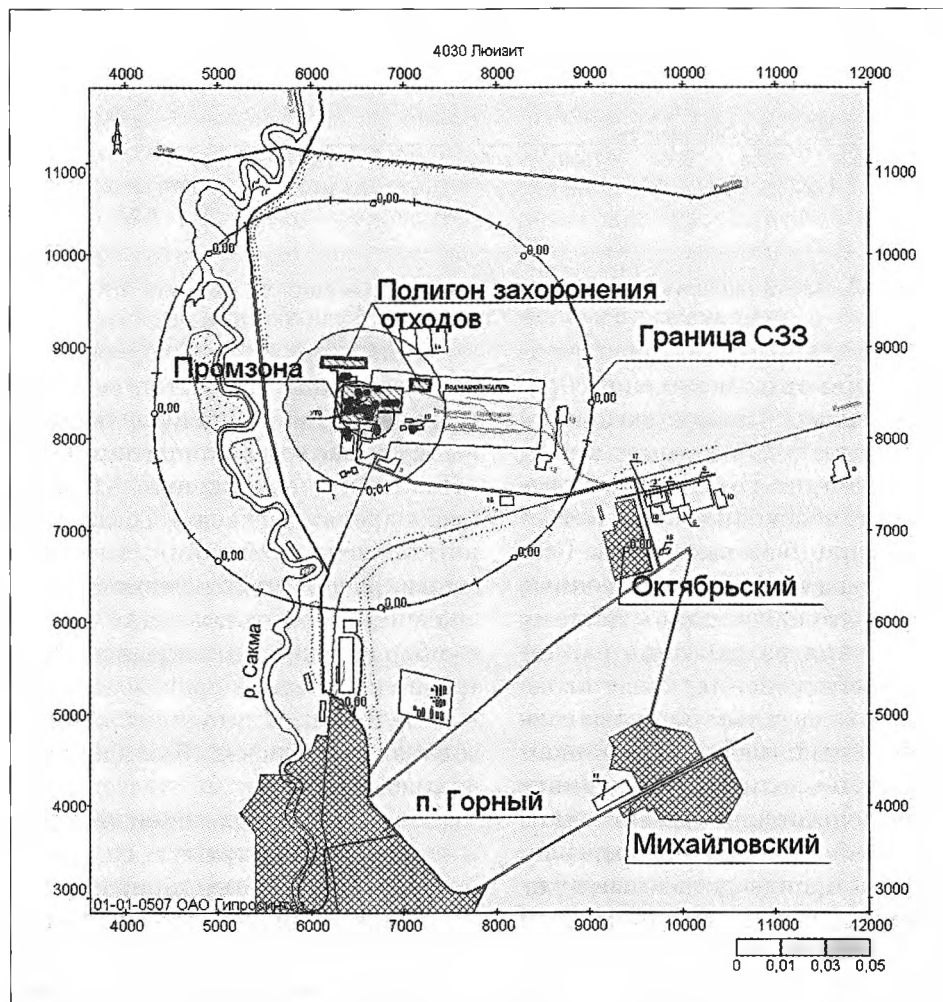


Рис. 2. Карта рассеивания люизита в районе размещения объекта уничтожения химического оружия в п. Горный Саратовской области

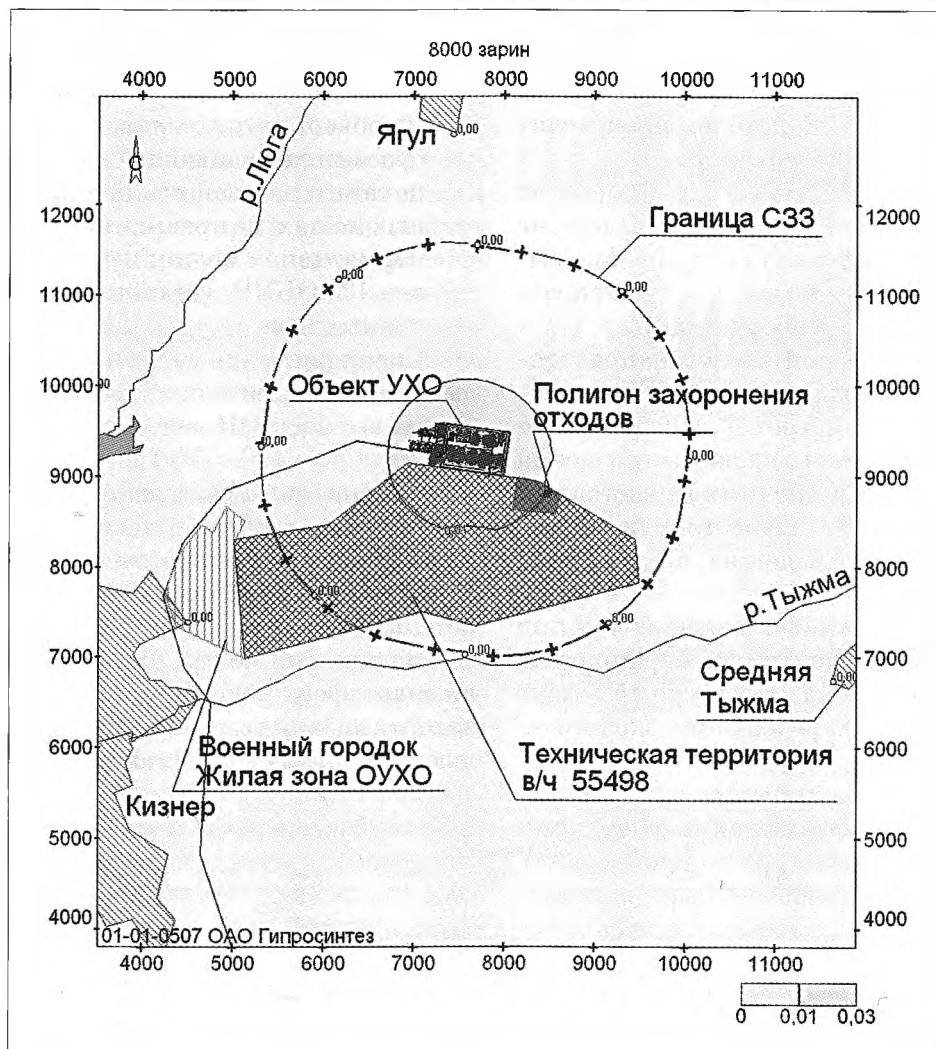


Рис. 3. Карта рассеивания зарина в районе размещения объекта УХО в Кизнерском районе Удмуртской Республики

от природных источников и сокращение сброса всех видов сточных вод. Полностью исключить потребление воды от природных источников не представляется возможным, прежде всего в связи с необходимостью потребления на хозяйственно-бытовые нужды. Расход же природных вод на производственные нужды – непозволительная роскошь, поэтому в ходе проектирования разработана рациональная схема водообеспечения, представляющая собой производственный цикл с максимальным повторным использованием очищенных сточных вод. Это позволило свести к минимуму потребление воды от внешнего источника, прежде всего за счёт уменьшения потребления свежей воды на производственные нужды. Согласно схеме приняты отдельные сети хозяйственно-питьевого и производственно-противопожарного водоснабжения. Сети производственно-противопожарного водоснабжения обеспечиваются технической во-

дой со станции доочистки вод, которая представляет собой очищенные бытовые и дождевые сточные воды с территории объекта, а для объекта по уничтожению ХО в г. Щучье это ещё и дренажные воды. Создана система оборотного водоснабжения, которая позволяет многократное использование воды, предназначенной для охлаждения технологического оборудования, и покрывает более 95% потребности в воде на производственные нужды.

На объектах по уничтожению ХО реализована экологически безопасная система водоотведения:

- исключён сброс производственных сточных вод в открытую гидрографическую сеть и подземные горизонты;
- все производственные сточные воды уничтожаются или перерабатываются с целью повторного потребления;
- бытовой, ливневой сток с территории промышленной и вспомогательных зон

предприятия подлежит сбору, очистке и возврату в сеть производственно-противопожарного водопровода.

Технологический процесс детоксикации ОВ и уничтожения ХО в целом организован таким образом, что выход сточных вод, загрязнённых ОВ, за пределы производственного отделения исключён. Обезвреживание стока выполняется в основной технологической схеме. Обезвреженный сток подлежит дальнейшей переработке на общезаводской установке по переработке сточных вод, предназначенной для утилизации всех водных отходов предприятия, содержащих незначительное количество органических веществ. Конденсат, полученный в процессе переработки, возвращается для использования в технологических целях, для подпитки системы водооборота или других нужд производства. Порошкообразный остаток вывозится на полигон захоронения отходов. Все сточные воды, содержащие значительное количество органических веществ, подлежат уничтожению (сжиганию) на установке термического обезвреживания.

Для сбора и очистки поверхностного стока с территории и бытового (хозяйственно-фекального) стока от корпусов объекта создаётся целый комплекс специальных сооружений. Первый этап очистки бытового и ливневого стока предусмотрен по обычно применяемым схемам с типовым набором оборудования. Доведение очищенного стока до качества, необходимого для использования в сети производственно-противопожарного и оборотного водоснабжения, выполняется на дополнительном комплексе сооружений с применением реагентов и эффективных фильтрационных материалов. При проведении проектных исследований часто приходится решать дополнительные задачи, связанные с особенностями района размещения объекта. Так, при проектировании объекта по уничтожению ХО в г. Щучье дополнительная задача была обусловлена сравнительно высоким уровнем грунтовых вод и как следствие потенциальной возможностью подтопления и заболачивания площадки строительства. Появилась необходимость выполнить отведение вод от площадки строительства с целью снижения и поддержания уровня грунтовых вод в пределах, требуемых по условиям строительства и безопасной эксплуатации сооружений объекта.

Для определения объёма водоотведения, количества и размещения дрен выполнено геофильтрационное моделирование дренажа и даны рекомендации по оптимальной организации водопонижения.

Функционирование объектов по уничтожению ХО сопровождается образованием значительного количества отходов. Частично это отходы обычные для любого крупного предприятия, а частью специфические, образование которых обусловлено технологией уничтожения ОВ. Воздействие на состояние окружающей среды, связанное с образованием и обращением отходов, характеризуется прежде всего уровнем опасности отходов для объектов природной среды и условиями их размещения. Снижение уровня опасности твёрдых отходов достигается мероприятиями по их обезвреживанию.

Для объектов по уничтожению ХО предложен метод термического обезвреживания, который является наиболее эффективным, заключается в окислении органических составляющих отходов в пространстве специальной печи при температуре 700–1200 °С до продуктов полного сгорания и элементов, таким образом обеспечивается полное разложение хлор-, фтор-, серо-, фосфорсодержащих органических соединений. Для термического обезвреживания твёрдых отходов предложено использовать печь проходного типа с выдвижными поддонами и камерой дожигания газовых продуктов, разработанную специально для объектов по уничтожению ХО специалистами ОАО «НПО ТЕХЭНЕРГОХИМПРОМ». Опыт эксплуатации аналогичной печи на объекте по уничтожению ХО в пос. Горный Саратовской области показал эффективность и надёжность обезвреживания твёрдых отходов, содержащих ОВ.

Для термического обезвреживания жидких органических отходов и сточных вод, содержащих значительное количество органических веществ, выбрана печь циклонного типа. Её достоинства обусловлены, главным образом, аэродинамическими особенностями (вихревой структурой газового потока), обеспечивающими высокую интенсивность и устойчивость процесса сжигания топлива с очень малыми тепловыми потерями при минимальных избытках воздуха, а также благоприятные условия тепло- и массообмена между газовой средой и каплями (частицами) отходов вследствие больших относительных скоростей и высокой турбулентности. Циклонные печи для сжигания жидких отходов различного состава нашли широкое распространение в нашей стране и за рубежом (в США, Японии, Великобритании и т. д.).

Решения по организации сбора, временного хранения, обезвреживания и утилиза-

ции отходов позволяют исключить загрязнение территории в период их обращения в производственном процессе. В конечном итоге все не утилизируемые отходы объекта размещаются для хранения на специальных полигонах, создаваемых в непосредственной близости от объектов. Полигон захоронения отходов является природоохранным сооружением, создаётся с учётом природных условий территории и соблюдением всех требований экологической безопасности, предъявляемых к подобным сооружениям, и обеспечивает экологически безопасное длительное хранение отходов.

Реальную эффективность и достаточность мероприятий, направленных на предупреждение негативного воздействия на окружающую среду, могут подтвердить только результаты натурных исследований. С этой целью для каждого из объектов по уничтожению ХО разработаны широкомасштабные программы мониторинга природных сред на территориях возможного влияния объектов, включая санитарно-защитную зону, ближайшие населённые пункты, зону защитных мероприятий. Система экологического мониторинга предназначена обеспечить получение полной и динамичной картины состояния окружающей среды на всех этапах жизнедеятельности опасного промышленного объекта.

В рамках программ мониторинга предусмотрен круглосуточный сбор данных об экологической обстановке – отбор и анализ проб водных сред, почвы и воздуха, экспресс-контроль на наличие ОВ, специфических и общепромышленных загрязнителей, непрерывный автоматический контроль воздуха на территории населённых пунктов. Лабораторный комплекс обеспечен современным отечественным и импортным оборудованием высокого класса точности. Более 7 лет объёмных систематических исследований дают развёрнутую картину состояния природных компонентов за период с момента начала строительства объекта по уничтожению ХО до настоящего времени. Результаты наблюдений свидетельствуют о достаточности и эффективности принятых превентивных мер, направленных на уменьшение выбросов и сбросов в окружающую среду: за весь период работы объекта с 2002 года не зафиксировано случаев выбросов ОВ в воздух; ОВ (иприт, люизит), мышьяк и продукты детоксикации ОВ в поверхностных водах не обнаружены.

Экспедиционные обследования почв в районе расположения объекта (населённые пункты и территория в зоне 50 км вокруг объ-

екта), проведённые с 1989-го по 2004 год специалистами Саратовского государственного университета, показали отсутствие иприта и люизита. Содержание мышьяка во всех пробах оказалось значительно меньше ПДК, и тенденции к увеличению не наблюдалось. Данные экологического мониторинга за период функционирования объектов по уничтожению ХО подтверждают стабильность показателей – отсутствие ОВ, содержание мышьяка в пределах фоновых концентраций.

Особая зона – территория, на которой в течение десятилетий располагались хранилища запасов ОВ, а с 2002 г. действует объект по уничтожению ХО. В рамках комплекса мероприятий по ликвидации последствий деятельности объектов по хранению и уничтожению ХО предстоит выполнить значительный объём работ. Проектная документация на их проведение уже подготовлена и получила положительное заключение Государственной экологической экспертизы.

Важным экологическим аспектом является предоставление общественности экологически значимой информации. Соблюдение права каждого на достоверную, полную и своевременную информацию о состоянии окружающей среды и мерах по её охране относится к одному из основных принципов охраны окружающей среды, предусмотренных Федеральным законом «Об охране окружающей природной среды». Процедура оценки воздействия планируемой деятельности на окружающую среду, а также подготовки соответствующих материалов регулируется «Положением об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в Российской Федерации».

Первые в России общественные слушания по проблеме уничтожения ХО были проведены в пос. Горный Саратовской области в 1996 г. Позже процедура оценки воздействия на окружающую среду была осуществлена для всех объектов по уничтожению ХО как неотъемлемая часть процесса проектирования. Последние слушания, в которых принимал участие институт «Гипросинтез», состоялись в сентябре 2009 г. и были посвящены обсуждению материалов по оценке воздействия на окружающую среду при проведении работ по ликвидации последствий деятельности объектов по уничтожению и хранению ХО в пос. Горный. Особенностью проекта является выраженная экологическая направленность, поскольку основная задача намечаемой деятельности – приведение в безопасное состо-

ание зданий и сооружений бывших объектов по хранению и уничтожению ХО, рекультивация территорий. По результатам обсуждений уровень воздействия на окружающую среду был оценён как допустимый, а объём предусмотренных мероприятий по охране окружающей среды при проведении намечаемой деятельности – как достаточный [1].

Таким образом, опыт успешной эксплуатации объектов по уничтожению ХО всецело подтвердил достоверность прогнозных экологических оценок, выполненных на стадии проектирования, что позволяет говорить о высоком качестве проектных исследований. Реализация комплекса технических и технологических мероприятий, направленных на безопасное ведение процессов уничтожения ХО,

а также целевых мероприятий по охране окружающей среды и обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения позволит обеспечить требуемый уровень экологической безопасности в районе размещения объектов при выполнении Россией международных обязательств в сфере химического разоружения.

Литература

1. Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) намечаемой деятельности при проведении работ по ликвидации последствий деятельности объекта по уничтожению химического оружия в пос. Горный Саратовской области. Волгоград: Гипросинтез, 2009.

УДК 504.064:543.554.4:543.89

Государственные стандартные образцы состава токсичных химикатов и продуктов их детоксикации в системе экологического контроля и мониторинга объектов по уничтожению химического оружия

© 2011. С. Н. Штыков¹, д.х.н., профессор, С. Н. Кобцов², м.н.с., И. Х. Ильясов², к.х.н., с.н.с., И. Н. Исаев², к.х.н., нач. лаборатории, Д. С. Дубровский², м.н.с., С. В. Язынин², нач. объекта,

¹Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского,

²Объект по уничтожению химического оружия «Леонидовка»,

e-mail: stask@bk.ru

В статье рассмотрена роль государственных стандартных образцов состава токсичных химикатов и продуктов их детоксикации в системе экологического контроля и мониторинга объектов по уничтожению химического оружия. Приведены данные о существующих государственных стандартных образцах состава токсичных химикатов и продуктов их детоксикации и методиках измерений массовой доли основного вещества, применяемых при их аттестации. Рассмотрены современные и перспективные направления исследований в этой области.

The article deals with the importance of monitoring national certified reference materials composed of toxic chemicals and their destruction products in the system of ecological control and chemical weapons facilities monitoring. The paper gives the data on available national certified reference materials composed of toxic chemicals and their destruction products as well as the basic substance mass fraction measurement procedures used for their certification. The current and long-term tendencies of research in this field are considered.

Ключевые слова: стандартный образец, экологический контроль и мониторинг, токсичный химикат, уничтожение химического оружия

Key words: certified reference material, ecological control and monitoring, toxic chemical, chemical weapons destruction

Федеральная целевая программа «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» устанавливает необходимость мониторинга загрязнителей окружа-

ющей среды, образующихся в процессе эксплуатации объектов по хранению и уничтожению химического оружия (ХО), а также разработку и утверждение экологических норма-

тивов выбросов и сбросов токсичных химикатов (ТХ) и отходов, образующихся в процессе уничтожения ХО, в окружающую среду. Программой также предусматривается проведение комплексной оценки фоновое состояния окружающей среды в местах хранения и строительства объектов по уничтожению ХО, динамический контроль его изменения. В целях обеспечения исполнения законодательства, соблюдения требований, в том числе нормативов и нормативных документов, а также обеспечения экологической безопасности органами федеральной государственной власти и субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления, юридическими и физическими лицами осуществляется контроль в области охраны окружающей среды (экологический контроль). В Российской Федерации в области охраны окружающей среды различают государственный, производственный и общественный контроль.

На объектах по хранению и уничтожению ХО для осуществления экологического контроля и мониторинга в соответствии с Федеральным законом «Об обеспечении единства измерений» создана отлаженная система метрологического сопровождения работ. Она продолжает совершенствоваться [1, 2].

Согласно указанному закону измерения, относящиеся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений (к ним относятся также измерения, связанные с уничтожением ХО), должны выполняться по аттестованным методикам измерений (МИ), за исключением МИ, предназначенных для прямых измерений, с применением средств измерений утвержденного типа, прошедших поверку, а результаты измерений должны быть выражены в единицах величин, допущенных к применению в Российской Федерации.

В соответствии с ГОСТ Р 8.563-2009 если МИ предназначена для использования в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, то средства измерений, стандартные образцы и испытательное оборудование должны быть метрологически обеспечены в системе измерений Российской Федерации. Это означает, что все средства измерений должны быть поверены, стандартные образцы должны иметь статус государственных, а испытательное оборудование должно быть аттестовано.

Таким образом, одним из приоритетных проблемных вопросов метрологического сопровождения является создание и совершен-

ствование его технической основы, которую в области уничтожения ХО составляют [3, 4]:

- совокупность эталонов и поверочных средств, обеспечивающих воспроизведение, хранение и передачу размера величины содержания основного компонента ТХ рабочим эталонам и средствам измерения;
- система передачи величины содержания основного компонента ТХ от рабочих эталонов к средствам измерения;
- средства измерения содержания ТХ, типы которых утверждены Госстандартом России и внесены в Государственный реестр средств измерений;
- аттестованные и включенные в раздел «1-ХО» Федерального реестра методик измерений;
- стандартизированные справочные данные о физических константах и свойствах веществ и материалов.

Вышеуказанное свидетельствует о большом значении метрологического сопровождения уничтожения ХО и, в частности, государственных стандартных образцов (ГСО) состава ТХ и продуктов их детоксикации, которые являются средством передачи единицы количества вещества.

В соответствии с ГОСТ 8.315-97 стандартные образцы должны обеспечивать возможность их использования для воспроизведения, хранения и передачи характеристик состава или свойств веществ (материалов), выраженных в значениях единиц величин, допущенных к применению в Российской Федерации. Согласно Закону «Об обеспечении единства измерений» в практической работе должны применяться стандартные образцы утвержденных типов.

Характеристики выпускаемых ГСО состава ТХ и продуктов их детоксикации

В настоящее время научно-исследовательская лаборатория (аналитического контроля и моделирования процессов уничтожения химического оружия) объекта по уничтожению химического оружия «Леонидовка» (пос. Леонидовка, Пензенская область) аккредитована на выпуск ГСО состава ТХ и продуктов их детоксикации, перечень которых представлен в таблице 1.

Аттестованное значение ГСО состава ТХ и продуктов их детоксикации устанавливается по результатам титриметрических МИ, представленных в таблице 2. Данные МИ являются аттестованными и внесены в раздел «1-ХО» Федерального реестра методик измерений.

Общая характеристика стандартных образцов состава ТХ и продуктов их детоксикации

Наименование ГСО состава	Номер ГСО	Интервал аттестованного значения СО (массовая доля основного вещества), % масс.	Погрешность определения аттестованного значения ($P=0,95$), %	Документ, утверждающий тип ГСО	Срок годности экземпляра ГСО или периодичность контроля, мес.
ОВ типа Vx (О-изобутил-S-2-(N,N-диэтиламино)-этилметилтиофосфонат)	8249-2004	91,0-95,0	1,00	Свидетельство № 0712/1	6
Зарин (О-изопропилметилфторфосфонат)	8246-2003	91,0-95,0	1,00	Сертификат № 2522/1	3
Зоман (О-пинаколилметилфторфосфонат)	8247-2003	91,0-95,0	1,00	Сертификат № 2523/1	3
Иприт (бис(2-хлорэтил)сульфид)	8248-2003	91,0-98,0	1,00	Сертификат № 2524/1	6
Люизит (2-хлорвинилдихлорарсин)	8645-2003	91,0-98,0	1,00	Сертификат № 2521/1	6
Метилфосфоновая кислота	8810-2006	91,0-98,0	1,00	Сертификат № 3416/1	6
О-изопропилметилфосфонат	8812-2006	91,0-98,0	1,00	Сертификат № 3418/1	6
О-изобутилметилфосфонат	8811-2006	91,0-98,0	1,00	Сертификат № 3417/1	6
О-пинаколилметилфосфонат	8813-2006	91,0-98,0	1,00	Сертификат № 3419/1	6
О-метил-О'-изобутилметилфосфонат	8765-2006	91,0-98,0	1,00	Сертификат № 3339/1	6
О,О'-диизобутилметилфосфонат	8250-2004	91,0-99,0	1,00	Свидетельство № 0713/1	6
Диизобутилдиметилпирофосфонат	8907-2007	91,0-99,0	1,00	Сертификат № 3523/1	6
Тиодигликоль (2,2'-диоксидиэтилсульфид)	8814-2006	91,0-98,0	1,00	Сертификат № 3420/1	6
Оксид люизита (2-хлорвиниларсиноксид)	8674-2005	91,0-97,0	1,00	Свидетельство № 1533/1	6
β -хлорвиниларсоновая кислота	8675-2005	91,0-98,0	1,00	Свидетельство № 1534/1	6
N,N-диэтиламиноэтилмеркаптан	8908-2007	91,0-99,0	1,00	Сертификат № 3524/1	6

Таблица 2

Общая характеристика МИ, предназначенных для аттестации ГСО состава ТХ и продуктов их детоксикации

Наименование ГСО состава	МИ, используемая при аттестации ГСО	Диапазон измерений, % масс.
ОВ типа Vx (О-изобутил-S-2-(N,N-диэтиламино)этилметилтиофосфонат)	МИ массовой доли основного вещества в ОВ типа Vx титриметрическим методом	80,0-95,0
Зарин (О-изопропилметилфторфосфонат)	МИ массовой доли основного вещества в техническом продукте зарина титриметрическим методом	85,0-95,0
Зоман (О-пинаколилметилфторфосфонат)	МИ массовой доли основного вещества в техническом продукте зомана титриметрическим методом	80,0-95,0
Иприт (бис(2-хлорэтил)сульфид)	МИ массовой доли основного вещества в техническом иприте титриметрическим методом	80,0-98,0
Люизит (2-хлорвинилдихлорарсин)	МИ массовой доли основного вещества в люизите	60-95
Метилфосфоновая кислота	МИ массовой доли основного вещества в метилфосфоновой кислоте титриметрическим методом	91,0-98,0
О-изопропилметилфосфонат	МИ массовой доли основного вещества в О-изопропилметилфосфонате титриметрическим методом	91,0-99,5
О-изобутилметилфосфонат	МИ массовой доли основного вещества в О-изобутилметилфосфонате титриметрическим методом	91,0-99,5
О-пинаколилметилфосфонат	МИ массовой доли основного вещества в О-пинаколилметилфосфонате титриметрическим методом	91,0-99,0
О-метил-О'-изобутилметилфосфонат	МИ массовой доли основного вещества в О-метил-О'-изобутилметилфосфонате титриметрическим методом	90,0-98,0
О,О'-диизобутилметилфосфонат	МИ массовой доли основного вещества в О,О'-диизобутилметилфосфонате	90,0-100,0
Диизобутилдиметилпирофосфонат	МИ массовой доли основного вещества в диизобутилдиметилпирофосфонате титриметрическим методом	91,0-99,0
Тиодигликоль (2,2'-диоксидиэтилсульфид)	МИ массовой доли основного вещества в тиодигликоле титриметрическим методом	86,0-99,0
Оксид люизита (2-хлорвиниларсиноксид)	МИ массовой доли основного вещества 2-хлорвиниларсиноксида титриметрическим методом	90,0-99,9
β -хлорвиниларсоновая кислота	МИ массовой доли основного вещества 2-хлорвиниларсоновой кислоты титриметрическим методом	90,0-99,9
N,N-диэтиламиноэтилмеркаптан	МИ массовой доли основного вещества в N,N-диэтиламиноэтилмеркаптани титриметрическим методом	91,0-99,0

Следует отметить, что, прежде чем вещество будет представлено для определения массовой доли основного вещества с последующим применением в качестве ГСО, требуется проведение значительного объёма предварительных работ, в том числе синтез вещества, его очистка, определение качественного состава синтезированного продукта с целью предварительной оценки его соответствия и чистоты и определение его физико-химических характеристик в соответствии с методикой приготовления ГСО.

Особое внимание уделяется фасовке ГСО, которая осуществляется в хроматографические виалы в инертной атмосфере (аргон) для исключения влияния кислорода и примесей воздуха на их состав в процессе хранения ГСО. При соблюдении условий и сроков хранения, приведённых в сопроводительной документации к партии ГСО, производитель гарантирует сохранение аттестованного значения стандартного образца в заявленных пределах. Однако если виала с ГСО была вскрыта, то она должна быть обязательно использована в этот день, а остаток вещества в ней уничтожен.

Совершенствование методик определения основного вещества ГСО

Титриметрический анализ, вследствие своей простоты и высокой точности определения, занимает ведущее место при формировании аттестованных значений стандартных образцов состава веществ – массовой доли основного вещества с указанием их погрешности (неопределённости). Это касается и стандартных образцов, необходимых для контроля безопасного хранения и уничтожения ХО. Известно, что все титриметрические методики определения ТХ и продуктов их детоксикации основываются на визуальном определении точки эквивалентности по переходу окраски химических индикаторов. В то же время оснащённость лабораторий по контролю ТХ и продуктов их детоксикации современным приборным парком, в частности системами автоматического титрования, требует замены визуального контроля окончания реакции на автоматический потенциометрический, позволяющий исключить влияние человеческого фактора, увеличить производительность труда и уменьшить погрешность определения.

В настоящее время в лаборатории ведутся разработки по внедрению автоматического потенциометрического титратора АТП-02 в

МВИ массовой доли основного вещества в ГСО состава ТХ и продуктов их детоксикации [5]. Проведены работы по оценке возможностей АТП-02; исследованию влияния параметров, вводимых в программу титрования, на процесс титрования и такие его характеристики, как продолжительность анализа и его точность.

Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений, заменяющий Закон Российской Федерации от 27 апреля 1993 г. № 4871-1 «Об обеспечении единства измерений» помимо замены понятия «государственный метрологический контроль и надзор» на понятие «сфера государственного регулирования обеспечения единства измерений» также вводит ряд новых метрологических терминов и операций анализа, позволяющих повысить надёжность производимых измерений, в частности термин «прослеживаемость». Прослеживаемость определяется как свойство эталона единицы величины или средства измерений, заключающееся в документально подтверждённом установлении их связи с государственным первичным эталоном соответствующей единицы величины посредством сличения эталонов единиц величин, поверки, калибровки средств измерений [6, 7]. Возможность «проследить» результат измерения к эталону единицы, дословно, его метрологическая прослеживаемость, является фундаментальным свойством измерений, обеспечивающим сопоставимость их результатов, полученных в разных лабораториях и в разное время.

В литературе и нормативных документах в последнее время также появился термин «неопределённость», который трактуется как «параметр, связанный с результатом измерения и характеризующий рассеяние значений, которые могли бы быть приписаны измеряемой величине» [8]. С появлением международного Руководства [9], получившего в 1999 году статус европейского стандарта, неопределённость измерений, наряду с метрологической прослеживаемостью, стала центральным понятием, определяющим содержание метрологии как науки. В настоящее время, когда обеспечение достоверности результатов анализа в таких областях, как химия, медицина, биотехнология, всё более опирается на метрологические принципы и рассматривается как актуальная задача метрологии, усилия специалистов – аналитиков и метрологов – должны быть направлены на установление метрологической прослеживаемости и оценивание неопределённости измерений [8].

В связи с этим внутрилабораторная стандартизация титрантов, применяемых при титриметрических определениях массовой доли основного вещества в ГСО состава ТХ и продуктов их детоксикации, должна обязательно предполагать применение первичных стандартов (установочных веществ). Это позволяет легко установить прослеживаемость проводимых измерений и, следовательно, прослеживаемость аттестованного значения самого ГСО, а также рассчитать неопределённость этого значения по вкладу каждого влияющего фактора.

Таким образом, предпринимаемая разработка новых МИ определения массовой доли основного вещества ТХ и продуктов их детоксикации методом автоматического потенциометрического титрования с учётом указанных новых метрологических процедур и параметров является современным и перспективным направлением развития метрологического сопровождения работ на объектах по хранению и уничтожению ХО и как следствие повышает качество функционирования системы экологического контроля и мониторинга этих объектов.

Литература

1. Экологический мониторинг опасных производственных объектов: опыт создания и перспективы развития (на примере систем экологического контроля и мониторинга объектов по уничтожению химического оружия) / Под общей редакцией проф. В. Н. Чуписа. М.: Научная книга, 2010. 526 с.

2. Ашихмина Т.Я. Комплексный экологический мониторинг объектов хранения и уничтожения химического оружия. Киров: Вятка, 2002. 544 с.

3. Капашин В.П., Пункевич Б.С., Загребин Е.М., Памфилов С.О. Разработка и использование в системах химико-аналитического контроля объектов по уничтожению химического оружия государственных стандартных образцов токсичных химикатов и продуктов их деструкции // Рос. хим. ж. 2007. Т. 51. № 2. С. 118–121.

4. Денисов С.Н., Дружинин А.А., Денисов Н.С., Егоров И.В., Кузейкина Э.В., Куранов Г.Н., Цехмистер В.И. Система стандартных образцов состава и свойств отравляющих веществ в рамках химико-аналитического контроля при уничтожении химического оружия // Сборник научных трудов. Выпуск 6. Саратов: СВРХБЗ. 2006. С. 5–8.

5. Патент RU 2354661 С1 МПК С07А 9/40, G01N 31/16, G01N 27/26.

6. МИ 3174-2009. Установление прослеживаемости аттестованных значений стандартных образцов. Екатеринбург. 2009. 39 с.

7. EURACHEM/CITAC Guide Traceability in Chemical Measurement. A guide to achieving comparable results in chemical measurement (Руководство ЕВРАХИМ/СИТАК Прослеживаемость в химических измерениях. Руководство по достижению сопоставимых результатов химического анализа. Пер. с англ./ Под ред. Л.А. Конопелько. СПб.: ВНИИМ, 2005).

8. Налобин Д.П., Осинцева Е.В. Способы установления прослеживаемости аттестованных значений стандартных образцов (продолжение) // Стандартные образцы. 2008. № 3. С. 10–15.

9. Кадис Р.Л. Метрологический и статистический смысл понятия «точность» в химическом анализе. ИСО 5725, показатели точности и неопределённость измерений // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2006. Т. 72. № 2. С. 53–60.

Научно-методические основы медико-санитарного обеспечения безопасности работ по выводу из эксплуатации и ликвидации последствий деятельности объектов хранения и уничтожения химического оружия

© 2011. Б. Н. Филатов¹, д.м.н., директор, Н. Г. Британов¹, к.м.н., зав. лабораторией, В. В. Клаучек¹, д.м.н., зам. директора, С. П. Лось², к.м.н., советник,

¹Научно-исследовательский институт гигиены, токсикологии и профпатологии
Федерального медико-биологического агентства,

²Федеральное управление по безопасному хранению
и уничтожению химического оружия,

e-mail: filatov@rihtop.ru, britanov@rihtop.ru, klauchek@rihtop.ru

Конверсия опасных химических объектов не исключает риск для здоровья персонала и населения. Разработаны научно-методические основы медико-санитарного обеспечения безопасности персонала, населения и окружающей среды при выводе из эксплуатации, конверсии и ликвидации последствий деятельности объектов по хранению и уничтожению химического оружия и при обращении с образующимися отходами.

The conversion of dangerous chemical plants does not eliminate risk to personnel and public health. Scientific and methodological basis was developed for medical and sanitary support of the safety of the personnel, public and environment during decommissioning, conversion and elimination of effects of chemical weapons storage and destruction plants and of management of their waste.

Ключевые слова: объекты по хранению и уничтожению химического оружия, ликвидация, конверсия, отходы, безопасность работ

Key words: chemical weapons storage and destruction facilities, elimination, conversion, waste, work safety

Введение

В соответствии с Федеральной целевой программой «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» после осуществления процесса уничтожения химического оружия предусматривается поэтапный вывод объектов по хранению и уничтожению химического оружия из эксплуатации. Планируется ликвидация последствий деятельности указанных предприятий, включающая обезвреживание технологического оборудования, загрязнённых зданий и сооружений, осуществление санации загрязнённых территорий [1].

В настоящее время приоритеты в научных исследованиях сдвигаются в сторону безопасного вывода объектов по уничтожению химического оружия из эксплуатации и их перепрофилирования. В рамках этих исследований разрабатываются необходимые для этой деятельности санитарно-эпидемиологические

правила и нормативы, ведётся поиск способов обезвреживания отходов и путей реализации в народном хозяйстве продуктов переработки, в частности, металлолома, товарной мышьяк-содержащей продукции, различных шламов, предусматриваются технические решения по ликвидации последствий деятельности подобных производств и реабилитации загрязнённых территорий. По окончании эксплуатации объектов по прямому назначению планируется создание производств дефицитных материалов и выпуск продукции малотоннажной химии для вооружения и военной специальной техники [2 – 4].

Чрезвычайная токсичность и опасность хранящегося и уничтожаемого химического оружия, новизна технических решений, принятых в процессе ликвидации запасов отравляющих веществ, создают совершенно новые условия в плане опасности для персонала, выполняющего работы по ликвида-

ции или конверсии объектов по хранению и уничтожению химического оружия, и населения, проживающего на близлежащей территории. Это обуславливает необходимость разработки санитарно-эпидемиологических требований и решения комплекса задач по организации и осуществлению санитарно-эпидемиологического надзора за проведением ликвидационных работ [5 – 7].

Период вывода из эксплуатации объектов по хранению и уничтожению химического оружия характеризуется повышенным риском контакта персонала, населения и окружающей среды не только с уничтожаемыми отравляющими веществами, но и с токсичными продуктами их деструкции. Определённую потенциальную опасность могут представлять загрязнённые остаточными количествами отравляющих веществ и продуктами их деструкции технологическое оборудование, коммуникации, строительные конструкции, вентиляционные выбросы, пыль из ликвидируемых помещений и участков хранения твёрдых отходов, газовоздушные выбросы от установок термического обезвреживания, содержащие общепромышленные загрязнители, загрязнённые ливневые и грунтовые воды, а также грунт площадок для временного хранения отходов и полигоны захоронения твёрдых отходов [8 – 10].

Вышеизложенное обуславливало актуальность научного обоснования подходов обеспечения безопасности персонала, населения и окружающей среды при проведении конверсионных работ на объектах по хранению и уничтожению химического оружия.

Целью настоящего исследования являлась разработка нормативно-методического обеспечения, методических подходов и санитарно-эпидемиологических требований по безопасному выполнению работ при выводе из эксплуатации и ликвидации последствий деятельности объектов по хранению и уничтожению химического оружия.

Методика

Разработка нормативно-методического обеспечения безопасности конверсионных работ для объектов по хранению и уничтожению химического оружия выполнялась специалистами профильных институтов Федерального медико-биологического агентства НИИ гигиены, токсикологии и профпатологии (г. Волгоград) и НИИ гигиены, профпатологии и экологии человека (г. Санкт-Петербург), а также Федерального медико-биологического агент-

ства. Обоснование методических подходов и санитарно-эпидемиологических требований по безопасному выводу из эксплуатации и ликвидации последствий деятельности объектов по хранению и уничтожению химического оружия базировалось на изучении научно-технической и патентной информации с учётом имеющегося опыта по прекращению деятельности бывших объектов по производству химического оружия. Разработка методических рекомендаций по организации санитарно-химического контроля за состоянием промышленной зоны и окружающей среды и осуществлению санитарно-эпидемиологического надзора при выводе из эксплуатации и ликвидации последствий деятельности объектов по хранению и уничтожению химического оружия осуществлялась на основе комплекса информационно-аналитических и прогнозных исследований, позволившего подготовить массивы реферативно-библиографических данных, научных публикаций, патентов и интернет-документов. Учитывался также анализ материалов санитарно-эпидемиологических экспертных оценок проектной документации по выводу из эксплуатации и ликвидации бывших объектов по разработке технологии получения, производству и уничтожению химического оружия.

Результаты исследований

Медико-гигиеническое обеспечение безопасности проведения ликвидации и конверсии бывших объектов по хранению и уничтожению химического оружия направлено на снижение риска для здоровья персонала и предотвращение поступления отравляющих веществ и продуктов их деструкции в окружающую среду. Решение этого сложного комплекса задач обуславливает необходимость разработки новых подходов и апробации их в практике по медико-гигиеническому сопровождению указанных процессов. Решение проблемы обеспечения безопасности персонала и населения при проведении конверсии особо опасных химических объектов начиналось при ликвидации бывших производств отравляющих веществ. Научное обоснование мероприятий по санитарно-эпидемиологическому сопровождению и организации санитарно-эпидемиологического надзора при проведении работ по выводу из эксплуатации и ликвидации последствий деятельности объектов по хранению и уничтожению химического оружия основывалось на данных много-

уровневых исследований и опыте внедрения разработок санитарно-технических и медико-профилактических мероприятий [8, 9, 11]. Обеспечение безопасности персонала, населения и окружающей среды при выведении из эксплуатации и ликвидации последствий деятельности объектов по хранению и уничтожению химического оружия предусматривало необходимость разработки и внедрения в практику комплекса гигиенических, организационных, санитарно-технических и дегазационных мероприятий, а также эффективной системы химико-аналитического контроля.

Конверсия объектов по хранению и уничтожению химического оружия обуславливает потребность в решении комплекса задач по организации и осуществлению санитарно-эпидемиологического надзора. Они касаются разработки санитарно-гигиенических требований к демонтажу технологического оборудования и строительных конструкций, обезвреживанию, утилизации и транспортировке строительных отходов, перепрофилированию помещений объектов для других целей, захоронению или повторному использованию строительных конструкций и оборудования, эксплуатации хранилищ твёрдых отходов, санации территории, организации длительного контроля за санитарно-гигиенической обстановкой в районе их размещения [5 – 7, 12, 13].

При выводе из эксплуатации и ликвидации объектов по хранению и уничтожению химического оружия наибольшую опасность для персонала представляют работы по обезвреживанию, демонтажу и утилизации производственных мощностей, контактировавших с отравляющими веществами и продуктами их деструкции, и образующиеся отходы. Ликвидационные работы включают демонтаж технологического оборудования и коммуникаций, строительных конструкций, систем контрольно-измерительных приборов, вентиляции, электроснабжения и связи, канализации и водопровода, а также транспортировку, складирование, дегазацию и термическое обезвреживание отходов и другие операции.

Обеспечение безопасности работ при выводе из эксплуатации и ликвидации последствий деятельности производств по хранению и уничтожению химического оружия предусматривало выполнение ряда мероприятий [9]. В частности, необходимо было обосновать критерии зонирования по степени химической опасности для персонала, населения и окружающей среды производственных помещений, подлежащих демонтажу или перепро-

филированию. Требовалось также разработать санитарно-эпидемиологические мероприятия по обеспечению безопасности конверсионных работ и организации химико-аналитического контроля этих процессов. Осуществление санитарно-эпидемиологического надзора при выполнении ликвидационных работ обусловило потребность в определении перечня гигиенических нормативов, необходимых для обеспечения безопасности. Кроме того, предусматривалась актуализация и разработка гигиенических нормативов и нормативно-методических документов, регламентирующих гигиенические требования по обеспечению безопасности работ при выводе из эксплуатации и ликвидации объектов по хранению и уничтожению химического оружия, транспортировке, хранению, обезвреживанию, утилизации и захоронению образующихся отходов.

Химическая безопасность для персонала, населения и окружающей среды при проведении конверсионных работ на объектах по хранению и уничтожению химического оружия предусматривает соблюдение требований действующих нормативно-методических документов. Важным является зонирование производственных помещений по степени опасности для персонала в различные периоды эксплуатации объектов.

На объектах хранения и уничтожения химического оружия степень потенциальной опасности работ оценивается в соответствии с группами опасности производственных помещений [14]. К I группе опасности отнесены помещения, где имеются технологические процессы с использованием отравляющих веществ и возможность загрязнения ими производственной среды и соответственно контакта с этими токсикантами персонала. Помещения II группы опасности являются производственные помещения, в которых не проводились технологические операции с отравляющими веществами, но возможен контакт с ними за счёт выноса из помещений I группы. Все прочие помещения, где не проводились работы с химическим оружием, выделены в III группу.

Группы опасности помещений учитываются при разработке проектных решений по выводу из эксплуатации, ликвидации или перепрофилированию объектов по хранению и уничтожению химического оружия, при обосновании мероприятий по санитарно-эпидемиологическому и химико-аналитическому обеспечению конверсионных процессов.

Реальная опасность для персонала при ликвидационных работах на объектах по хранению и уничтожению химического оружия оценивается по содержанию приоритетных загрязнителей в производственной среде. При этом помещения разделяются на «грязные», включающие помещения, в которых обнаружены отравляющие вещества выше гигиенических нормативов, «условно грязные» – помещения, в которых концентрации отравляющих веществ не превышают гигиенических нормативов, и «чистые» – помещения, в которых ранее не проводились работы с химическим оружием и отравляющие вещества не обнаруживаются в воздухе и на поверхностях.

Определение категории опасности помещений, сведения о местах «положительных» проб на содержание отравляющих веществ определяют условия «вывода» из эксплуатации помещений, зданий и сооружений, очередность демонтажа строительных конструкций и оборудования, а также последовательность химико-аналитического и санитарно-эпидемиологического сопровождения опасных работ. Химико-аналитический контроль эффективности деконтаминации технологического оборудования и коммуникаций организуется с учётом степени их загрязнённости отравляющими веществами. Оборудование и коммуникации разделяются на «опасные», «условно опасные» и «условно безопасные», а также выделяются места, наиболее опасные в плане ожидаемого загрязнения и трудно поддающиеся обезвреживанию.

При ликвидации бывших объектов по хранению и уничтожению химического оружия, разрушаемые строительные конструкции рассматриваются как отходы, дальнейшее обращение с которыми обуславливается уровнем их потенциальной опасности для человека и окружающей среды. Подобные отходы представляют собой сложные, многокомпонентные системы, включающие широкий спектр неорганических и органических соединений, и могут служить источником экологической опасности [8 – 10]. Санитарно-эпидемиологические мероприятия по обеспечению безопасности условий их размещения на полигонах захоронения основываются на результатах химико-аналитического контроля и определения их класса опасности [15]. Отходы, содержащие остаточные количества отравляющих веществ, направляются на термообезвреживание.

Важным аспектом медико-санитарного обеспечения безопасности работ по выводу

из эксплуатации и ликвидации последствий деятельности объектов хранения и уничтожения химического оружия являются мероприятия по коллективной защите персонала. Они включают соблюдение требований гигиенических нормативов содержания отравляющих веществ и продуктов их деструкции, а также приоритетных загрязнителей и пыли в воздухе рабочей зоны и внутри технологического оборудования, выбросах и сбросах в окружающую среду, на поверхностях оборудования, строительных конструкций и средств индивидуальной защиты. Предусматриваются контроль уровней освещённости, шума и вибрации, показателей микроклимата в производственной среде, а также оценка уровня механизации, исключаяющей тяжёлый физический труд, и, по возможности, обеспечения дистанционным управлением технологических процессов по разрушению зданий и демонтажу оборудования. Кроме того, оценивается эффективность «гашения» пыли, потенциально загрязнённой отравляющими веществами, систем местной и общей вентиляции с очисткой удаляемого воздуха, а также обеспыливания и дегазации инструмента и оборудования, используемых при разборке помещений I и II групп опасности, и средств индивидуальной защиты персонала.

Санитарно-эпидемиологическая безопасность персонала предусматривает также необходимость адекватного бытового и медицинского обеспечения, в частности, наличие санитарно-бытовых помещений по типу санпропускника, с устройством дегазационного и гигиенического душей, проведение предварительных и периодических, до- и послесменных медицинских осмотров лиц, работающих в помещениях I и II групп опасности. Кроме того, предусматривается использование персоналом соответствующих средств индивидуальной защиты при выполнении работ в помещениях I и II групп опасности, а также в местах складирования отходов из этих помещений.

При выполнении конверсионных работ необходимо сохранить службы производственного экологического контроля, осуществлявшие наблюдение за состоянием производственной и окружающей среды в процессе уничтожения химического оружия.

Обеспечение санитарно-эпидемиологической безопасности для персонала, населения и окружающей среды при выводе из эксплуатации и ликвидации последствий деятельности производств по хранению и уничтожению химического оружия, включая обраче-

ние с отходами, обусловило необходимость актуализации, разработки и утверждения в установленном порядке гигиенических нормативов допустимого содержания отравляющих веществ и продуктов их деструкции в объектах производственной и окружающей среды, промплощадки, на коже и наружной поверхности изолирующих средств индивидуальной защиты персонала и в отходах (после печей, металлолома боеприпасов, металлических и строительных конструкций), а также соответствующих методов химико-аналитического контроля. Кроме того, был сформирован перечень приоритетных загрязняющих веществ и обоснованы методические подходы по организации их контроля в соответствии с санитарно-гигиенической значимостью при конверсии указанных производств.

Безопасность для населения и окружающей среды работ по выводу из эксплуатации и ликвидации объектов по хранению и уничтожению химического оружия обеспечивается с помощью соблюдения комплекса санитарно-эпидемиологических и санитарно-технических мероприятий по защите атмосферного воздуха, поверхностных водоёмов и почвы от загрязнения отравляющими веществами и продуктами их деструкции. Обязательным является осуществление санитарно-химического контроля содержания отравляющих веществ, продуктов их деструкции и приоритетных загрязнителей в газовых выбросах и твёрдых отходах. На территории зоны защитных мероприятий в период проведения ликвидационных процессов предусматривается контроль содержания приоритетных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, почве, снеговом покрове, воде поверхностных водоёмов и донных отложениях.

Основным критерием возможности использования для хозяйственных целей бывших объектов по хранению и уничтожению химического оружия является соблюдение гигиенических нормативов содержания приоритетных вредных веществ в воздушной среде, материалах, конструкциях и на поверхностях рабочей зоны, с которыми может контактировать персонал в процессе проведения конверсионных работ и при эксплуатации вновь организованных производств. При перепрофилировании бывших объектов по хранению и уничтожению химического оружия предпочтительным является использование их зданий и сооружений, отдельного оборудования или конструкций в другом химическом производстве, наиболее близком по профилю, усло-

виям эксплуатации, требованиям безопасности и условиям труда.

Заключение

Разработаны научно-методические основы медико-санитарного обеспечения безопасности работ по выводу из эксплуатации и ликвидации последствий деятельности объектов по хранению и уничтожению химического оружия, предусматривающего решение сложного комплекса задач. Они включают в себя разработку и актуализацию гигиенических регламентов безопасности и методик выполнения измерений отравляющих веществ и продуктов их деструкции в объектах производственной и окружающей сред, промплощадки, на коже и наружной поверхности изолирующих средств индивидуальной защиты персонала и в отходах. Разработаны требования к осуществлению санитарно-эпидемиологической экспертизы конверсионных проектов и санитарно-эпидемиологические мероприятия по обеспечению безопасности персонала, населения и окружающей среды при выполнении основных технологических процессов по выводу из эксплуатации и ликвидации последствий деятельности указанных производств, а также при обращении с образующимися отходами. Определены критерии опасности производственных помещений, обоснованы требования к организации санитарно-химического контроля за производственной и окружающей средой, а также к средствам коллективной и индивидуальной защиты персонала. Предусматривается необходимость проведения токсиколого-гигиенической оценки опасности отходов, образующихся при демонтаже производственных мощностей объектов по хранению и уничтожению химического оружия. Научное обоснование мероприятий по санитарно-эпидемиологическому сопровождению работ по выводу из эксплуатации и ликвидации последствий деятельности конверсируемых производств основано на данных многоуровневых исследований при ликвидации бывших объектов по производству, разработке, хранению и уничтожению химического оружия. Определены алгоритмы гигиенических исследований на всех этапах вывода из эксплуатации и ликвидации последствий деятельности объектов по хранению и уничтожению химического оружия. Разработаны нормативно-методические документы по основным направлениям медико-гигиенического обеспечения работ по выводу

из эксплуатации и ликвидации последствий деятельности объектов по хранению и уничтожению химического оружия. Они представлены разделом Санитарных правил СП 2.2.1.2513-09 [14], регламентирующим требования к проведению ликвидационных и конверсионных работ на объектах уничтожения и хранения химического оружия, и методическими рекомендациями «Осуществление государственного санитарно-эпидемиологического надзора при выводе из эксплуатации и ликвидации последствий деятельности объектов по хранению и уничтожению химического оружия» и «Организация санитарно-химического контроля за состоянием промышленной зоны и окружающей среды при выводе из эксплуатации объектов по уничтожению химического оружия».

Разработанный комплекс нормативно-методических документов позволит обеспечить санитарно-эпидемиологическую безопасность работ по выводу из эксплуатации, конверсии и ликвидации последствий деятельности объектов по уничтожению химического оружия.

Литература

1. Федеральная целевая программа «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации». Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 21 марта 1996 г. № 305 (в редакции постановления Правительства Российской Федерации от 09 декабря 2010 № 1005).
2. Шевченко А. В., Никифоров Г. Е. Научно-техническая политика на завершающих этапах химического разоружения // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева). 2010. Т. LIV. № 4. С. 12–14.
3. Никифоров Г. Е., Горман И. М., Белов С. М., Лякин А. С., Карпова Е. С. Начальный этап реформирования объектов по уничтожению химического оружия в интересах экономики и обеспечения обороны и безопасности государства // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева). 2010. Т. LIV. № 4. С. 120–122.
4. Чупис В. Н., Растегаев О. Ю., Шевченко А. В. Приоритетные направления перепрофилирования объектов по уничтожению химического оружия: пример перспективного развития производств по переработке мышьяксодержащих реакционных масс и отходов на объекте «Горный» // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева). 2010. Т. LIV. № 4. С. 125–129.
5. Рембовский В. Р., Филатов Б. Н. Научное медико-гигиеническое сопровождение работ по уничтожению химического оружия в России // Медицина экстремальных ситуаций. 2007. № 3(21). С. 92–103.
6. Уйба В. В., Филатов Б. Н., Клаучек В. В., Британов Н. Г. Основные направления работ в области гигиенического обеспечения процесса уничтожения химического оружия // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева). 2007. Т. LI. № 2. С. 86–91.
7. Филатов Б. Н., Британов Н. Г., Клаучек В. В., Масленников А. А. Вопросы обеспечения безопасности процесса ликвидации объектов хранения химического оружия // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2008. № 3(23). Приложение № 1. С. 230.
8. Филатов Б. Н., Британов Н. Г., Клаучек В. В., Романов В. В., Леженин А. В., Вареник В. И., Николаев В. А., Лось С. П. Санитарно-эпидемиологическое обеспечение объектов по хранению и уничтожению химического оружия в период вывода их из эксплуатации и перепрофилирования // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева). 2010. Т. LIV. № 4. С. 140–143.
9. Рембовский В. Р., Нагорный С. В., Радилов А. С., Цибульская Е. А., Тидген В. П., Киселёв Д. Б., Романов В. В., Леженин А. В. Научные аспекты санитарно-эпидемиологического сопровождения работ по выводу из эксплуатации и перепрофилированию объектов по уничтожению химического оружия // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева). 2010. Т. LIV. № 4. С. 136–139.
10. Филатов Б. Н., Британов Н. Г., Клаучек В. В. Санитарно-гигиенические проблемы конверсии объектов хранения и уничтожения химического оружия в России // Медицинская наука и практика. 2009. № 1. С. 47–50.
11. Рембовский В. Р., Радилов А. С., Нагорный С. В., Янно Л. В., Могиленкова Л. А. Медико-гигиеническое обеспечение объектов по уничтожению химического оружия на современном этапе // Токсикологический вестник. 2010. № 3. С. 26–30.
12. Филатов Б. Н., Британов Н. Г., Клаучек В. В. Организация медико-санитарного обеспечения объектов уничтожения химического оружия в различные периоды их функционирования // Медицина экстремальных ситуаций. 2006. № 4 (18). С. 8–15.
13. Демахин А. Г., Олискевич В. В., Севостьянов В. П. Выбор задач для перепрофилирования объекта по уничтожению химического оружия в п. Горный Саратовской области // Экологические проблемы промышленных городов: Научн. тр. 2 Всерос. науч.-практ. конф. Саратов: СГТУ, 2005. С. 82–85.
14. СП 2.2.1.2513-09. Гигиенические требования к размещению, проектированию, строительству, эксплуатации и перепрофилированию объектов по уничтожению химического оружия, реконструкции зданий и сооружений и выводу из эксплуатации объектов по хранению химического оружия : утв. Гл. гос. сан. врачом Рос. Федерации 18 мая 2009 г. Введ. в действие 19 июля 2009 г. Регистр. № 14275.
15. СП 2.1.7.1386-03. Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления : утв. Гл. гос. сан. врачом Рос. Федерации 16 июня 2003 г. Введ. в действие 30 июня 2003 г. Регистр. № 4755.

**Основа безопасности персонала объектов
по уничтожению химического оружия – автоматические
средства контроля отравляющих веществ на уровне
санитарно-гигиенических требований**

© 2011. И. В. Коваленко¹, к.т.н., с.н.с., А. Н. Комиссаров¹, с.н.с.,
В. Д. Назаров¹, д.т.н., с.н.с., И. Б. Лурье, к.т.н., директор,
Н. П. Кесельман², нач. лаборатории,
А. В. Лебедев², к.х.н., нач. лаборатории,

¹Научно-исследовательский центр Федерального управления
по безопасному хранению и уничтожению химического оружия,
²Закрытое акционерное общество «Спецприбор»,
e-mail: fubhuho@yandex.ru, specinstr@tula.net

Приведён обзор основных газоаналитических приборов для контроля воздуха рабочей зоны на объектах по уничтожению химического оружия. Обсуждены достоинства и недостатки созданных приборов. Оценены возможности совершенствования и расширения области их применения.

The basic gas-analytic devices controlling the air in chemical weapon storage and destruction plants are under survey. The strong and weak points of these devices are discussed. The ability of their modification and diversification are estimated.

Ключевые слова: газоаналитические приборы,
производственный контроль воздуха, химическое оружие

Key words: gas-analytic devices,
production air control, chemical weapon

Одним из важных направлений обеспечения безопасности процесса уничтожения химического оружия (ХО) является обеспечение безопасности персонала объектов по уничтожению ХО. Для этих целей созданы разветвлённые системы мониторинга и контроля.

В целях обеспечения безопасности персонала наиболее значимой является система производственного контроля безопасности, главная задача которой – непрерывный контроль содержания отравляющих веществ (ОВ) в воздухе рабочей зоны на уровне предельно допустимых концентраций (ПДК_{р.з.}), установленных санитарно-гигиеническими нормативами (ГН 2.2.5.1371-03).

В настоящее время контроль воздуха рабочей зоны на объектах по уничтожению ХО организуется в соответствии с требованиями ряда ГОСТов, санитарных правил, гигиенических нормативов и нормативно-методических указаний Федерального медико-биологического агентства. Непрерывный контроль ОВ в воздухе рабочей зоны на уровне ПДК_{р.з.} являет-

ся наиболее важным и одновременно наиболее сложным как с технической, так и с методической стороны. Первая и главная техническая проблема создания автоматических средств контроля ОВ на уровне санитарно-гигиенических требований – невозможность определения ОВ с использованием только одного биохимического метода, спектрометрии ионной подвижности или молекулярных ядер конденсации, реализованного в одном приборе.

Вторая техническая проблема – достижение требуемого уровня чувствительности и специфичности функционирования приборов. Эта проблема обусловлена тем, что требования по содержанию ОВ в воздухе рабочей зоны, установленные гигиеническими нормативами, находятся на пределе возможности аналитических методов, положенных в основу создаваемых приборов.

Необходимо отметить, что в Российской Федерации предъявляются самые жёсткие требования по содержанию в воздухе рабочей зоны ОВ, подлежащим уничтожению. Втабли-

Таблица 1

Стандарты безопасности по содержанию отравляющих веществ, установленные и действующие в Российской Федерации и США

РФ	США	РФ		США	
Наименование вещества		ПДК	ПДК	TWA	TWA
		в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	в атмосферном воздухе (расчётные), мг/м ³	Work Place Limit, мг/м ³	General Populatic Limit, мг/м ³
Зарин	GB	2×10 ⁻⁵	2×10 ⁻⁷	1×10 ⁻⁴	3×10 ⁻⁶
Зоман	GD	1×10 ⁻⁵	1×10 ⁻⁷	2×10 ⁻⁵	3×10 ⁻⁶
ОВ типа Vx	Vx	5×10 ⁻⁶	5×10 ⁻⁸	1×10 ⁻⁵	3×10 ⁻⁶
Иприт	HD	2×10 ⁻⁴	2×10 ⁻⁶	3×10 ⁻³	1×10 ⁻⁴
Люзит	L	2×10 ⁻⁴	4×10 ⁻⁶	3×10 ⁻³	3×10 ⁻³

це 1 приведены стандарты безопасности по содержанию ОВ, установленные и действующие в Российской Федерации и США [8].

Технической основой контроля ОВ в воздухе рабочей зоны на уровне ПДК_{р.з.} являются автоматические газосигнализаторы, разработкой которых занимался ряд отечественных предприятий: ФГУП «ГосНИИ-ОХТ», ЗАО «Спецприбор», ЗАО «АСТЭЖ», ОАО ЭНПО «Неорганика». Ниже приведено обобщение результатов наиболее успешных работ, направленных на создание автоматических средств контроля фосфорорганических ОВ (ФОВ) и ОВ кожно-нарывного действия на уровне санитарно-гигиенических требований.

К рассматриваемым средствам контроля отравляющих веществ (приборы), эксплуатируемым на объектах по уничтожению ХО, предъявляются повышенные метрологические требования. Пороговая чувствительность приборов должна соответствовать гигиеническим нормативам содержания ОВ в воздухе рабочей зоны. Прибор не должен давать ложных сигналов в присутствии мешающих примесей, концентрация которых (в интервале от сотых долей до десятков мг/м³) существенно превышает концентрацию анализируемых веществ. Максимальная длительность цикла анализа должна составлять не более 15 мин [1]. Указанные требования были реализованы разработчиками отечественных приборов с применением наиболее чувствительных аналитических методов: биохимического, спектрометрии ионной подвижности и молекулярных ядер конденсации [2].

Биохимический метод анализа, использующий холинэстеразную реакцию в сочетании с концентрированием на ленте, импрегнированной силикагелем, обеспечивает опреде-

ление фосфорсодержащих отравляющих веществ (ФОВ), наиболее опасного класса ОВ, на уровне ПДК. Существенным достоинством метода является высокая специфичность по отношению к ФОВ в присутствии других веществ. Это качество выгодно отличает биохимический метод от других методов анализа.

В ЗАО «Спецприбор» с применением биохимического метода созданы ленточные колориметрические газосигнализаторы ГСБ-М (в обычном исполнении) и ГСБ-МВ (во взрывозащищённом исполнении).

Длительность определения ФОВ на уровне ПДК_{р.з.} с помощью этих газосигнализаторов составляет не более 15 мин, время непрерывной работы приборов без переснаряжения комплекта индикаторных средств – 26 ч. В настоящее время газосигнализаторы ГСБ-М и ГСБ-МВ надёжно функционируют на объектах по уничтожению ХО в пос. Мирный Кировской области и в пос. Леонидовка Пензенской области.

Широкому распространению приборов, в которых реализованы биохимические методы, препятствуют довольно высокие эксплуатационные расходы, которые обусловлены высокой стоимостью комплекта индикаторных средств при его относительно частом переснаряжении.

Однако высокие чувствительность, специфичность и надёжность биохимических газосигнализаторов, подтверждённые их многолетней эксплуатацией в различных условиях, свидетельствуют в пользу выбора данных средств для оснащения объектов по уничтожению ХО.

Возможности совершенствования приборов на основе биохимического метода далеко не исчерпаны. Так, использование в этих приборах биосенсорных систем с флуоресцентной

регистрацией аналитического эффекта позволяет повысить чувствительность к ФОВ примерно ещё на порядок и достичь высокой скорости аналитического отклика.

К числу перспективных методов обнаружения ОВ относится спектрометрия ионной подвижности. Важное преимущество приборов, основанных на этом методе, заключается в незначительных затратах на эксплуатацию. Такие приборы обычно не требуют применения дополнительных вспомогательных средств и комплектов (индикаторных средств, реактивов, сжатых газов и т. п.). С помощью спектрометрии ионной подвижности можно обнаруживать все типы ОВ. Однако пороговая чувствительность к ФОВ почти на три порядка ниже установленных санитарно-гигиенических нормативов.

Для достижения порогов чувствительности, соответствующих требованиям санитарно-гигиенических нормативов, в приборах на основе спектрометрии ионной подвижности осуществляется адсорбционное концентрирование (обычно на полимерных пористых сорбентах типа Тенакс) с последующей термодесорбцией. Для повышения специфичности необходимо хроматографическое разделение анализируемой пробы, причём наилучший эффект достигается на поликапиллярных колонках. Эти колонки оптимально сочетаются с детекторами на основе спектрометрии ионной подвижности.

Указанные приёмы были реализованы в газосигнализаторе «Терминатор ФОВ-1» (разработчик ЗАО «АСТЭК»).

Газосигнализатор «Терминатор ФОВ-1» позволяет проводить санитарно-гигиенический контроль ФОВ на уровне ПДК_{ра} с длительностью цикла анализа 15 мин. Существенное достоинство прибора – отсутствие необходимости его обслуживания в ходе эксплуатации. Этот газосигнализатор в настоящее время используется на объекте по уничтожению ХО в г. Щучье Курганской области. Кроме того, приборы данного типа имеют перспективу использования на предприятиях химической промышленности.

Вместе с тем прибор «Терминатор ФОВ-1» имеет ряд недостатков. Один из них связан с операцией адсорбционного концентрирования: накопление наряду с ФОВ примесей, концентрация которых может превысить концентрацию ФОВ на 3–6 порядков, вызывает маскирующее их влияние вплоть до подавления полезного сигнала за счёт конкурентной сорбции и (или) реакций на поверхности сорбента.

Кроме того, для приборов, основанных на спектрометрии ионной подвижности, проблематична однозначность идентификации ОВ типа Vx. Это вещество содержит ряд летучих примесей, поэтому отклик прибора может быть обусловлен парами этих примесей (в том числе и малотоксичными). Существует также проблема, связанная с термодесорбцией ОВ типа Vx, потому что оно количественно не термодесорбируется с сорбента Тенакс ТА. Ещё раз подчеркнём, что приборы, основанные на биохимическом методе, однозначно определяют ОВ типа Vx, причём без необходимости десорбции анализируемого вещества, накопленного на ленте.

Для определения иприта и люизита на уровне санитарно-гигиенических нормативов более перспективными по сравнению с приборами на основе спектрометрии ионной подвижности признаны приборы с детектором МоЯК, обладающие более высокой чувствительностью [3]. Метод молекулярных ядер конденсации (МоЯК) – уникальный метод газового анализа. Пределы обнаружения ряда веществ с помощью детектора МоЯК приближаются к уровню счёта отдельных молекул. Можно определять практически все типы соединений с быстродействием не более 1 с. К тому же детекторы МоЯК относительно недороги, конструктивно просты и не требуют использования вакуума и инертных газов. Для достижения необходимого уровня специфичности детекторы МоЯК в газоаналитических приборах используются чаще всего в качестве хроматографических детекторов.

Именно с использованием высокочувствительных детекторов МоЯК удалось создать наиболее эффективные приборы для санитарно-гигиенического контроля иприта и люизита в воздухе рабочей зоны объектов по уничтожению ХО. Это разработанные ОАО ЭНПО «Неорганика» автоматические газоанализаторы «Каскад-5» и «Каскад-Г».

Газоанализатор «Каскад-5» предназначен для обнаружения паров иприта. Диапазон измерения прибора составляет от 1 до 100 ПДК_{ра} при времени анализа 14 мин.

Газоанализатор «Каскад-Г» предназначен для обнаружения паров люизита. Диапазон измерения прибора составляет от 1 до 100 ПДК_{ра} при времени анализа 10 мин.

Приборы «Каскад-5» и «Каскад-Г» успешно эксплуатировались на объектах по уничтожению ХО в пос. Горный Саратовской области, в г. Камбарка Удмуртской Республики и в пос. Мирный Кировской области.

Особо следует отметить успешное техническое решение прибора для санитарно-гигиенического контроля люизита, который необратимо сорбируется «практически на всех материалах» и поэтому не поддается хроматографическому выделению. Задачу удалось решить без применения хроматографического метода разделения: проба накапливается на проволочном сорбенте с последующей термодесорбцией.

Существенный недостаток приборов с применением детекторов МоЯК заключается в коротком периоде времени непрерывной работы (8 ч). Это время определяется временем непрерывной работы конденсационных устройств без переснаряжения. Однако возможности значительного увеличения этого показателя имеются. Ранее уже сообщалось о создании конденсационного устройства с возвратом конденсата, продолжительность работы которого без переснаряжения увеличена до одного года.

Что касается аналитических возможностей детектора МоЯК определять ФОВ, то они также весьма высокие. Минимально измеряемые концентрации фосфорорганических соединений детектором МоЯК находятся на уровне 10^{-5} мг/м³, что позволяет выполнить заданные требования по санитарно-гигиеническому контролю без концентрирования и вытекающих из него недостатков. Этот детектор может стать серьезной альтернативой биохимическим приборам и приборам на основе спектрометрии ионной подвижности.

Учитывая высокую значимость санитарно-гигиенического контроля, вопросы метрологического обеспечения являются крайне важными при изготовлении и испытаниях приборов [4 – 8]. Испытания проводятся только на базе аккредитованной испытательной лаборатории, входящей в состав ГЦИ СИ ОАО ФНТЦ «Инверсия», с использованием государственных стандартных образцов ОВ и аттестованных методик измерения.

Все приборы подвергаются обязательному виду испытаний об утверждении типа средств измерений с выдачей свидетельства и регистрацией данного средства в Государственном реестре средств измерений, допущенных к применению в Российской Федерации.

Для создания семейства новых средств контроля ОВ, отвечающих санитарно-гигиеническим требованиям, в период с 1993-го по 2004 г. был проведен ряд опытно-конструкторских работ по разработке опытных образцов газосигнализаторов и газоанализаторов, в результате которых были созданы:

– газоанализатор «Каскад-Г», созданный в ОАО ЭНПО «Неорганика». В процессе эксплуатации прибор был усовершенствован в части повышения надёжности работы и уменьшения массогабаритных характеристик;

– газоанализатор «Каскад-5» (разработчик ОАО ЭНПО «Неорганика»). По опыту эксплуатации тоже был модернизирован в целях повышения надёжности;

– газосигнализатор ГСБ «Ветерок» (разработчики ФГУП «ГосНИИОХТ» и ЗАО «Спецприбор»). По опыту эксплуатации ГСБ «Ветерок» усилиями специалистов ЗАО «Спецприбор» был значительно модернизирован и унифицирован и получил обозначение ГСБ-М и ГСБ-МВ.

– газосигнализатор «Терминатор ФОВ-1» (разработчик ЗАО «АСТЭК») является самостоятельной разработкой предприятия. По состоянию на 2005 год это был один из лучших приборов, основанный на методе спектрометрии ионной подвижности.

Таким образом, в Российской Федерации созданы необходимые и надёжные автоматические средства контроля, обеспечивающие определение отравляющих веществ на уровне санитарно-гигиенических требований.

Литература

1. Концепция метрологического обеспечения уничтожения химического оружия и его бывших производств в Российской Федерации. М.: Госстандарт России, 2001.
2. Лебедев А.В., Лурье И.Б., Кесельман Н.П. и др. Газоаналитические приборы для контроля рабочей зоны и вентиляционных выбросов на объектах по уничтожению химического оружия // Рос. хим. ж. 2010. Т. LIV. №4.
3. Кянджециан Р.А., Кателевский В.Я., Валюхов В.П. и др. // Рос. хим. ж. 2002. Т. 46. № 6.
4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025-2000. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. М.: Изд-во стандартов, 2000.
5. ГОСТ Р 51000.4-96. ГСИ. Система аккредитации в Российской Федерации. Общие требования к аккредитации испытательных лабораторий. М.: Изд-во стандартов, 1996.
6. ПР 50.2.011-94. ГСИ. Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерений. М.: Изд-во стандартов, 1994.
7. Система аккредитации аналитических лабораторий (центров). М.: Госстандарт России, 1993.
8. МИ 2146-95. Рекомендации. ГСИ. Порядок разработки и содержание программ испытаний средств измерений для целей утверждения их типа. М.: ВНИИМС, 1996.

УНИЧТОЖЕНИЕ ЗАПАСОВ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

г. ПОЧЕП
Брянская область
ФОВ в авиационных боеприпасах
7 498,2 тонн



п. МАРАДЫКОВСКИЙ
Кировская область
ФОВ и ипритно-люизитные смеси в авиационных боеприпасах
6 890,1 тонн



п. КИЗНЕР
Удмуртская Республика
ФОВ и люизит в боеприпасах ствольной и реактивной артиллерии
5 744,7 тонн



г. КАМБАРКА
Удмуртская Республика
Люизит в цистернах
6 349,0 тонн



п. ЛЕОНИДОВКА
Пензенская область
ФОВ в авиационных боеприпасах
6 884,7 тонн



п. ГОРНЫЙ
Саратовская область
Иприт, люизит, смеси в бочках и цистернах
1142,0 тонн



г. ЩУЧЬЕ
Курганская область
ФОВ в боеприпасах ствольной и реактивной артиллерии и БЧ ракет
5 456,6 тонн



Ввод в эксплуатацию первого пускового комплекса в г. Щучье Курганской области



Рабочая смена на линии залива реагента в корпусе детоксикации



Линия погрузки боеприпасов в гермоконтейнеры



Работа дежурной смены в корпусе детоксикации отравляющих веществ



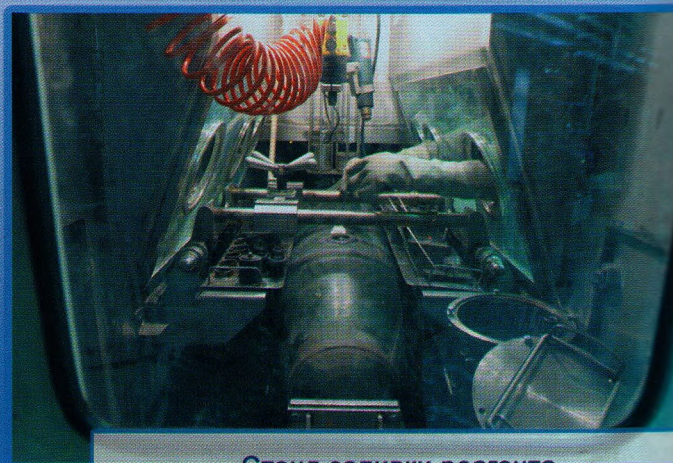
Определение наличия ОВ в хранилище с авиационными боеприпасами



Проведение технического осмотра артиллерийских химических боеприпасов



Загрузка твердых отходов на тележки для утилизации в печи



Стенд заливки реагента

**Оценка риска здоровью персонала
химически опасных производств**

© 2011. Л. А. Могиленкова, к.м.н., в.н.с., Н. В. Криницын, д.м.н., в.н.с.,
Ю. В. Филиппова, к.м.н., в.н.с., Д. Б. Киселев, к.м.н., зав. отделом,
Научно-исследовательский институт гигиены профпатологии и экологии человека
Федерального медико-биологического агентства,
e-mail: gpech@fmbamail.ru; niigpech@rihophe.ru

Представлены результаты оценки профессионального риска здоровью персонала бывшего производства Vx в динамике за 1972–1991 гг. Проведен анализ возможного влияния производственных факторов на здоровье персонала при работах на объектах уничтожения химического оружия.

Risk assessment was carried out based on illness indexes and occupational conditions of the staff of the former hazardous chemical industries of Vx in the period from 1972 to 1991 with the aim to establish possible influence of production factors on health of the people who worked in hazardous chemical industry.

Ключевые слова: опасные химические вещества, Vx, условия труда, здоровье, оценка риска, потенциальный, реальный риски

Key words: chemical compounds, Vx substance, risk assessment, potential, actual risks, hygienic standards

Введение

Работники химически опасных предприятий могут подвергаться воздействию высокотоксичных и опасных (особо опасных) химических веществ, вызывающих нарушение здоровья и угрозу для жизни. В настоящее время для оценки состояния здоровья лиц, контактирующих с химическими веществами, находят широкое применение различные подходы оценки риска [1 – 6]. Оценка профессионального риска здоровью персонала особенно актуальна для объектов уничтожения химического оружия (ХО), в частности, фосфорорганических отравляющих веществ (ФОВ).

Ретроспективная оценка профессионального риска на бывшем производстве Vx позволяет установить показатели возможного влияния производственных факторов на здоровье персоналов и при работах с Vx, связанных с уничтожением данного наиболее опасного из ФОВ.

Целью работы явилась оценка риска здоровью персонала бывшего производства Vx в период функционирования и после его ликвидации.

Материалы и методы исследования

Профессиональный риск на бывшем производстве Vx оценивался с использованием

общепринятых показателей потенциального и реального рисков [1, 2]. Потенциальный риск определен на основе установления классов условий труда, являющихся мерой риска в соответствии с Руководством [1].

Степень связи нарушений здоровья с работой определялась по показателям заболеваемости персонала в период функционирования бывшего производства Vx и после его ликвидации. Реальный риск здоровью оценивался по следующим показателям: относительный риск (RR), атрибутивный риск (его фракция – этиологическая доля вклада фактора в развитие патологии – FR) [1, 2].

**Результаты исследования и их
обсуждение**

По материалам многолетних исследований ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России установлено, что загрязненность производственной среды Vx на бывшем его производстве была ведущим вредным фактором.

1. Начальный период – пусконаладочные работы (1972–1978 гг.) В период пуска производства и начальных этапов наработки вещества типа Vx средние концентрации его составляли до 10 ПДК р.з., максимальные – сотни ПДК р.з. (до 0,0025 мг/м³). ПДК р.з. Vx равна 5·10⁻⁶ мг/м³ [7]. В отделении дегазации

средств индивидуальной защиты и в помещениях санпропускника средние концентрации паров вещества типа Vx в воздухе рабочей зоны были ниже допустимых величин, а максимальные – на уровне 12,5 и 17,4 ПДК р.з. соответственно. Потенциальный риск по [4] при штатном режиме работы в 1-й период на бывшем производстве Vx был высоким и сверхвысоким. Кроме того, в начальный период имели место 2 случая крупных аварий, которые могли быть одной из причин развития отдалённых последствий острого и подострого воздействия Vx.

Вещество типа Vx в воздухе помещений химико-аналитической лаборатории преимущественно не было обнаружено на уровне чувствительности метода. Вместе с тем эпизодически содержание Vx превышало ПДК в 2–4 раза. То есть потенциальный риск был малым.

2. Период промышленного производства Vx (1979–1987 гг.). В производственных помещениях при штатном режиме работы загрязнённость воздушной среды веществом типа Vx в среднем была ниже допустимого уровня, максимально регистрировалось превышение ПДК р.з. до 10 раз. Потенциальный риск был от малого до высокого уровня (длительное воздействие).

3. Период после прекращения производства вещества типа Vx (1988–1991 гг.). Vx в рабочей среде не был обнаружен. Профессиональный риск отсутствовал.

Одновременно с оценкой гигиенической ситуации в эти периоды изучено состояние здоровья работавших в контакте с Vx (9277 человеко-лет наблюдений накопленной выборки). В качестве группы сравнения взяты показатели общественного здоровья населения трудоспособного возраста Волго-Вятского региона, проживающего в таком же по численности городе-спутнике крупного химического предприятия, полученные за тот же период времени. Статистически значимые различия по полу и возрасту в наблюдаемых группах не выявлены.

Реальный риск оценен по параметрам показателей общественного здоровья.

Анализ профессионального риска по периодам функционирования бывшего производства Vx показал, что в 1-й (пусконаладочный) период у мужчин наблюдался средней степени риск по показателю общей заболеваемости (RR_1 1,6). Во 2-й период (промышленное производство Vx): при уменьшении загрязнённости производственной среды Vx – показатель общей заболеваемости улучшился; RR_2 соста-

вил 1,3. В 3-й период (отсутствие контакта с Vx) общая заболеваемость соответствовала таковой у населения региона сравнения.

У женщин в 1-й и 3-й периоды связи общей заболеваемости с работой не отмечено (RR_1 и RR_3 соответственно 1,06 и 1,12). Во 2-й период относительный риск несколько повысился (RR_2 1,25). Лучшие показатели здоровья у женщин, чем у мужчин, в 1-й и 2-й периоды объясняются тем, что женщины имели меньший контакт с Vx.

Вместе с тем по уровню заболеваемости с временной утратой трудоспособности (ВУТ) и трудопотерь в обеих группах по полу отмечен средней и малой степени риск связи этих показателей с условиями труда при работе с Vx в 1-й и 2-й периоды соответственно: RR_1 для мужчин 1,7 и 1,5; для женщин 1,24 и 1,42. RR_2 для мужчин 1,5 и 1,8, для женщин 1,5 и 1,97.

В 3-й период при отсутствии Vx в рабочей среде в группе мужчин сохранился достаточно высоким только риск трудопотерь (RR_3 равен 1,9). У женщин в этот период ВУТ и трудопотери были максимальными (RR_3 1,7 и 2,8; риск от средней степени до высокого). По показателю атрибутивной фракции риска (FR 64%; трудопотери) профессиональный риск у женщин также был высоким.

Анализ данных общей заболеваемости и относительного риска по классам болезней в соответствии с МКБ-10 персонала бывшего производства Vx показал, что рост риска повышения общей заболеваемости у мужчин при работе с Vx (по сравнению с заболеваемостью у населения региона сравнения) в 1-й период (RR_1) происходил за счёт болезней нервной системы и органов чувств (2,3), органов пищеварения (2,5), кожи и подкожной клетчатки (2,3), органов дыхания (1,8). Во 2-й период (RR_2) – за счёт болезней кожи и подкожной клетчатки (2,0), органов пищеварения (1,7), нервной системы и органов чувств (1,6), мочеполовой системы (1,5), органов дыхания (1,3). В 3-й период следует выделить риск средней степени развития болезней органов пищеварения (RR_3 1,7).

У женщин в 1-й период следует отметить малой и средней степени риск (RR_1) повышения числа болезней органов пищеварения (1,3), кожи и подкожной клетчатки (1,9). Во 2-й период наблюдался аналогичный риск (RR_2) болезней органов пищеварения (1,7), кожи и подкожной клетчатки (1,6), органов кровообращения (1,5), дыхания и мочеполовой системы (1,4) нервной системы и органов чувств (1,3). В 3-й период у женщин вы-

явлен риск (RR_3) повышения количества болезней органов пищеварения (1,9), нервной системы и органов чувств и органов кровообращения (1,4).

Учитывая высокий уровень трудопотерь для выявления патологии, специфической («условно специфической») для воздействия V_x , проведён расчёт относительного риска (RR) и фракции атрибутивного риска (FR) по распространённости хронических болезней у лиц, работавших с V_x (по периодам наблюдения), по сравнению с величинами данных показателей в группе сравнения (производство хлорофоса и др.). В группе сравнения значимых различий с изученным производством V_x распределения по полу, возрасту не было.

Распространённость хронических заболеваний у женщин бывшего производства V_x в 1-й период (10,9 случая на 100 работников) была в 2 раза ниже, чем у мужчин. Риск их связи с профессией отсутствовал. В группе сравнения распространённость хронических болезней у мужчин (28,7 случая на 100 работников) и женщин (27,4 случая) была одинаковой. Развития новообразований у женщин в 1-й и 2-й периоды, а также в группе сравнения не обнаружено. У мужчин группы сравнения распространённость новообразований составила 0,1 случая на 100 работников. У мужчин бывшего производства V_x в 1-й период выявлен высокий риск ($RR_1 = 3,0$ и $FR_1 = 66,7\%$) новообразований и болезней нервной системы и органов чувств ($RR_1 = 3,3$ и $FR_1 = 70,0\%$), который во 2-й период сменился их сверхвысоким уровнем ($RR_2 =$ более 9 и $FR_2 = 90\%$ и выше). Высокий риск у всего персонала данного производства отмечен для болезней эндокринной системы и обмена веществ, кожи и подкожной клетчатки, болезней нервной системы и органов чувств, профессиональных заболеваний, органов пищеварения и др.

В 3-й период у персонала зарегистрирован сверхвысокий риск развития профессиональных заболеваний, новообразований, а также высокий риск производственно обусловленных заболеваний (в том числе сверхвысокий риск болезней эндокринной системы и обмена веществ, костно-мышечной, гепатобилиарной и нервной систем, ишемической болезни сердца). Обращает внимание, что в 3-й период у женщин отдалённые эффекты воздействия V_x проявились более высоким уровнем риска развития новообразований (7,8 случая на 100 работниц), чем у мужчин (5,9 случая).

Таким образом, исследования риска здоровью персонала бывшего производства V_x по показателям потенциального (классы условия труда по [8]) и реального рисков (показатели заболеваемости) выявили, что потенциальный риск в пусконаладочный период был сверхвысоким, а затем в штатный период промышленного получения V_x преимущественно – малым (до высокого). По мере доказанности связи условий труда с нарушением здоровья работников бывшего производства V_x профессиональный риск оценен как категория 1А – доказанный [1].

Полученные данные несомненно представляют научный интерес при оценке профессионального риска на объектах уничтожения химического оружия V_x и других ФОВ, не только в период их функционирования, но и после прекращения их деятельности. Служат весомым обоснованием для профилактики отдалённых эффектов нарушения здоровья персонала на этих объектах, для выявления реальных рисков здоровью и разработки критериев оценки меры безопасности (опасности) деятельности химически опасных предприятий, например, предлагаемых в виде интегрального индекса техногенного загрязнения [9].

Выводы

1. На бывшем производстве V_x по уровню загрязнённости производственной среды V_x выявлен высокий (сверхвысокий) потенциальный риск в пусконаладочный период функционирования данного производства даже в штатном режиме работы, который при промышленном его производстве сменился малым (до высокого уровня) риском и отсутствовал после ликвидации производства.

2. В динамике наблюдения, несмотря на улучшение условий труда и даже прекращение функционирования производства V_x , у персонала (чаще у женщин) выявлено повышение реального риска развития общей заболеваемости, а также заболеваемости ВУТ и трудопотерь.

3. Риск утяжеления патологии у персонала бывшего производства V_x происходил за счёт профессиональных заболеваний, а также хронических заболеваний, в частности, болезней эндокринной системы и обмена веществ, нервной, костно-мышечной систем, кожи и подкожной клетчатки, органов пищеварения (гепатобилиарной системы), ишемической болезни сердца, развития новообразований. Бо-

лее выраженные нарушения здоровья среди персонала, усиливавшиеся после прекращения контакта с Vx, отмечены у женщин по сравнению с мужчинами.

4. Профессиональный риск на бывшем производстве Vx по показателям потенциального (условия труда) и реального рисков (показатели заболеваемости) по степени доказанности относится к категории 1А – доказанный.

Литература

1. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки. Руководство Р 2.2.1766-03. М. 2003. 23 с.

2. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Руководство Р. 2.1.10.1920-04. М. 2004. 143 с.

3. Могиленкова Л.А., Николаев А.И., Туржова Е.Б. Проблема оценки риска при воздействии химических веществ // 3-й Съезд токсикологов России: Тезисы докладов. М. 2008. С. 183–186.

4. Рембовский В.Р., Могиленкова Л.А., Туржова Е.Б. Оценка потенциального риска при воздействии

химических веществ // Медицина экстремальных ситуаций. 2009. № 2 (28). С. 64–70.

5. Ткачев В.В. Порядок определения класса профессионального риска // Матер. Всерос. конф. М.: Изд. ООО «Ред. изд. «Соц. страхов», 2000. С. 126–133.

6. Ткачева Т.А., Карпухина Е.А., Каютина С.В. Оценка потенциального риска развития вредных эффектов при воздействии химического фактора на основе различных токсикологических параметров // Мед. труда. 2008. № 6. С. 69–74.

7. ГН 2.2.5.1371-03 Гигиенические нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны объектов хранения и уничтожения химического оружия. Зарегистрировано в Минюсте России 16 июня 2003 г. Регистрационный № 4690.

8. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. Руководство Р 2.2.2006-05. М. 2005. 142 с.

9. Игнатьев Ю.А., Александрова М.Л., Кульбицкий Г.Н., Бабаин Е.В. Интегральный индекс техногенного загрязнения как мера химической безопасности потребляемой человеком продукции // Труды института токсикологии, посвященные 75-летию со дня основания. 2010. С.141–148.

**Обеспечение медико-экологической безопасности
при уничтожении химического оружия – актуальная проблема
промышленной медицины**

© 2011. В. Л. Филиппов, д.м.н., зав. лабораторией, Е. Н. Нечаева, к.м.н., в.н.с.,
Н. В. Криницын, д.м.н., в.н.с., Ю. В. Филиппова, к.м.н., в.н.с.,
Е. С. Касьяненко, н.с., О. Н. Колзукова, н.с., Д. В. Трегубов, н.с.,
Научно исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека
Федерального медико-биологического агентства,
e-mail: gpech@fmbamail.ru; niigpech@rihophe.ru

В статье представлены вопросы исследования обеспечения медико-экологической безопасности при уничтожении химического оружия как актуальной проблемы промышленной медицины с использованием унифицированных программных методов изучения окружающей среды, состояния здоровья и качества жизни населения.

The article presents the problems of studying welfare and medical-ecological safety during chemical weapon destruction. It is an actual problem of Occupational Medicine that requires unified program methods of environment, health and life quality of the population survey.

Ключевые слова: зона защитных мероприятий, комплексная оценка состояния здоровья, психическое здоровье населения, заболеваемость

Key words: zone of protective measures, complex health evaluation, psychological wealth of population, chemical weapons, morbidity

Сегодня во всем мире начинают понимать, что хорошее здоровье и благосостояние людей не могут быть достигнуты в условиях опасной и постоянно ухудшающейся окружающей среды, а свободный доступ людей к медицинской помощи не даёт возможности нейтрализовать отрицательные последствия ухудшения среды обитания человека. Проблема сохранения и укрепления здоровья населения, обеспечение химической безопасности являются приоритетом национальной политики России.

Принцип обеспечения безопасности населения, проживающего в зоне защитных мероприятий (ЗЗМ) объектов по уничтожению химического оружия (УХО), является основополагающим при организации динамического наблюдения за состоянием их здоровья.

Комплексный медико-экологический мониторинг – это система анализа, оценки, прогноза, динамического наблюдения за состоянием здоровья как отдельных групп населения, так и индивидуально каждого человека и среды обитания с целью выявления причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и воздействием факторов среды обитания, в том числе и химического фактора. В электронном виде система должна осуществлять хранение, пере-

дачу, ввод и анализ информации, полученной при оценке состояния здоровья и эколого-гигиенических условий.

В рамках выполнения задачи по профилактике и прогнозированию воздействия вредных факторов на население, проживающее вблизи объектов по УХО, предусмотрено применение принципиально новых подходов к методологии мониторинга состояния здоровья.

Применение автоматизированных медицинских систем и комплексов для оценки состояния здоровья больших контингентов населения наряду с общепринятыми клиническими и лабораторными методами позволяет снизить или исключить вредное влияние химически опасных веществ.

Задача специального медико-экологического комплексного мониторинга – профилактика и раннее обнаружение неблагоприятного воздействия отравляющих веществ на здоровье населения, проживающего в ЗЗМ объектов по УХО [1 – 4]. Обеспечение медико-экологической безопасности при УХО – актуальная проблема современной медицины.

В ряду различных оценок общественного здоровья, данных показателей индивидуального соматического и психического здоровья,

результатов эколого-гигиенических исследований мониторинг здоровья использует субъективные характеристики качества жизни и факторов окружающей среды.

Цель исследования – определить основные направления обеспечения эколого-гигиенической безопасности при уничтожении химического оружия.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- создание системы мониторинга с использованием мощностей информационных систем;
- оценка условий проживания и качества жизни;
- субъективная характеристика состояния здоровья;
- осмотр населения врачами-специалистами по программам клинических и лабораторных исследований.

Методика выполнения исследований

Комплексность исследования достигалась тремя путями:

1) одновременным исследованием экологической ситуации и состояния здоровья;

2) изучением трёх уровней биологической системы, то есть кроме состояния здоровья отдельных лиц изучалось состояние отдельных органов и систем (нервной, сердечно-сосудистой, психической сферы, крови и др.) и проводилась оценка показателей качества жизни;

3) множественностью и полнотой изучения показателей общественного и индивидуального здоровья.

Обследования проводились на базе ЦРБ Оричевского и Котельничского районов Кировской области, Почепского района Брянской области, п. Леонидовка Пензенской области. Объём исследования составил: п. Оричи – 2561 человек, г. Котельнич – 2478 человек, г. Почеп – 627 человек, п. Леонидовка – 469 человек.

Изучение состояния общественного и индивидуального здоровья представительной выборки взрослого населения, проживающего в ЗЗМ (индикаторная группа), проводилось методом комплексного специализированного экспедиционного исследования санитарно-гигиенических условий, ретроспективного и перспективного наблюдения за показателями общей заболеваемости, заболеваемости с временной утратой трудоспособности (ВУТ), распространённости хронических соматических болезней и специализированного меди-

цинского осмотра по специальной программе клинического обследования.

Данные о результатах осмотра занесены на унифицированные носители информации, утверждённые приказом ФМБА России № 141з от 05.11.04 года.

Результаты исследований

Система медико-экологического мониторинга обеспечения безопасности здоровья населения при УХО предполагает мощные информационные потоки, требующие применения низко инерционных датчиков, применения современных методов приёма, хранения, обработки, передачи информации и её представления в удобном для пользователя виде.

Отличием создаваемой в НИИ ГПЭЧ системы мониторинга за состоянием здоровья населения ЗЗМ объектов УХО и окружающей среды является её целенаправленный характер по раннему выявлению воздействия неблагоприятных факторов среды обитания, в том числе и химического фактора на здоровье как отдельных групп населения, так и индивидуально каждого человека, оценке риска здоровью людей. Достоверно информативные данные о влиянии факторов окружающей среды на здоровье населения могут быть представлены в результате индивидуального анкетирования обследуемых лиц по специально разработанной программе оценки условий проживания и качества жизни.

Целесообразно ввести понятие комплексного медико-экологического мониторинга именно для систем динамического наблюдения создаваемых в ЗЗМ объектов УХО. Система мониторинга в этом случае включает в себя комплекс показателей, характеризующих, кроме прочих, ещё и возможное воздействие на организм человека отравляющих веществ, подлежащих уничтожению, продуктов их деструкции и детоксикации.

Создаваемый информационно-аппаратный комплекс «Мониторинг здоровья населения ЗЗМ» базируется на программных файлах информационно-аналитической системы, представляющей собой расширяемую распределённую систему, построенную по архитектуре «клиент – сервер». Система предназначена для хранения, передачи, обработки и анализа информации, содержащейся в специальных базах данных о состоянии здоровья, физиологическом и социальном статусе, вредных факторах условий труда и среды обитания населения ближайших территорий ЗЗМ.

Применение единой системы сбора и регистрации данных позволяет обеспечить преемственность и однотипность оценки медико-экологического благополучия населения на различных административных территориях Российской Федерации, а введение собственных приоритетных как объективных, так и субъективных показателей создаёт полную и специфическую характеристику конкретной территории наблюдения.

Значимыми моментами ведения мониторинга здоровья населения являются ведение персонифицированных баз данных и последовательное расширение спектра контролируемых факторов в составе медико-экологических исследований. Мониторинг социальных, санитарно-гигиенических и эпидемиологических исследований обеспечивает мониторинговой системе требуемую гибкость. Система динамических наблюдений предоставляет в распоряжение специалистов профессиональный инструмент для решения наиболее актуальных проблем обеспечения медико-экологической безопасности при УХО – актуальной проблемы промышленной медицины и охраны общественного здоровья [5, 6].

Система специального мониторинга в районах ЗЗМ объектов УХО является профилактической и арбитражной, поскольку в последней «инстанции» позволит решить вопрос о безопасности среды обитания в процессе уничтожения химического оружия.

Оценка состояния здоровья населения проводится до начала ввода в эксплуатацию объекта по УХО для определения «нулевой отметки», относительно которой в последующем должны оцениваться все изменения здоровья в период его эксплуатации и после прекращения деятельности объекта (в течение 5 лет). Анализ заболеваемости «допускового периода» позволит установить пороговый уровень заболеваемости для каждой нозологической формы [7].

Наличие информации о факторах качества жизни – необходимое условие для дифференцирования связи состояния здоровья населения с условиями проживания, работы, питания и, в дальнейшем, с функционированием объектов УХО. Принимая во внимание высокую значимость социальных, бытовых, материальных условий проживания, поведенческие реакции и напряжённую психологическую обстановку в ЗЗМ, в программе предусмотрены модули для проведения мониторинга различных аспектов жизни населения.

Рост интереса к вопросам качества жизни связан с разработкой теории глобальных экологических проблем современности, уничтожением химического оружия, снижением топливно-энергетических ресурсов, значимостью институционального фактора, ростом дефицита природных и трудовых ресурсов, кризисом здоровья населения.

Повседневная жизнь человека, включая духовную, производственную, творческую, семейную и т. д., сопровождается истощением биологических, психофизиологических и социальных резервов организма, приводя к болезни. К снижению качества жизни приводит проживание на экологически неблагоприятных территориях. При адаптации к проживанию на таких территориях необходимо учитывать не только приспособление человека к среде, но и преобразование среды, корректируя тем самым его качество жизни. Полная адаптация произойдет лишь в том случае, когда качество жизни контролируемых территорий будет не ниже таковой в других районах проживания. Существенно, что образ жизни может в данном случае быть и отличным, т. е. характеризоваться своей спецификой.

Качество жизни как интегральный показатель физического, психологического, эмоционального и социального функционирования человека, основанный на его субъективной оценке, является важным показателем состояния здоровья.

Важной характеристикой качества жизни являются медико-социальные показатели, к которым относятся демографические данные, состав семьи, жилищно-бытовые условия, уровень образования, условия труда, наличие вредных и опасных факторов на рабочем месте, организация отдыха, режим, структура и качество питания, общественная деятельность, физическая активность и материальное положение.

Базы данных программного исследования качества жизни включают субъективную оценку состояния здоровья населения и источников возможного его ухудшения.

Для выявления взаимосвязей «здоровье населения – среда обитания» запланировано введение в программу блока данных о химической нагрузке территории. В качестве основания принимаются сведения инвентаризации годовых данных валовых выбросов в атмосферу (по форме 2ТП «Воздух»), сбросов промышленных и хозяйственно-бытовых вод в водоёмы от источников промышленных предприятий (по форме 2ТП «Водхоз»), жилых массивов, сельскохозяйственных, транс-

портных объектов и коммуникаций в ЗЗМ, практически всех контролируемых центрами Госсанэпиднадзора источников промышленных выбросов на территории ЗЗМ.

Программа «Мониторинг здоровья населения ЗЗМ» разработана с помощью языков программирования Borland Delphi 6, на основе использования системы управления базами данных MS SQL Server 7.

При работе информационных автоматизированных систем используют сетевую архитектуру «клиент-сервер». При использовании данной архитектуры необходимо наличие центрального компьютера – сервера, обеспечивающего: хранение, обработку и управление данными. Рабочее место (клиент) обеспечивает графический интерфейс пользователя и лишь отправляет серверу список задач, которые необходимо выполнить, а в ответ принимает уже обработанные данные.

Система управления базами данных MS SQL Server 7, построенная по архитектуре «клиент – сервер», поддерживает возможности централизованного хранения и изменения данных на главном компьютере сети – сервере, обеспечивает увеличение скорости работы с базой данных, а также удобное администрирование с помощью инструментов SQL Server.

Передача данных по сети Интернет осуществляется с помощью службы электронной почты (протоколы POP3, SMTP).

Информационная автоматизированная система наряду с выполнением таких задач, как ввод, просмотр, редактирование, фильтрация, сортировка, автоматическая проверка, коррекция и анализ данных, выполняет генерацию отчетов и построение диаграмм и графиков заболеваемости.

Возможно также расширение и обновление программ.

Качество жизни как интегральный показатель физического, психологического, эмоционального и социального функционирования человека, основанный на его субъективной оценке, является важным показателем состояния здоровья. Показатели качества жизни раскрывают как индивидуальное, так и социальное разнообразие потребностей человека, его потенциал всестороннего, гармонического творческого развития. Важной характеристикой качества жизни являются социальные показатели, к которым относятся медико-демографические данные, состав семьи, жилищно-бытовые условия, образование, отдых, питание, социальная деятельность, физическая активность и материальное положение. Социальная характеристика исследованного контингента показала, что более половины исследуемого взрослого населения имели среднее общее или специальное образование (58,2%). Доля лиц с низким уровнем образования составляла 22,5% (рис. 1).

О семейном положении опрошенных можно сказать, что 57,8% лиц находились в браке. Состав семей преимущественно включал двух членов (35,6%), что также представлено на рисунке 1.

Население исследуемого района проживало преимущественно в собственных домах (72,7%). При этом каждый четвертый (26,2%) проживал в благоустроенных квартирах (рис. 2).

Жилая площадь на одного члена семьи в большинстве превышала 13 квадратных метров (69,4%). Половина взрослого населения имела в домах водопровод (54,8%). У каждого

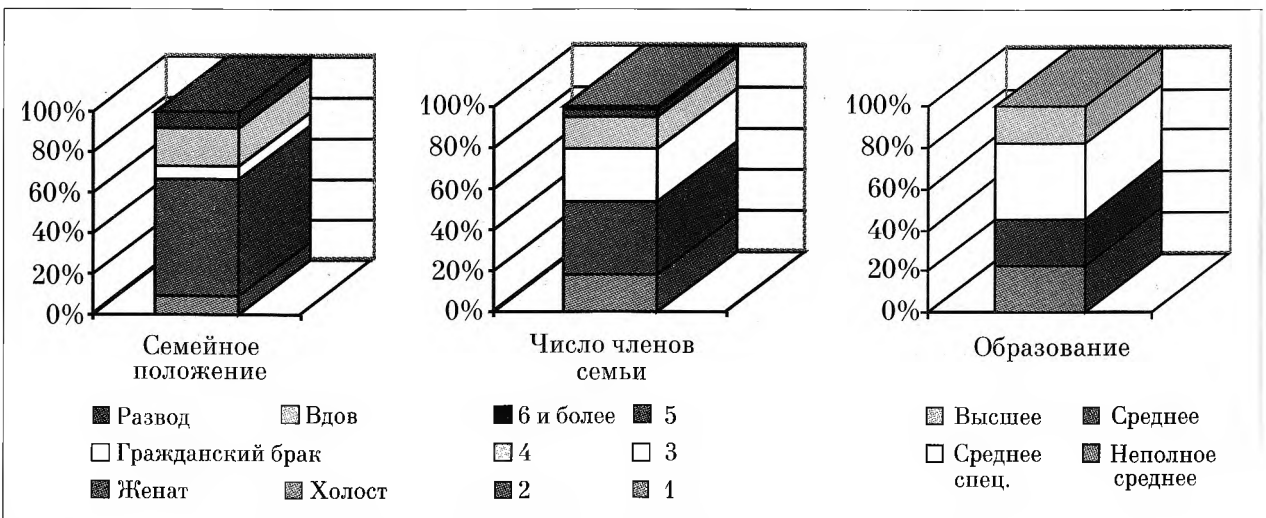


Рис. 1. Социальная характеристика исследуемых регионов

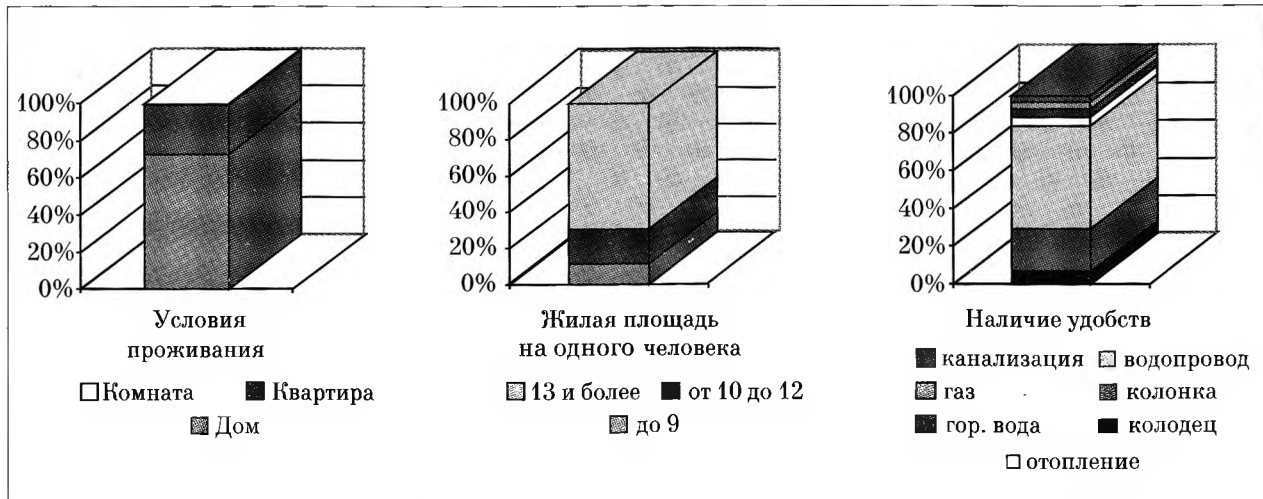


Рис. 2. Характеристика жилищно-бытовых условий взрослого населения

четвёртого в домах имелась отопительная колонка (22,6%). Наличие горячей воды в квартирах отмечали 4,1%, канализации – 3,4% опрошенных. Газ имелся лишь у 3,7% населения.

Основным местом работы лиц трудоспособного возраста были учреждения образования, здравоохранения и культуры (26,3%), промышленное производство (11,3%) и предприятия торговли и питания (7,9%). Основным местом работы занятого населения являлись: школы, больницы, хлебозавод, администрация, магазины и рынки. В сельском хозяйстве было занято незначительное число населения (1,1%).

Удельный вес работников различных специальностей составил 57,8%. Каждый четвёртый работающий (22,6%) был занят по специальностям образования, здравоохранения и культуры, 12,0% относились к специальностям технического профиля, работники сферы обслуживания составляли 7,1%. Лица, не работавшие на момент проведения осмотра (пенсионеры, учащиеся и безработные), составляли 42,2%.

При этом 44,3% опрошенных отмечали длительный контакт на производстве с вредными и опасными факторами (запылённость, химические вещества, шум, вибрация, электромагнитное поле и ионизирующая радиация, высокая или низкая температура и влажность воздуха, тяжёлые физические нагрузки, нервно-эмоциональное напряжение). Поведенческий фактор является одной из важнейших составляющих качества жизни. Характер поведенческих реакций определяют курение, употребление алкоголя, отношение к крепким спиртным напиткам, занятия физи-

ческими упражнениями, а также режим и качество питания.

Более половины опрошенных не курили (81,6%). Большинство таких определялось среди женщин (91,8% против 47,7% среди мужчин). Половина опрошенных лиц не занимались физическими упражнениями (51,9%). Вместе с тем каждый третий (34,5%) занимался физическими упражнениями не систематически.

Качество жизни населения определяется комфортностью существования в определённых социально-экономических условиях, в частности, удовлетворённостью, состоянием конфликтности, возможностью выполнения необходимого объёма работы в сфере профессиональной деятельности и в быту, наличия усталости и пр. Исследованные нами показатели качества жизни выявили, что подавляющее большинство взрослого населения удовлетворено (полностью или частично) жи-

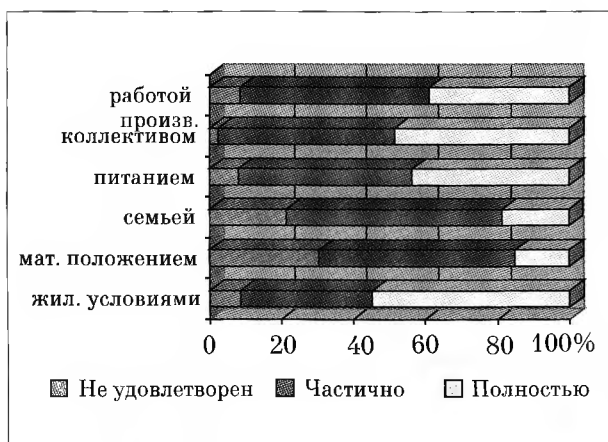


Рис. 3. Степень удовлетворённости семейными, жилищными и производственными условиями

лицными условиями, питанием, своей работой, а также взаимоотношениями в коллективе, что представлено на рисунке 3.

Жилищные условия удовлетворяли полностью 54,9% опрошенных. Полное удовлетворение питанием высказали 43,4% опрошенных. Удовлетворение по поводу своей работы высказывали 38,8% и взаимоотношениями в коллективе – 48,3%. Более высокую степень удовлетворения своей работой и взаимоотношениями в коллективе высказывали мужчины преимущественно в возрасте от 30 до 59 лет. Меньшее число удовлетворённых определялось в группах изучения материального положения и семейно-бытовых отношений. Полностью удовлетворены материальным положением 15,0%, а семейно-бытовые отношения полностью устраивали 18,4% опрошенных. Именно в этих группах выявлялся наибольший процент неудовлетворённых: материальным положением – 30,6%, семейно-бытовыми отношениями – 21,5%. Менее всего неудовлетворённых определялось в группах изучения производственных взаимоотношений в коллективе (2,5%). Не удовлетворены своей работой 8,7%, а питанием – 8,1%.

Субъективная оценка здоровья является одной из составляющих качества жизни, отражает как степень комфортности существования личности в определённых социально-экономических условиях, так и степень объективного влияния факторов окружающей среды химической, физической и биологической природы на соматическое и психическое состояние здоровья человека и личности. Настораживает, что лишь 4,1% респондентов дали отличную и 2,6% очень хорошую оценку состояния своего здоровья. Каждый второй (48,6%) оценил своё здоровье, как посредственное, а каждый четвёртый (25,9%) – как плохое.

Более высокие оценки своему здоровью поставили мужчины. На «отлично» и «очень хорошо» оценили своё здоровье 15,7% мужчин и лишь 4,0% женщин. Плохие оценки здоровью выставили 16,1% мужчин и 28,8% женщин. С возрастом самооценка здоровья опрошенных ухудшалась. Обращает на себя внимание, что более половины молодых лиц (от 30 до 39 лет) оценили своё здоровье как посредственное (54,2%).

В течение последнего года половина опрошенных (55,8%) отметила ухудшение здоровья. При этом 19,1% лиц указывали на значительное ухудшение здоровья. Лишь 4,3% опрошенных отметили значительное улуч-

шение здоровья за последний год. Причинами ухудшения своего самочувствия чаще всего респонденты отмечали загрязнение окружающей среды (24,6%), низкий материальный уровень (22,5%), неблагоприятные условия труда (19,5%), усилия самого человека (11,1%) и наследственность (6,2%).

Для углублённой характеристики самооценки здоровья был проведён анализ ранжированной оценки самочувствия. На первом месте оказались лица, имеющие 50–59% здоровья (23,2%), на втором месте были лица с самооценкой здоровья 40–49% (18,5%), третье и четвёртое места занимали лица с высокой самооценкой здоровья – от 70% до 79% (13,2%) и от 80% до 89% (10,0%).

Лица, отметившие отличное и очень хорошее здоровье, чаще были удовлетворены питанием (91,7%), семейно-бытовыми отношениями (83,4%), жилищными условиями (75,0%) и материальным положением (62,5%). Выявлена прямая и сильная корреляционная связь между самооценкой здоровья и удовлетворённостью материальным положением, жилищными условиями и отсутствием семейно-бытовых конфликтов ($p < 0,05$).

Заключение

Для обеспечения безопасности населения, проживающего в ЗЗМ объектов по уничтожению химического оружия, необходимым является комплексный медико-экологический мониторинг. Данную систему следует использовать для анализа, оценки, прогноза, динамического наблюдения за состоянием здоровья как отдельных групп населения, так и индивидуально каждого человека и среды обитания с целью выявления причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и воздействием факторов среды обитания, в том числе и химического фактора. Мониторинговая система должна осуществлять хранение, передачу, ввод и анализ информации, полученной при оценке состояния здоровья и эколого-гигиенических условий.

В рамках выполнения задачи по профилактике и прогнозированию воздействия вредных факторов на население, проживающего вблизи объектов по УХО, предусмотрено применение принципиально новых подходов к методологии мониторинга состояния здоровья. Необходимо включать в комплекс динамического наблюдения вопросы субъективной оценки состояния своего здоровья и факторов качества жизни, включающих сте-

пень удовлетворённости различными сторонами жизни населения. Учитывая интегральность и высокую информативность показателей качества жизни, а также простоту проведения обследований, следует ожидать большую результативность исследований по обеспечению безопасности населения, проживающего на территории ЗЗМ объектов по уничтожению химического оружия. Качество жизни определялось согласно специально разработанной программе, включающей такие психометрические характеристики качества жизни, как надёжность, валидность и чувствительность. В число основных индикаторов включались общие данные, состав семьи, бытовые условия, образование, отдых, питание, труд, социальная деятельность, медико-санитарное обслуживание, физическая активность, факторы риска (вредные привычки), социальная поддержка (материальное положение).

Применение автоматизированных медицинских систем и комплексов для оценки состояния здоровья больших контингентов населения наряду с общепринятыми клиническими и лабораторными методами позволяет экспертно оценить вредное влияние химически опасных веществ.

Работы по мониторингу здоровья населения в ЗЗМ объекта по УХО целесообразно продолжить для достижения большей репрезентативности, выделения групп риска и нара-

ботки индивидуальных норм параметров специальных исследований взрослого населения, проживающего в ЗЗМ.

Литература

1. Измеров Н.Ф., Денисов Э.И., Молодкина Н.Н. Основы управления риском ущерба здоровью в медицине труда // Медицина труда и промышленная экология. 1998. № 3. С. 1–9.
2. Измеров Н.Ф., Денисов Э.И., Сивочалова О.В., Радионова Г.К. Проблема взаимосвязи профессионального риска и профессионально обусловленных заболеваний // Предпатология: проблемы и решения. Минск: Белорусская наука, 2000. С. 45–57.
3. Измеров Н.Ф., Денисов Э.И., Молодкина Н.Н., Радионова Г.К. Методология оценки профессионального риска в медицине труда // Медицина труда и промышленная экология. 2001. № 12. С. 1–7.
4. Харитонов В.И. О клинической трактовке эффектов ведущего неблагоприятного фактора при многофакторном интенсивном воздействии // Медицина труда и промышленная экология. 1995. № 7. С. 20–21.
5. Protection of Workers Personal Data: An ILO Code of Practice.-Geneva, 1997.
6. International Code of Ethics for Occupational Health Professionals.-Singapore, 1996.
7. Покровский В.И. Современные проблемы экологически и профессионально обусловленных заболеваний // Медицина труда и промышленная экология. 2003. № 1. С. 2–6.

Оценка состояния здоровья работников объектов хранения и уничтожения химического оружия в динамике

© 2011. Т. А. Конева, к.м.н., с.н.с., А. А. Павлова, с.н.с., А. Н. Федорченко, с.н.с.,
 О. А. Прохоренко, н.с., С. В. Шкреттиенко, н.с., Г. К. Сердюкова, н.с.,
 М. Н. Пименова, к.б.н., в.н.с., Л. В. Янно, д.м.н., с.н.с.,
 Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека
 Федерального медико-биологического агентства,
 e-mail: gpech@fmbamail.ru; niigpech@rihophe.ru

Статья отражает динамику состояния здоровья работников объекта по хранению и уничтожению химического оружия за 2 года. Оценка состояния здоровья проведена на основе использования широкого спектра клинико-инструментальных методов диагностики, направленных на выявление признаков воздействия фосфорорганических отравляющих веществ.

The article shows the dynamics of health state of people who have been working in chemical weapon storage and destruction plants for 2 years. Health state was assessed on the basis of wide range of clinic instrumental methods of detecting signs of organophosphorous agents exposure.

Ключевые слова: обследование, фосфорорганические отравляющие вещества, объект уничтожения и хранения химического оружия, здоровье, экспертиза

Key words: examination, organophosphorous agents, chemical weapons storage and destruction plant, health, expertise

Формирование государственной политики по охране и укреплению здоровья здоровых и практически здоровых лиц является одной из приоритетных задач отечественной системы здравоохранения [1]. Актуальность решения этой проблемы особенно значима у лиц, работающих на объектах по хранению и уничтожению химического оружия (ОХУХО). Особые условия деятельности на объекте по уничтожению химического оружия (ХО), связанные с комбинированным воздействием на персонал неблагоприятных факторов, приводят к напряжению регуляторных механизмов и функциональных систем организма человека, что представляет реальную угрозу для здоровья [2, 3].

В свою очередь хронические стрессовые ситуации, имеющие место на ОХУХО, также могут дать толчок к возникновению различных патологических состояний, таких как сердечно-сосудистые катастрофы, инсульт, желудочно-кишечные заболевания, диабет, репродуктивные нарушения, снижение иммунитета, преждевременное старение и депрессия [4]. На начальном этапе сердечно-сосудистая патология протекает «под маской» психо-вегетативных нарушений, которые являются независимым

фактором риска сердечно-сосудистых заболеваний [5, 6].

При наличии данных о несомненной роли полиморбидной сердечно-сосудистой патологии (сочетание ишемической болезни сердца и/или гипертонической болезни I-II стадии с психо-вегетативными нарушениями и остеохондрозом) в механизмах преждевременного старения вопросы течения этой патологии у лиц, подвергающихся воздействию комплекса профессиональных факторов на ОХУХО, недостаточно изучены [7]. Поэтому при обследовании указанных выше контингентов, наряду с устоявшимися и привычными методами обследования, целесообразно включать исследования, позволяющие выявлять нарушения организма на ранних стадиях или имеющие специфический характер по отношению к воздействию ХО.

Кроме того, применение дополнительных методов обследования у лиц до их контакта с токсическими веществами (в частности с фосфорорганическими отравляющими веществами – ФОВ) и сравнение полученных результатов с последующими данными о состоянии их здоровья может способствовать дальнейшему изучению вышеуказанных аспектов, а также даёт возможность проследить связь

развития заболеваний с профессиональной деятельностью.

Цель работы – проведение обследования работников объектов хранения и уничтожения химического оружия (ФОВ–Vх) в динамике.

Для выполнения указанной цели было предусмотрено решение следующих задач:

- провести сравнительный анализ результатов комплексного клиничко-инструментального и лабораторного обследования работников ОХУХО «Марадыковский» Кировской области в различные периоды эксплуатации (2007, 2008 гг.) данного объекта;
- по результатам сравнительного анализа провести экспертизу по установлению причинной связи выявленных заболеваний у работников ОХУХО «Марадыковский».

Материалы и методы

Обследование работников ОХУХО «Марадыковский» проводилось согласно разработанной в Центре профпатологии программе и включало терапевтический, неврологический осмотр, электрокардиографию, электронейромиографию, вибротестирование, ультразвуковое исследование органов брюшной полости, пупиллометрию, цитогенетическую, иммунологическую диагностику, определение активности холинэстераз крови и оценку биологического возраста.

Статистическая обработка материала проводилась программой «БиоСтат 2007» для анализа качественных признаков методом исследования критического значения хи-квадрат в сопряжённых таблицах. При незначительном числе наблюдений, когда доля клеток с ожидаемыми числами менее 5 не превышала 20%, был использован точный критерий Фишера. Для анализа количественных признаков использовался Т-критерий Стьюдента для независимых выборок [8, 9, 10].

Терапевтический осмотр осуществлялся по классическим канонам терапевтического обследования. Неврологический осмотр проводился согласно установленному порядку проведения данного осмотра с оценкой состояния черепных нервов, двигательных и чувствительных функций, рефлекторной сферы, проверкой вегетативных функций, глубиной (вибрационной) чувствительности с использованием камертона с частотой 128 Гц [11]. Параллельно с неврологическим осмотром проводилось вибротестирование, оценивающее состояние глубокой (вибрационной) чувствительности, на аппарате ВТ-02-1

«Вибротестер-МБН» в автоматическом режиме на частотах 63, 125, 250 Гц [12].

Для оценки функционального состояния периферических нервов и мышц с указанием степени и характера нарушенных функций был использован электронейромиограф (аппарат «Viking Qwest» фирмы Nicolet) [13, 14].

Ультразвуковая (УЗ) диагностика органов брюшной полости проводилась на портативном ультразвуковом сканере «SLE-701» согласно методическим рекомендациям [15].

Пупиллометрическое обследование позволяло по реакции зрачков на световой стимул оценить функциональное состояние нервной системы, которая, как известно, одна из первых реагирует на интоксикацию ФОВ [16].

Определение активности холинэстераз крови (ацетилхолинэстеразы – АХЭ и бутирилхолинэстеразы – БХЭ) было проведено с помощью автоматизированного прибора «Гранат-3». Прибор разработан в НИИ ГПЭЧ совместно с НИИ «Химаналит» и ООО «ЛБМ» [17].

Для электрокардиографической (ЭКГ) диагностики использовался аппарат Fucuda-3010 (Япония). При данном исследовании выделяли следующие ЭКГ-показатели: характер ритма, проведения, наличие гипертрофий, блокад, электролитных нарушений и др. [18].

Определение биологического возраста (БВ) проводилось по методике, предложенной институтом геронтологии АМН СССР [19, 20].

Исследования иммунного статуса включали оценку клинического анализа крови, определение относительного числа субпопуляций мононуклеаров в периферической крови с использованием иммуноцитохимического метода [21]. Исследование содержания иммуноглобулинов классов (IgA, IgM, IgG, IgE) в сыворотке крови проводилось методом иммуноферментного анализа (ИФА). Кроме того, определялись циркулирующие иммунные комплексы (ЦИК), и проводилась оценка неспецифической резистентности организма (нейтрофильный фагоцитоз с частицами зимозана) [22, 23].

Цитогенетическое исследование проводили методом учёта клеток с микроядрами в слушающихся клетках эпителия слизистой полости рта и учёта клеток с морфологическими ядерными аномалиями (протрузии, амитоз, двуядерность) [24].

Динамика результатов обследования работников 1205 объекта уничтожения химического оружия пос. Мирный (данный объект функционирует с 2006 г.) оценивалась с

учётом пола и сопоставления результатов двух годичных обследований: 2007 и 2008 годов. В динамике было обследовано 42 человека (12 женщин и 30 мужчин) в возрасте от 22 до 55 лет. Средний возраст обследованных составил – 36,5 года (средний возраст женщин – 39,7 года; средний возраст мужчин – 35,2 года). Степень контакта у работников объекта УХО пос. Мирный при статистической обработке материалов не учитывалась, так как из мужчин, прошедших повторное обследование, 28 человек работали аппаратчиками в большей степени контакта с ФОВ (БСК) и только двое были заняты в меньшей степени контакта с ФОВ (МСК). Из женщин, в свою очередь, с БСК с ФОВ никто не работал, 8 человек работали в МСК с ФОВ, а четверо – в условно чистой зоне, то есть без контакта с ФОВ. Поэтому сравнивать эти неравнозначные по степени контакта группы было бы некорректно. Степень контакта с ФОВ принималась во внимание при проведении экспертизы связи выявленных заболеваний с производственной деятельностью и при рекомендациях о направлении для обследования работников объекта уничтожения химического оружия пос. Мирный в Центр профпатологии.

Результаты

Анализ терапевтического осмотра выявил, что в 2008 году по сравнению с 2007 годом возросло (с 74,4 до 82,1%) число работников, не предъявляющих каких-либо жалоб на своё самочувствие. На первом ранговом месте по частоте встречаемости из всех предъявляемых субъективных симптомов, что и в 2007 году, находятся жалобы на повышение уровня артериального давления (АД) и массы тела, затем следуют жалобы, указывающие на поражение пищеварительной системы: изжога, горечь во рту, вздутие живота и т. п. Доля работников, признанных практически здоровыми, в 2008, по сравнению с 2007 годом увеличилась с 66,6 до 71,8%, что, вероятно, можно объяснить уменьшением частоты патологии со стороны желудочно-кишечного тракта (в частности снижением количества случаев гастрита). Другие соматические заболевания, выявленные у работников объекта УХО пос. Мирный, остались практически на прежнем уровне в соответствии с рисунком 1.

При анализе неврологических жалоб у обследованных лиц в 2008 году также отмечена тенденция к уменьшению жалоб (с 59,5% в 2007 году до 47,6% – в 2008 году) как в це-

лом, так и по отношению к отдельным системам организма без статистически значимых различий в соответствии с рисунком 2.

Подобная закономерность касается мужчин, где частота жалоб в целом уменьшилась или осталась на прежнем уровне в соответствии с рисунком 3. Первое ранговое место среди жалоб принадлежит дорсалгиям, второе – в 2007 г. определяли вазомоторные нарушения в конечностях, а в 2008 г. их частота снизилась в 3 раза. Третье место заняли жалобы на парестезии и на повышение АД.

В женской группе отмечено увеличение частоты жалоб на артралгии (на 8,3%) и вазомоторные нарушения в конечностях (на 16,7%). Все остальные жалобы уменьшились или остались без динамики в соответствии с рисунком 4.

Проявления и частота объективной неврологической симптоматики за два года остались без существенной динамики как в целом, так и с учетом половой принадлежности в соответствии с рисунками 5, 6, 7. В структуре негативной неврологической симптоматики по частоте выявляемости преобладают угнетение брюшных рефлексов, гипергидроз конечностей, нарушения вибрационной чувствительности в ногах по полиневритическому типу.

Анализ диагнозов за 2 года выявил уменьшение частоты практически здоровых работников в 2008 году, число которых снизилось на 20% в соответствии с рисунком 8.

В основном это произошло за счёт статистически значимого уменьшения практически здоровых мужчин по сравнению с 2007 годом ($P < 0,01$), но тем не менее подобное не приве-

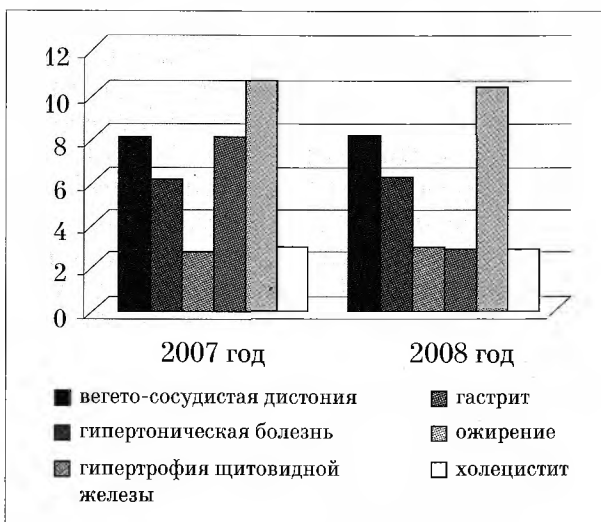


Рис. 1. Структура и частота встречаемости терапевтических диагнозов у работников ОХУХО в динамике за 2007–2008 годы, (%)

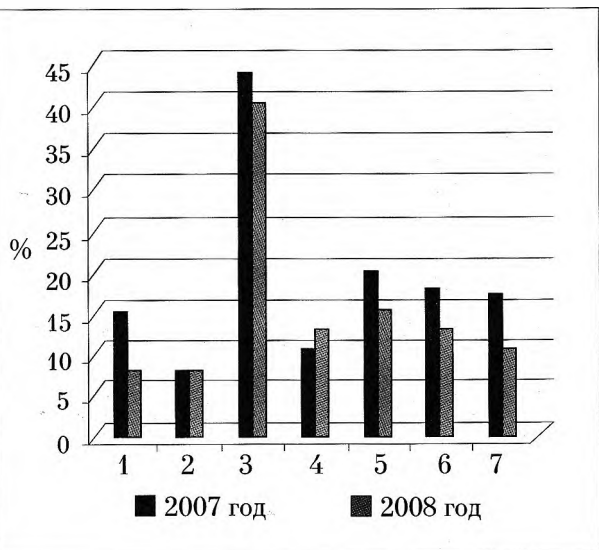


Рис. 2. Структура и частота распределения жалоб (по данным невролога) у работников ОХУХО за 2007–2008 годы, (%)
(1 – повышение АД, 2 – головные боли, 3 – дорсалгии, 4 – артралгии, 5 – парестезии, 6 – вазомоторные нарушения, 7 – психоэмоциональные нарушения)

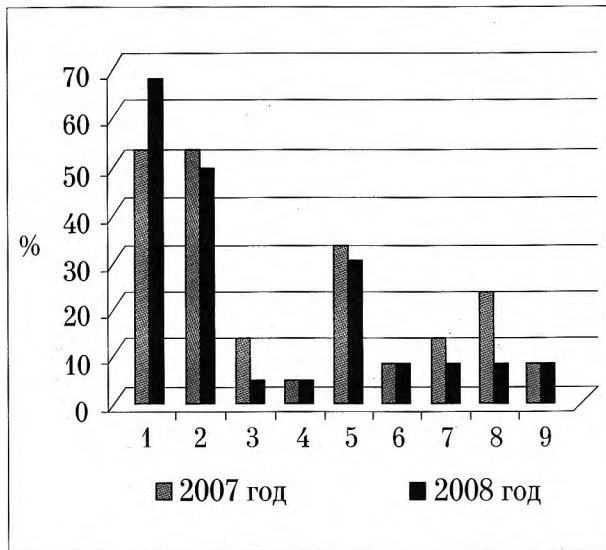


Рис. 3. Структура и частота распределения жалоб (по данным невролога) у мужчин ОХУХО за 2007–2008 годы, (%)
(1 – отсутствие жалоб, 2 – наличие жалоб, 3 – повышение АД, 4 – головные боли, 5 – дорсалгии, 6 – артралгии, 7 – парестезии, 8 – вазомоторные нарушения, 9 – психоэмоциональные нарушения)

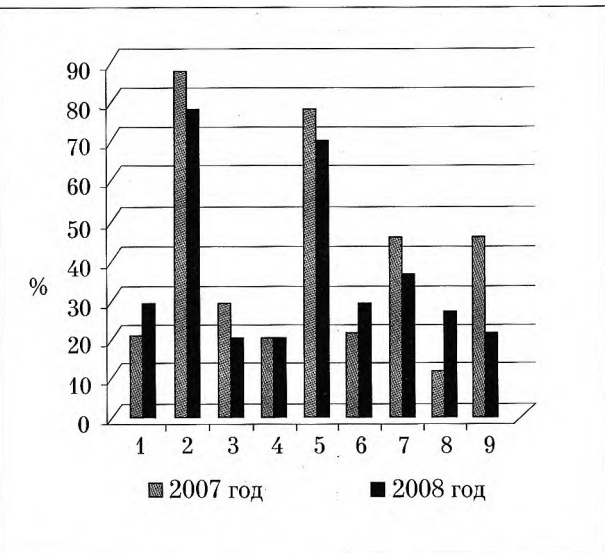


Рис. 4. Структура и частота распределения жалоб (по данным невролога) у женщин ОХУХО за 2007–2008 годы, (%)
(1 – отсутствие жалоб, 2 – наличие жалоб, 3 – повышение АД, 4 – головные боли, 5 – дорсалгии, 6 – артралгии, 7 – парестезии, 8 – вазомоторные нарушения, 9 – психоэмоциональные нарушения)

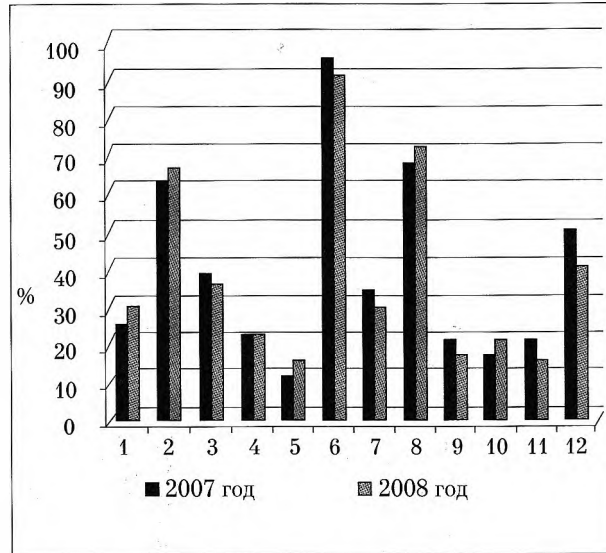


Рис. 5. Структура и частота объективных неврологических симптомов у работников ОХУХО за 2007–2008 годы, (%)
(1 – симптомы орального автоматизма, 2 – угнетение брюшных рефлексов, 3 – угнетение подошвенных рефлексов, 4 – угнетение ахилловых рефлексов, 5 – дермографизм красный, 6 – дермографизм мраморный, 7 – гипотермия конечностей, 8 – гипергидроз конечностей, 9 – патология поверхностной чувствительности в руках, 10 – патология поверхностной чувствительности в ногах, 11 – патология вибрационной чувствительности в руках, 12 – патология вибрационной чувствительности в ногах)

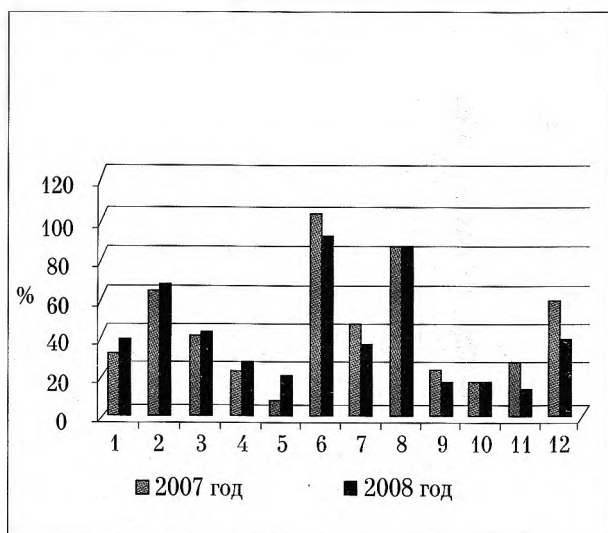


Рис. 6. Структура и частота объективных неврологических симптомов у мужчин ОХУХО за 2007–2008 годы, (%)

- 1 – симптомы орального автоматизма,
- 2 – угнетение брюшных рефлексов,
- 3 – угнетение подошвенных рефлексов,
- 4 – угнетение ахилловых рефлексов,
- 5 – дермографизм красный, 6 – дермографизм мраморный, 7 – гипотермия конечностей,
- 8 – гипергидроз конечностей, 9 – патология поверхностной чувствительности в руках,
- 10 – патология поверхностной чувствительности в ногах, 11 – патология вибрационной чувствительности в руках, 12 – патология вибрационной чувствительности в ногах)

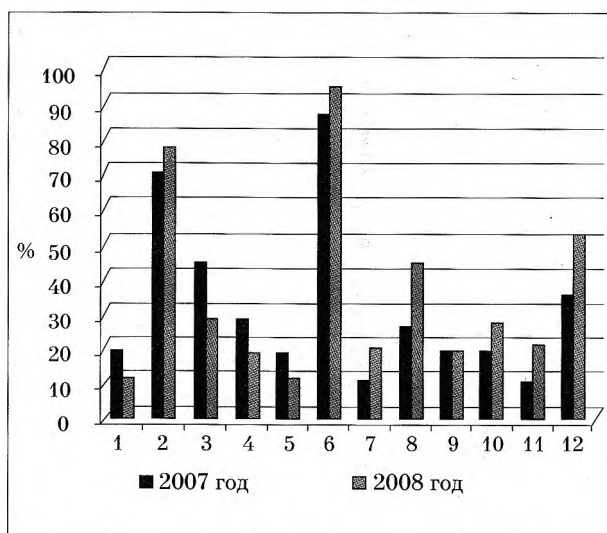


Рис. 7. Структура и частота объективных неврологических симптомов у женщин ОХУХО за 2007–2008 годы, (%)

- 1 – симптомы орального автоматизма,
- 2 – угнетение брюшных рефлексов,
- 3 – угнетение подошвенных рефлексов,
- 4 – угнетение ахилловых рефлексов,
- 5 – дермографизм красный, 6 – дермографизм мраморный, 7 – гипотермия конечностей,
- 8 – гипергидроз конечностей, 9 – патология поверхностной чувствительности в руках,
- 10 – патология поверхностной чувствительности в ногах, 11 – патология вибрационной чувствительности в руках, 12 – патология вибрационной чувствительности в ногах)

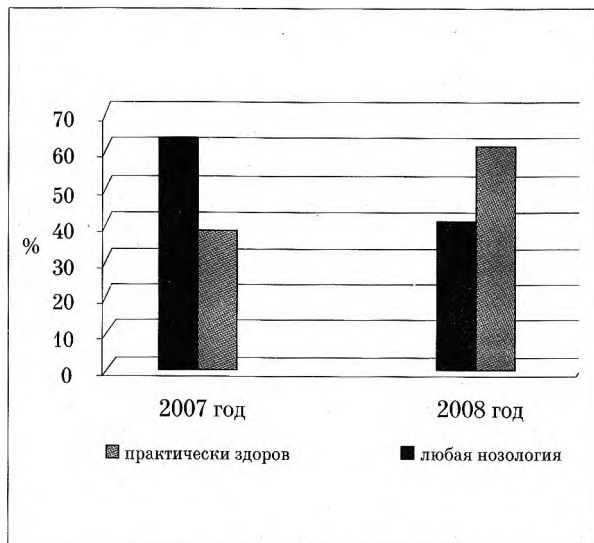


Рис. 8. Динамика диагнозов в целом (по данным невролога) у работников ОХУХО за 2007–2008 годы, (%)

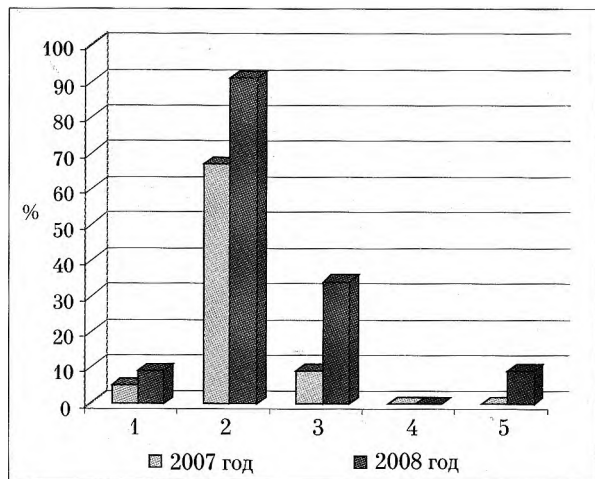


Рис. 9. Структура и частота диагнозов (по данным невролога) у работников ОХУХО за 2007–2008 годы, (%) (1 – астенический и астено-невротический синдром, 2 – дегенеративно-дистрофическое поражение позвоночника и его проявления, 3 – периферический ангиодистонический синдром конечностей, 4 – вегетативно-сенсорная полиневропатия конечностей, 5 – гипертоническая болезнь, атеросклероз церебральных артерий)

ло к статистически значимым отличиям по нозологиям у всей группы обследованных в целом. Патологии опорно-двигательного аппарата принадлежит первое ранговое место, второе место заняли нарушения со стороны вегетативной нервной системы (рис. 9).

При сравнительном анализе диагнозов в зависимости от половой принадлежности выявлено, что в 2007 году количество практически здоровых мужчин статистически преобладало над женщинами ($P < 0,001$), в 2008 году такой разницы не отмечено. Дегенеративно-дистрофическое поражение позвоночника (ДДПП) в 2007 году по частоте встречаемости занимало первое ранговое место как у мужчин, так и у женщин. Причём в женской группе частота ДДПП статистически превалировала над аналогичной у мужчин независимо от года обследования (2007 г. при $P < 0,001$; в 2008 г. при $P < 0,05$). Периферический ангиодистонический синдром (ПАС) в 3,5 раза чаще диагностировался у мужчин в 2008 г., у женщин же данной нозологии не зафиксировано в соответствии с рисунками 10, 11.

Таким образом, при сравнительной оценке результатов неврологического обследования за два года в динамике у работников объ-

екта УХО пос. Мирный Кировской области в большинстве случаев отмечается положительная динамика за счёт уменьшения неврологических жалоб независимо от пола. В то же время уровень встречаемости негативных неврологических симптомов несколько возрос, преимущественно за счёт мужчин, а у женщин остался на прежнем уровне, что закономерно привело и к большему числу выявленных нозологических форм: астено-невротический синдром (АНС), ПАС, гипертоническая болезнь (ГБ), атеросклероз церебральных артерий (АЦА), хотя и без статистически значимых отличий.

При анализе результатов клинического анализа крови статистически значимых различий не выявлено. Изменения, наблюдаемые в единичных случаях, преимущественно касаются уровня гемоглобина, эритроцитов, СОЭ и не являются проявлением каких-либо заболеваний, что было подтверждено осмотрами специалистов.

При анализе результатов биохимического исследования крови (билирубин, АсАТ, АлАТ) статистически значимой разницы при обследовании в 2007, 2008 годах не получено. Частота нормальных биохимических показателей в течение двух лет статистически значи-

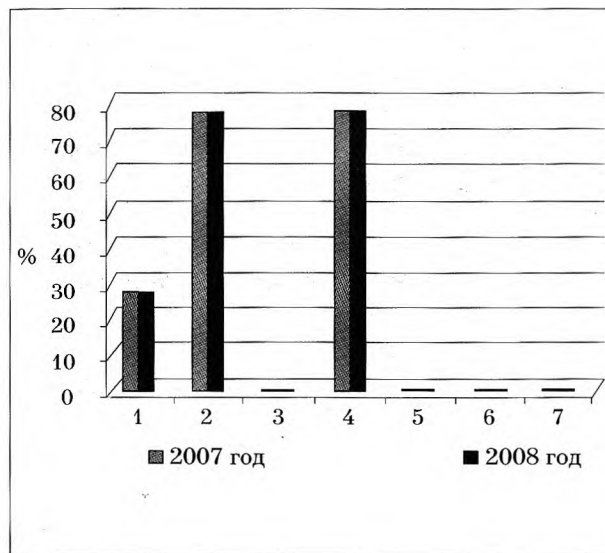
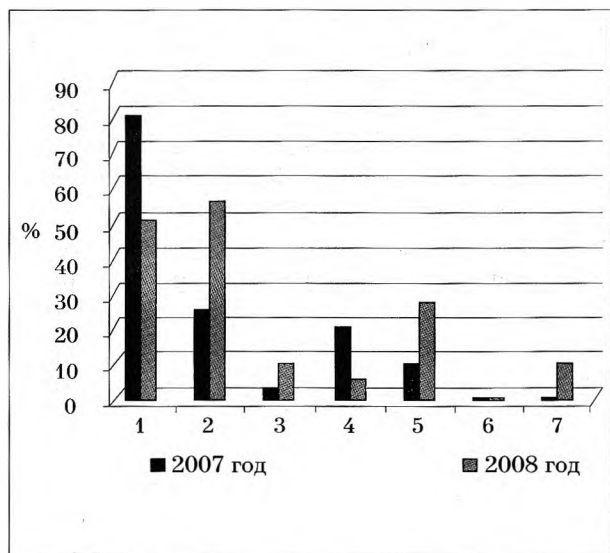


Рис. 10. Структура и частота диагнозов (по данным невролога) у мужчин ОХУХО за 2007–2008 годы, (%)

(1 – практически здоров, 2 – любая нозология, 3 – астенический и астено-невротический синдром, 4 – дегенеративно-дистрофическое поражение позвоночника и его проявления, 5 – периферический ангиодистонический синдром конечностей, 6 – вегетативно-сенсорная полиневропатия конечностей, 7 – гипертоническая болезнь, атеросклероз церебральных артерий)

Рис. 11. Структура и частота диагнозов (по данным невролога) у женщин ОХУХО за 2007–2008 годы, (%)

(1 – практически здоров, 2 – любая нозология, 3 – астенический и астено-невротический синдром, 4 – дегенеративно-дистрофическое поражение позвоночника и его проявления, 5 – периферический ангиодистонический синдром конечностей, 6 – вегетативно-сенсорная полиневропатия конечностей, 7 – гипертоническая болезнь, атеросклероз церебральных артерий)

мо доминировала (при $P < 0,001$) над патологиями и составляла 91,9 и 94,6% соответственно.

Анализ определения активности холинэстераз крови в зависимости от года обследования и половой принадлежности показал, что мужчины в 2008 г. характеризовались активностью АХЭ и БХЭ: $3,62 \pm 0,16$ МЕ/мл и $1,76 \pm 0,09$ МЕ/мл; женщины – $3,40 \pm 0,26$ МЕ/мл и $1,81 \pm 0,08$ МЕ/мл соответственно. В 2007 г. мужчины характеризовались активностью АХЭ и БХЭ: $3,42 \pm 0,18$ МЕ/мл и $1,78 \pm 0,12$ МЕ/мл; женщины – $3,31 \pm 0,20$ МЕ/мл и $1,70 \pm 0,26$ МЕ/мл соответственно, что соответствовало референтным нормам (АХЭ – 2,1-5,4МЕ/мл; БХЭ 1,4-3,1МЕ/мл). Средние значения активности АХЭ и БХЭ, рассчитанные для мужчин и женщин, в зависимости от степени контакта с ФОВ по годам наблюдений (2007–2008 гг.) статистически значимо не различались.

При сопоставлении результатов УЗИ органов брюшной полости за 2 года статистически значимой динамики не выявлено. Отсутствие патологии органов брюшной полости статистически значимо (при $P < 0,001$; $P < 0,01$) доминировало над каждым конкретно выявленным изменением. Диффузно-паренхиматозные изменения печени (ДПИП) заняли первое ранговое место среди другой выявленной патологии (рис. 12).

При анализе ЭКГ работников объекта УХО установлено уменьшение процента нормальных ЭКГ как в мужской группе, так и в женской. Кроме того, в 2008 году наблюдалось учащение случаев регистрируемых блокад независимо от пола и появление случаев нарушений сердечного ритма у женщин (табл.).

Результаты вибрационной (глубокой) чувствительности у обследованных работников объ-

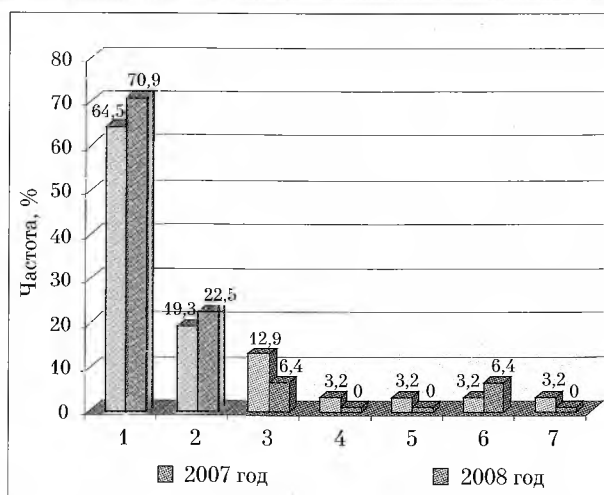


Рис. 12. Структура и частота УЗ-изменений у работников ОХУХО за 2007–2008 годы, (%) (1 – норма, 2 – диффузные паренхиматозные изменения печени (в т. ч. с гепатомегалией), 3 – дискинезия желчного пузыря, 4 – хронический холецистит (в т. ч. при ЖКБ), 5 – аномальные формы ж/пузыря (перегибы области тела, шейки), 6 – диффузные изменения поджелудочной железы, 7 – прочие изменения (гемангиома печени, киста печени)

екта УХО в пос. Мирный в 2008 году по сравнению с 2007 годом практически не изменились (в обоих наблюдениях превалирует отсутствие нарушений вибрационной чувствительности: 61,9 и 50,0% соответственно), но обращает внимание, что частота нормальных показателей снизилась на 11,9%, а за счёт этого на 5% больше стали фиксироваться нарушения вибрационной чувствительности, и до 14,3% возросло количество сомнительных результатов. Частота патологических изменений вибрационной чувствительности у мужчин сохраняется на одинаковом уровне (36,7%); в женской группе частота

Таблица
Структура и частота ЭКГ-показателей у работников объекта УХО в пос. Мирный Кировской области за 2007–2008 годы, (%)

Показатель	Частота показателей			
	2007 год n=39		2008 год n=39	
	Мужчины n=26	Женщины n=11	Мужчины n=26	Женщины n=11
Нормальная ЭКГ	34,6	36,4	23,1	9,1
Нарушения сердечного ритма	11,5	0	11,5	18,2
Замедление внутрипредсердного проведения	23,1	18,2	15,4	18,2
Увеличение левого предсердия	19,2	27,3	19,2	27,3
Блокады	34,6	0	50,0	18,2
Гипертрофия левого желудочка	0	9,1	3,8	9,1
Прочее	15,4	18,2	19,2	9,1

данных патологических результатов увеличилась с 16,7 до 33,3% без статистически значимых различий.

При электронейромиографическом (ЭНМГ) исследовании изменений в динамике по сравнению с 2007 годом не отмечено. В 75% случаев параметры проведения нервных импульсов были в пределах нормы. Умеренные признаки поражения периферической нервной системы отмечены у лиц, работающих в МСК с ФОВ. Анализ полученных ЭНМГ данных в зависимости от пола работающих лиц выявил, что признаки поражения периферической нервной системы (в большей степени сенсорных волокон) у мужчин встречаются реже, чем у женщин (11,5 и 33,3% соответственно).

При оценке динамики показателей пупиллометрии (ППМ) у работающих выявлено, что в 23,7% случаев имело место ухудшение зрачковой реакции (отрицательная динамика), такое же процентное соотношение свидетельствовало и об улучшении зрачковой реакции (положительная динамика), в 52,6% случаев параметры пупиллограмм (ППГ) были без динамики.

Общая оценка состояния иммунной системы выявила позитивную динамику для ряда показателей. Уменьшилось количество патологических лейкограмм, значительно снизилось число случаев с лимфоцитозом и абсолютной нейтропенией. Реже выявлялись регуляторные клоны Т-лимфоцитов (цитотоксические клетки и хелперы) и натуральные киллеры с повышенной экспрессией соответствующих рецепторов. Изменения в большей степени произошли с цитотоксическими клетками, что отразилось на росте иммунорегуляторного индекса. Характер изменений экспрессии активационных маркеров в 2008 году не изменился. Сохранилось преобладание низких значений маркеров ранней активации и готовности к апоптозу и высоких – для маркера поздней активации. Увеличилось число случаев с низким содержанием В-лимфоцитов. Уровни иммуноглобулинов класса А, G, М и ЦИК в сыворотке крови практически не изменились за год работы на объекте. Возросло количество лиц с высокой фагоцитарной активностью нейтрофилов. Количество положительных реакций на онкомаркеры не увеличилось в 2008 году по сравнению с 2007 годом. Выявленные изменения можно рассматривать как период активной адаптации иммунной системы в первый год исследования и начало постепенного перехода в стадию компенсации во второй год исследования. Нали-

чие дисбаланса в состоянии отдельных звеньев иммунной системы, активация субпопуляций Т-лимфоцитов и изменение в гуморальном иммунитете в дальнейшем может привести к развитию вторичной иммунной недостаточности), аутоиммунных и аллергических процессов.

При повторном цитогенетическом обследовании у лиц с высоким уровнем клеток с микроядрами, выявленных в 2007 году, в 2008 году уровень показателя вернулся к нормальному значению. В группе лиц с высоким уровнем ядерных аномалий, обнаруженных в 2007 году, в 83,3% случаев уровень показателей находился в пределах нормальных значений, у одного – выявлен высокий уровень клеток с амитозами (в 2007 году у данного работника был отмечен высокий уровень двуядерных клеток).

При динамическом определении биологического возраста отмечается положительная динамика: лица с повышенными темпами биологического старения, составляющие в 2007 году 5,5%, в 2008 году перешли в категорию лиц, биологический возраст которых соответствует их календарному возрасту. Кроме того, следует отметить, что частота показателей, свидетельствующих о замедленных темпах биологического старения, статистически значимо ($P < 0,001$) доминирует над числом показателей повышенных темпов биологического старения, а также и показателей календарного возраста независимо от года обследования. Приведённые выше сведения об увеличении частоты патологических изменений коррелируют со сравнительными данными о частоте заболеваний, полученными при анализе амбулаторных карт работающих на объекте УХО в пос. Мирный Кировской области за тот же период времени (2007–2008 гг.) [25].

Заключение

По результатам комплексного клинико-инструментального и лабораторного обследования можно сделать следующие выводы.

Двукратное комплексное клинико-инструментальное обследование работников объекта УХО в пос. Мирный Кировской области (в 2007 и 2008 гг.) не выявило специфических признаков, свидетельствующих о развитии симптомокомплекса, характерного для хронической интоксикации ФОВ. Отмечается общее уменьшение жалоб в 2008 году по сравнению с 2007 годом, что может свидетельствовать об адаптации к новым условиям труда

и подтверждается результатами оценки биологического возраста.

Наличие у обследованных работников изменений показателей нескольких систем организма на клиническом и субклиническом уровне, неисключающих вероятность их дальнейшего неблагоприятного развития (прогрессирования), позволило отобрать 16 человек для динамического наблюдения, повторных исследований и госпитализации в Центр профпатологии.

С учётом вышеизложенного целесообразно расширить спектр диагностических исследований как при приёме на работу на объект УХО в пос. Мирный Кировской области, так и при проведении периодических профилактических медицинских осмотров с целью оценки состояния здоровья работающих с ФОВ в начале производственной деятельности и в динамике, что значительно облегчит решение экспертных вопросов о связи возникающих заболеваний с профессией.

Понимание характера изменений у данного контингента лиц при продолжении динамического наблюдения позволит разработать наиболее адекватную систему лечебно-профилактических мероприятий для снижения риска развития заболеваний и их осложнений.

Литература

1. Приказ № 114 от 21.03.2003 г. МЗ РФ об утверждении отраслевой программы «Охрана и укрепление здоровья здоровых на 2003–2010 годы».

2. Ушаков И. Б. Комбинированные воздействия в экологии человека и экстремальной медицине. М.: ИПЦ Издатцентр, 2003. 442 с.

3. Берзин И.А., Сипаков А. С., Комнатный С. Б. Научно-методический подход к анализу информации о состоянии здоровья персонала, занятого на работах по уничтожению химического оружия // Российский химический журнал. 2010. Т. LIV. № 4. С. 15–24.

4. Blumenthal J.A., Sherwood A., Babyak M. Effects of exercise and stress management training on markers of cardiovascular risk in patients with ischemic heart disease, JAMA, 2005. V. 293(1). P. 1626–1634.

5. Парцерняк А.С., Юнацкевич П.И. Вегетозы: болезни стресса. СПб.: Изд. дом Сентябрь, 2002. 424 с.

6. Смулевич А.Б., Сыркин А.Л., Дробижев М.Ю., Иванов С.В. Психокardiология. М.: Медицинское информационное агентство, 2005. 780 с.

7. Сосюкин А.Е., Парцерняк А.С., Василюк В.Б., Говердовский Ю.Б., Корнюшко С.В. Изменение биологического возраста военнослужащих с полиморбидной сердечно-сосудистой патологией, проходящих службу на объектах по хранению и уничтожению химическо-

го оружия // Российский химический журнал. 2010. Т. LIV. № 4. С. 144–145.

8. Гланц С. Медико-биологическая статистика. М.: Практика, 1998. 459 с.

9. Филатова Л.М., Стафеев С.К. Краткое описание пакета прикладных статистических программ StaffStat. 1994. С. 37–49.

10. Марчук Г.И. Математические модели в иммунологии. Вычислительные методы и эксперименты. М.: Наука, 1991. 304 с.

11. Мартынов Ю.С., Малкова Е.В., Орлов В.К. и др. Практикум по нервным болезням и нейрохирургии. М.: Изд-во УДН, 1998. 126 с.

12. Методические рекомендации по методике исследования вибрационной чувствительности вибротестером ВТ-02-1 «Вибротестер-МБН». РАМН. Москва. 2004. 12 с.

13. Команцев В.Н., Заболотных В.А. Методические основы клинической электроэнцефалографии. СПб. 2001. 350 с.

14. Николаев С.Г. Практикум по клинической электроэнцефалографии. Иваново. 2003. 264 с.

15. Клиническая ультразвуковая диагностика / Под ред. Н.М. Мухарлямова. М.: Медицина, 1987. Т. 1. 296 с.

16. Использование пупиллометрии для обследования персонала, проживающего в районах расположения объектов по хранению химического оружия и объектов по уничтожению химического оружия: Методические рекомендации. № МР 13-06, утв. ФМБА России 14.06.2006 г. М. 2006. 33 с.

17. Танюхина О.Н., Коневалова А.Р., Попов А.И. Диагностика раннего выявления нарушений состояния здоровья лиц, контактирующих с фосфорорганическими отравляющими веществами, с помощью анализатора активности холинэстераз крови «Гранат-3» // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2005. № 1 (14). С. 211–214.

18. Руководство по эксплуатации электрокардиографа FX-3010. 115 с.

19. Абрамович С.Г. и др. Метод определения БВ и скорости старения человека // Клиническая медицина. 2008. № 9. С. 54–55.

20. Фролькис В.В. Индивидуальный биологический возраст и его межвидовые сопоставления // Геронтология и гериатрия. 1984. С. 21–30.

21. Тоголян А.А., Балдуева И.А., Бубнова Л.Н., Закревская А.В., Зуева Е.Е., Калинина Н.М., Лисицина З.Н. Стандартизация методов иммунофенотипирования клеток крови и костного мозга человека // Медицинская иммунология. 1999. Т. 1. С. 21–43.

22. Новиков Д.К., Новикова Н.И. Оценка иммунного статуса. Москва – Витебск: Медицина, 1996. 281 с.

23. Лабораторные методы исследования в клинике / Под ред. В.В. Меньшикова. М.: Медицина, 1987. 368 с.

24. Оценка цитологического и цитогенетического статуса слизистых оболочек носа и рта человека: Методические рекомендации / Беляева Н.Н., Сычева Л.П.

Жарков В.С. и др. Утверждены Председателем Научного совета РАМН МЗСР по экологии человека и гигиене окружающей среды академиком РАМН Ю.Ю. Рахманиным 27.04.2005. М. 2005.

25.Федорченко А.Н., Янно Л. В. Динамика показателей коллективного здоровья работников объектов по

хранению и уничтожению химического оружия в пос. Марадыковский Кировской области и г. Почеп Брянской области // Научно-технические аспекты обеспечения безопасности при уничтожении, хранении и транспортировке химического оружия: Тезисы докладов пятой научно-практической конференции. М. 2010. С. 167–170.

Федеральное управление по безопасному хранению
и уничтожению химического оружия

**V НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ
ПРИ УНИЧТОЖЕНИИ, ХРАНЕНИИ И ТРАНСПОРТИРОВКЕ
ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ»**

10–11 октября 2012 г.
Москва

До открытия конференции планируется издание сборника тезисов докладов, а по результатам работы – сборника материалов.

Тезисы докладов и список докладчиков с указанием фамилии, имени, отчества, занимаемой должности, учёной степени и учёного звания направлять в адрес Оргкомитета до 15 июня 2012 г., список участников конференции – до 1 сентября 2012 г.

Адрес Оргкомитета конференции:

115487, г. Москва, ул. Садовники, д. 4 а (начальнику научно-исследовательского центра Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия).

По вопросу предоставления требований к оформлению тезисов докладов обращаться в редколлегию научно-исследовательского центра Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия.

Контактный телефон: (495) 645-54-99 (Шай Евгений Петрович).

Поиск информативных биохимических тестов в практике экологического мониторинга особо опасных объектов

© 2011. А. И. Иванов^{1,2}, д.б.н., профессор, исп. директор, Т. А. Дунаева¹, н.с., Е. А. Домнина³, к.б.н., доцент, Т. Я. Ашихмина^{3,4}, д.т.н., профессор, зав. лабораторией, Г. П. Дудин⁵, д.б.н., зав. кафедрой,

¹Региональный центр государственного экологического контроля и мониторинга по Пензенской области,

²Пензенская государственная сельскохозяйственная академия,

³Вятский государственный гуманитарный университет,

⁴Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН,

⁵ Вятская государственная сельскохозяйственная академия,

e-mail: rcgekim@mail.ru

Изложены основные аспекты лишеноиндикации в условиях урбанизированных территорий и лесных массивов. В условиях химического загрязнения изучено накопление общего фосфора в слоевищах лишайников, выявлены изменения содержания малонового диальдегида, пигментов и флюоресценции хлорофилла в ответ на стрессовые воздействия.

The fundamental aspects of lichenindication at urban territories and in forest conditions are given. Accumulation of phosphorus in lichens, content variation of malone dialdehyde and pigments, chlorophyll fluorescence as a reaction to stress impact are examined.

Ключевые слова: лишайники, малоновый диальдегид, пигменты, фосфор

Key words: lichens, malone dialdehyde, pigments, phosphorus

Обеспечение безопасности населения, окружающей природной среды – одна из приоритетных задач химического разоружения. На территориях зоны защитных мероприятий (ЗЗМ) объектов хранения и уничтожения химического оружия (ХУХО) проводится комплексный экологический мониторинг, в том числе и методами лишеноиндикации, которые достаточно просты и информативны. Лишайники доступны для исследований круглый год. Кроме того, они практически не связаны с почвой и другими субстратами, благодаря чему их слоевища, аккумулируя атмосферную влагу, впитывают в себя содержащиеся в ней поллютанты. В отличие от высших растений, лишайники имеют более примитивные антистрессовые биохимические системы, что в итоге определяет их высокую чувствительность к загрязнению.

Первые лишеноиндикационные исследования были начаты во второй половине XIX в. Их авторы [1, 2] указывали на бедность видового состава лишенофлоры городов и индустриальных центров и констатировали различную чувствительность видов лишайников в отношении загрязнённости среды. В 1926 г. шведский ботаник Р. Сернандер [3], выделил на территории Стокгольма так называемые

лишайниковые зоны: сильнозагрязнённую зону без лишайников («лишайниковую пустыню»), среднезагрязнённую, с обеднённой лишенофлорой и пониженной витальностью видов, и сравнительно чистую нормальную зону с богатой видами лишенофлорой. Эта работа Сернандера дала толчок к широкому развитию лишеноиндикационного картирования территорий городов и их окрестностей на основе изучения всей лишенофлоры или распространения одиночных индикаторных, наиболее информативных видов [4, 5]. Во второй половине 60-х гг. XX в. было экспериментально доказано вредное влияние на многие виды лишайников одного из общепромышленных загрязнителей – диоксида серы. Одновременно были разработаны первые математические лишеноиндикационные индексы [6, 7]. Показатели обоих индексов хорошо совпадают с данными фактического аэрохимического измерения концентраций выбросов, особенно SO₂, и других загрязняющих веществ [8, 9].

Эпифитные лишайники, т. е. виды, развивающиеся на стволах деревьев, в силу ряда экологических и физиологических особенностей являются группой, обладающей наибольшей чувствительностью к загрязнению

атмосферы [10]. Это обстоятельство обуславливает выбор эпифитных лишайников в качестве приоритетного объекта мониторинга наземной биоты, находящейся в условиях фоновом загрязнении атмосферы. Морфологические изменения у лишайников, такие как уменьшение размеров, деформация и уродства слоевищ, являются первыми визуально различимыми признаками, которые свидетельствуют о воздействии на лишайники загрязняющих веществ. При сильном изменении состава воздуха у эпифитных видов лишайников наблюдается также сокращение количества и измельчание апотециев, наблюдается тенденция изменения размеров спор, некроз, изменение окраски, характера поверхности (бугорчатость) и ветвления [11].

Лишайники способны накапливать многие элементы до концентраций, которые намного превышают их физиологические потребности, что позволяет по уровням содержания их в слоевищах делать выводы об особенностях выпадений и степени загрязнения. В настоящее время опубликовано достаточно большое количество обзорных материалов, посвящённых лишайноиндикации, по накоплению лишайниками химических веществ. В результате способности лишайников накапливать в слоевищах различные поллютанты происходят изменения в их физиологии и биохимии.

В настоящее время разработаны математические лишайноиндикационные индексы (индекс атмосферной чистоты – ИАЧ, индекс толерантности – ИТ) в целях более объективного и точного отражения антропогенной динамики лишайниковых синузид. Показатели обоих индексов хорошо совпадают с данными фактического аэрохимического измерения концентраций выбросов, особенно SO_2 , и других загрязняющих веществ.

Использование лишайников в мониторинге промышленных объектов, расположенных в окружении лесных массивов вне населенных пунктов и выбрасывающих в атмосферу небольшие концентрации в основном специфических загрязнителей, имеет свои особенности. Среди них в первую очередь следует указать на то, что в городских условиях поллютанты влияют не только на взрослые особи. Формирование селитебных лишайнофлор уже идёт в условиях загрязнения, и онтогенез отдельных особей тесно связан с влиянием поллютантов. Поэтому для городской среды характерно невысокое видовое разнообразие и низкое проективное покрытие. При этом отмечается

высокая доля накипного типа слоевищ, меньше встречается листоватых форм и практически полностью отсутствуют кустистые формы лишайников.

Целью работы было изучение физиолого-биохимических реакций лишайников и накопление общего фосфора в районе объектов хранения и уничтожения химического оружия.

Объекты и методы

Для биомониторинга химического загрязнения окружающей среды использована способность лишайников накапливать в свободном виде в слоевище малоновый диальдегид (МДА) в ответ на стрессовые воздействия. Для выявления повреждения фотосинтетического аппарата изучены изменения содержания пигментов и флуоресценции хлорофилла.

В условиях лабораторного эксперимента проведено изучение воздействия на лишайники специфических загрязнителей, включенных в список веществ, подлежащих контролю в промвыбросах.

На базе Регионального центра государственного экологического контроля и мониторинга по Пензенской области изучалось воздействие на лишайники продуктов деструкции фосфорорганических отравляющих веществ: метилфосфоновой кислоты, капролактама и моноэтаноламина. Ответные реакции на химический стресс оценивались преимущественно по биохимическим тестам. Исследования проводили на доминирующих видах лишайников ЗЗМ объекта ХУХО в пос. Леонидовка Пензенской области: *Cladonia arbuscula* (Wallr.) Hale et W.L., *Cladonia cornuta* (L.) Schaer., *Hypogymnia physodes* (L.) Nul., *Parmelia sulcata* Taylor., *Pseudoevernia furfuracea* (L.) Zopf., *Ramalina pollinaria* (Westr.) Ach.; *Usnea hirta* (L.) Weber ex F.H. Wigg. Для того чтобы исключить влияние иных источников химического загрязнения на включённые в эксперимент образцы лишайников, их отбирали в экологически чистой зоне – в заповеднике «Приволжская лесостепь, Верховья Суры».

В лаборатории были созданы оптимальные условия для максимальной активности фотосинтеза исследуемых лишайников: температура воздуха 22–23 °С, освещённость 1600 Лк. Растительный материал весом 1 г помещали в чашки Петри, предварительно заполненные чистым песком, затем в них приливали по 10 мл растворов метилфосфоновой кислоты, капролактама, моноэтаноламина в концентрациях 0,1, 0,001 и 0,0001 мг/л.

Для контроля использовали дистиллированную воду. Экспозиция в эксперименте составляла 1, 5 и 10 суток. В условиях химического стресса в опытных образцах определялись следующие показатели: малоновый диальдегид (МДА), пигменты – хлорофилл *a* и *b*, каротиноиды.

В 2009–2010 гг. с 10 участков мониторинга в СЗЗ и ЗЗМ объекта уничтожения химического оружия в пос. Мирный Кировской области были отобраны пробы эпифитного лишайника *Hypogymnia plisodes* (L.) Nyl.

Содержание общего фосфора в талломах лишайника определяли фотометрическим методом (основной метод) ГОСТ 26657-97. Сущность метода заключается в минерализации пробы способом сухого озоления с образованием солей ортофосфорной кислоты и последующим фотометрическим определением фосфора в виде окрашенного в жёлтый цвет соединения – гетерополикислоты, образующегося в кислой среде в присутствии ванадат- и молибдат-ионов.

Результаты и обсуждение

Обработка лишайников метилфосфоновой кислотой в концентрации 0,1 мг/л вызывала повышение содержания хлорофиллов *a* и *b*, по сравнению с контролем. Повышение уровня пигментов, по-видимому, связано со значительным содержанием фосфора – биогенного элемента, стимулирующего рост растений. Фотосинтетический аппарат в контрольном образце лишайников проявлял более высокую активность, несмотря на меньшее количество пигментов. Содержание МДА в опытах превышало содержание его в контрольных образцах, что свидетельствует о развитии стрессовых реакций.

При воздействии метилфосфоновой кислоты в концентрации 0,001 мг/л на лишайники на протяжении 10 суток прослеживалась тенденция к повышению содержания конечного продукта перекисного окисления – МДА у всех изучаемых видов. При данной концентрации увеличивалось количество каротиноидов и уменьшалось содержание зелёного пигмента хлорофилла.

В эксперименте также изучались другие продукты деструкции фосфорорганических отравляющих веществ, в частности, капролактамы и моноэтаноламин, на которые у вышеназванных видов наблюдались реакции, как и в случае с метилфосфоновой кислотой.

На основе полученных результатов можно сделать вывод о том, что изученные в экс-

перименте биохимические тесты достаточно информативны и могут быть использованы в практике экологического мониторинга особо опасных промышленных объектов.

При организации системы биомониторинга не следует использовать большое количество биоиндикаторов. В связи с этим из вовлечённых в эксперимент видов лишайников для полевых исследований были выбраны всего два – *H. physodes* и *P. sulcata*. Это эпифитные виды, имеющие высокое проективное покрытие, развивающиеся на коре лиственных пород и доминирующие на изучаемой территории, что не создаёт трудностей в отборе материала для лабораторных исследований. Кроме того, они наиболее чувствительны к ультрамалым концентрациям поллютантов, что было показано в описанном выше эксперименте.

Пробы слоевищ отбирали с 10 точек, расположенных в четырёх направлениях по сторонам света от объекта ХУХО, с коры липы сердцевидной. Минимальное количество точек обусловлено гомогенным составом площадок (тип сообщества берёза – липа), распространением и покрытием индикаторных видов, гомогенности климатических условий (что можно соблюсти, отбирая пробы в течение 1 – 2 дней).

В ходе исследований накопления МДА были получены следующие результаты. На большей части территории ЗЗМ по биохимическим параметрам лишайники находятся в нормальном состоянии, в том числе образцы, отобранные с площадок непосредственно приближенных к объекту ХУХО. Отклонения от контроля по исследованным показателям в пределах нормы. Следует отметить, что значения МДА в образцах изучаемых лишайников непосредственно с мест прежнего уничтожения (МПУ) химического оружия имеют максимальные значения, немного ниже они на приближенных к МПУ территориях.

При изучении пигментного состава лишайников получены следующие результаты. Достоверные отклонения выявлены по всем изученным точкам системы пробоотбора. Доказано, что длительное действие поллютантов на лишайники уменьшает количество хлорофилла. Разрушение хлорофилла может быть вызвано разрывом связей в хлорофилл-белковых комплексах, а также возникновением свободнорадикального окисления. У изучаемых видов происходит разрушение зелёных пигментов и вследствие этого уменьшение их количества. Но, несмотря на это, уровень флуоресценции выше, чем в контрольном образце. Подобное явление можно объяснить тем, что

организм сопротивляется стрессу и активизирует то количество пигментов для фотосинтеза, которое у него имеется. Исключением является вид *H. physodes*. Образцы этого лишайника, отобранные с МПУ химического оружия и его окрестностей, отличаются высоким содержанием изучаемых пигментов. Данное явление отмечено и в литературных данных. При низком уровне загрязнения лишайники в полевых условиях могут показывать увеличение содержания хлорофилла с увеличением стресса загрязнения [12]. К тому же на МПУ и приближенных к ним участках мониторинга наблюдается увеличение доли каротиноидов. Тенденция увеличения количества каротиноидов типична в условиях загрязнения. Данное явление связано с большей устойчивостью каротиноидов к действию поллютантов, а также с их защитной функцией как антиоксидантов клеточного метаболизма и участников защиты фотосистемы.

Загрязнение окружающей среды может оказывать влияние не только на биохимические процессы в организме лишайника. Не связанные с почвой слоевища аккумулируют в себе атмосферные выпадения и содержащиеся в них поллютанты. При постоянном поступлении их даже в ультрамалых концентрациях, находящихся за пределами чувствительности приборов, лишайники накапливают поллютанты в количествах, позволяющих производить измерения. Это делает их очень ценными объектами биоиндикации. Поэтому анализ слоевищ на содержание тех или иных элементов или специфических химических веществ в лишайниках может быть широко использован для оценки степени загрязнения атмосферного воздуха.

Подобные исследования были реализованы практически в процессе эксплуатации системы государственного экологического мониторинга в Кировской области, где основными загрязнителями воздуха являются соединения фосфора.

В результате проведенных исследований были выявлены определённые закономерности. Содержание общего фосфора в пробах лишайника *H. physodes* в 2010 г. варьировало в пределах от 43,3 до 112,0 мкг/г сухой массы. Установлено, что в местах пробоотбора, расположенных на расстоянии, не превышающем 2 км от промплощадки объекта ХУХО, содержание изучаемого элемента в лишайнике было в 2–3 раза выше, чем на удаленной от объекта контрольной территории, где выявлено минимальное содержание общего фосфора. Более высокое содержание фосфора по сравнению с контрольным участком также отмечено

в местах пробоотбора, находящихся в непосредственной близости от объекта.

Сравнительный анализ накопления фосфора в лишайниках был проведен за три года наблюдений. Было рассчитано содержание фосфора в слоевищах лишайников в зоне загрязнения в процентах по отношению к контрольной территории. Из полученных данных следует, что в лишайнике *H. physodes* в местах пробоотбора, расположенных в непосредственной близости от объекта ХУХО, в течение трёх последних лет отмечается некоторое увеличение содержания общего фосфора по сравнению с контролем.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что анализ слоевищ лишайников на содержание химических элементов, поступающих в атмосферу с промвыбросами, является перспективным методом, который может быть широко рекомендован для использования в системах мониторинга объектов, выбрасывающих в атмосферу соединения фосфора.

Лишайники получают всё необходимое для жизни преимущественно аэральным путём и практически не связаны с субстратами, поэтому являются хорошими биоиндикаторами чистоты атмосферного воздуха. Всё это позволяет в настоящее время использовать лишайноиндикационные методы в мониторинге объектов уничтожения химического оружия.

Литература

1. Grindon L.H. The Manchester Flora. London. White. 1859. 261 p.
2. Nylander W. Les lichens du Jardin du Luxembourg // Bull. Soc. Bot. Fr., 1866. V. 13. P. 364–372.
3. Sernander R. Stockholms natur. Uppsala: Almqvist & Wiksells, 1926. 189 p.
4. Трасс Х. Х. Успехи и проблемы лишайноиндикации загрязнённости воздуха // Лишайноиндикация загрязнения окружающей среды. Таллин. 1978. С. 16–18.
5. Трасс Х. Х. Классы полевотолерантности лишайников и экологический мониторинг // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеиздат, 1985. Т. 8. С. 122–137.
6. Инсаров Г.Э., Инсарова И.Д. Лишайники в условиях фонового загрязнения атмосферы двуокисью серы // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеиздат, 1986. Т. 9. С. 242–258.
7. Лийв С.Э. Индикация степени загрязнения воздуха с помощью лишайников // V делегатский съезд Всесоюзного ботанического общества: Тезисы докладов. Киев. 1973.

8. Martin J. Lichen indication studies in the Estonian S.S.R. // *Anthropogenous Changes in the Plant Cover of Estonia*. Tartu. 1981. P. 108–125.

9. Martin J. Air pollution impacts on lichens: an overview // *Interaction Between Forest Ecosystems and Pollutants*. Tallinn. 1982. P. 50–52.

10. Иссаров Г.Э. Сравнительные оценки чувствительности эпифитных лишайников различных видов к загрязнению воздуха // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеиздат, 1989. Т. 12. С. 113–176.

11. Пауков А.Г., Гулика А.Г. Анатомические и морфологические изменения лишайников в антропогенно нарушенных местообитаниях // Развитие идей академика С.С. Шварца в современной экологии. Екатеринбург. 1999. С. 134–140.

12. Von Arb C., Brunold C. Lichen physiology and air pollution. I. Physiological responses of in situ *Parmelia sulcata* among air pollution zones within Biel, Switzerland // *Canadian Journal of Botany*. 1990. № 68. P. 35–42.

**СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ВЫПУСК ЖУРНАЛА
«ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ЭКОЛОГИЯ» – 2012**

Уважаемые авторы!

В 2012 г. при поддержке Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия планируется издание специализированного выпуска журнала «Теоретическая и прикладная экология», посвящённого научным достижениям и практическим разработкам по вопросам санации и реабилитации территорий бывших производств химического оружия и объектов по уничтожению химического оружия.

Статьи следует направлять в адрес редакции журнала до **30 июля 2012 г.**

Требования к статьям:

- содержание статьи должно соответствовать заявленной тематике специализированного выпуска журнала;
- статья должна быть оформлена в соответствии с требованиями;
- к статье должны быть приложены:
 - направление от организации;
 - экспертное заключение о возможности опубликования материалов в открытой печати;
 - сведения об авторах;
 - электронная версия статьи.

По вопросам публикации статей обращаться:
610002, г. Киров, ул. Свободы, д. 122, каб. 308,
редакция журнала «Теоретическая и прикладная экология».
Тел./факс: (8332) 37-02-77; e-mail: ecolab2@gmail.com

Проблемы определения фосфорорганических отравляющих веществ биохимическими методами на объектах уничтожения химического оружия

© 2011. Д. С. Прокофьева, к.б.н., с.н.с., В. И. Шмурак, м.н.с.,
С. В. Садовников, к.х.н., с.н.с., Н. В. Гончаров, д.б.н., зав. лабораторией,
Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека
Федерального медико-биологического агентства,
e-mail: gpech@fmbamail.ru; niigpech@rihophe.ru

Процесс уничтожения химического оружия, в том числе фосфорорганических отравляющих веществ, требует проведения непрерывного мониторинга остаточных количеств обезвреживаемых химических соединений в различных растворах и матрицах. На сегодняшний день разработано большое количество как химических, так и биохимических методик для обеспечения эффективности и безопасности процесса уничтожения. Однако процесс совершенствования существующих методик и замены одних биохимических методик на другие не прекращается. В ходе исследований влияния аналитов, продуктов их обезвреживания и посторонних примесей на результаты биохимического анализа иногда получают данные, требующие пересмотра существующих методов анализа и разработки новых, более чувствительных и специфичных.

The process of chemical weapon destruction including decommission of warfare organophosphates requires permanent monitoring of various solutions and matrices of residual quantities of the chemical compounds being destroyed. There are many chemical and biochemical methods of providing efficacy and safety of the process of destruction. Nevertheless, there is a need in improving existing technical approaches and biochemical methods. Sometimes, investigation of analytes, their neutralization derivatives and extraneous admixtures brings new data that trigger revision of the existing methods and elaboration of more sensitive and specific ones.

Ключевые слова: фосфорорганические отравляющие вещества, уничтожение химического оружия, биохимический анализ

Key words: organophosphorous toxic compounds, chemical weapon destruction, biochemical analysis

На сегодняшний день в Российской Федерации (РФ) остаются большие запасы химического оружия, главным образом фосфорорганических отравляющих веществ (ФОВ). Согласно Конвенции по химическому разоружению 1993 г. [1] (вступившей в силу в апреле 1997 г.) в РФ ведётся непрерывная работа по их обезвреживанию на объектах уничтожения химического оружия (УХО). Для предотвращения загрязнения различными ФОВ в штатных и аварийных ситуациях рабочих поверхностей технологического оборудования объектов УХО, строительных конструкций объекта, средств индивидуальной защиты персонала используют дегазирующие растворы, состав которых варьирует в зависимости от типа ФОВ и вида обрабатываемой поверхности. Для контроля эффективности процесса обезвреживания необходимо вести непрерывный мониторинг остаточных количеств ФОВ на поверхностях технологического оборудования, внутренних поверх-

ностях объекта УХО и в производственных сточных водах.

Государственная система санитарно-эпидемиологического нормирования РФ включает в себя перечень методик выполнения измерения (МВИ) ФОВ в различных средах для обеспечения контроля химических факторов при ликвидации деятельности объектов УХО [2]. Перечень МВИ можно разделить на две большие группы: химические и биохимические (табл.). Химические методики отличаются высокой специфичностью, поскольку позволяют с высокой долей вероятности определить, какой именно ФОВ находится в исследуемой пробе. Идентификация ФОВ проводится либо по индексам удерживания, либо по относительным откликам различных детекторов. Биохимические методики менее специфичны, поскольку в их основе лежит эффект ингибирования холинэстераз (ХЭ) различными ФОВ, то есть с помощью биохимического метода нельзя отве-

Таблица

Сравнительная характеристика методов определения фосфорсодержащих отравляющих веществ

Характеристики метода	Методы	
	Биохимические	Химические
Специфичность	низкая	высокая
Чувствительность	высокая	низкая
Производительность	высокая	низкая
Стоимость анализа	низкая	высокая
Скорость анализа	средняя	средняя
Высококвалифицированный персонал	нет	да
Высокопрецизионное оборудование	нет	да

тить на вопрос, какое ФОВ находится в пробе: зоман, зарин или вещество типа Vx. Ответ на этот вопрос можно получить только с помощью химического анализа данной пробы. Однако для проведения химического анализа необходимо, чтобы концентрация ФОВ в пробе была достаточно высокой, поскольку чувствительность химических методик на два-три порядка ниже чувствительности биохимических методик. Кроме того, в отличие от химических методов биохимические методы могут однозначно определить антихолинэстеразную активность пробы. При анализе смывов с рабочих поверхностей и производственных сточных вод на объектах УХО токсичность проб, в частности, их антихолинэстеразная активность выходит на первый план, поскольку исследуемую поверхность за время эксплуатации объекта могли обрабатывать различными реагентами для дегазации различных веществ, и трудно заранее предсказать, какой из продуктов деструкции окажется токсичным. Эти продукты могут оказаться соединениями с неизвестными параметрами токсичности. Следовательно, необходимо проводить скрининговый анализ проб именно биохимическими методами, которые просты в исполнении, не требуют дорогого высокопрецизионного оборудования и оценивают антихолинэстеразную активность пробы. Если по результатам биохимического анализа исследуемая проба повлияла на активность фермента, следует провести её химический анализ для установления того соединения, присутствие которого в растворе вызвало ингибирование фермента. Это необходимо для контролирования завершения процесса гидролиза ФОВ, поскольку известно, что некоторые продукты деградации ФОВ в больших концентрациях также могут вызвать ингибирование ХЭ [3], равно как и некоторые примеси [4, 5]. В число основных примесей входят компоненты дегазационных растворов (сульфонол, перекись водорода, гипохлорит натрия, моноэ-

таноламин), минеральные соли и масла, органические растворители. Однако сопоставление данных химического и биохимического анализа не предусмотрено на объектах УХО и возможно только в рамках научных исследований.

До недавнего времени для биохимического определения уровня загрязнения зоманом, заринном и веществом типа Vx поверхностей технологического оборудования использовали аттестованные методики выполнения измерений: МВИ № 031-04-217-06, МВИ № 031-04-176-05 и МВИ № 031-04-157-05 соответственно. Все три методики основаны на методе Элмана [6], принцип которого заключается в определении ферментативной активности ацетилхолинэстеразы (АХЭ) по наработке продукта ферментативной реакции тиохолина, образующегося в ходе гидролиза субстрата ацетилтиохолина. Количество тиохолина определяют фотометрически по окраске, образующейся при реакции тиол-дисульфидного обмена тиохолина и 5,5'-дитио-бис(2-нитробензойной кислоты).

Химические соединения, влияющие на ход определения степени ингибирования АХЭ вследствие контакта фермента с ФОВ по методу Элмана, можно условно разделить на две группы: вещества, влияющие на активность самого фермента, и вещества, взаимодействующие с остальными компонентами реакционной смеси. К первой группе относятся некоторые продукты гидролиза ФОВ, а также вещества, вызывающие денатурацию белка и как следствие потерю его биохимических свойств. Ко второй группе относятся вещества, вызывающие ускоренный гидролиз субстрата (ложноотрицательный результат) или реагирующие с реагентом Элмана с повышением или понижением образования жёлтого аниона (восстановители или окислители, обуславливающие ложноотрицательный или ложноположительный результат соответственно). Использование

дополнительных контрольных проб при анализе образцов по методу Элмана с возможным содержанием в них вышеперечисленных веществ может помочь только в случае восстановителей, то есть позволяет устранять только ложноотрицательные результаты [7]. Если в исследуемой пробе находятся окислители, то постановка дополнительных контрольных проб в лучшем случае будет свидетельствовать об их наличии, но не сможет помочь количественному определению ФОВ в образце.

Во всех трёх аттестованных МВИ практически отсутствует описание процедуры устранения воздействия возможных примесей на результат анализа. Для вещества типа Vx прописан способ устранения влияния окислителей, определение которых проводят с помощью йодкрахмальной бумаги, использование которой не является количественным методом. Кроме того, чувствительность данного метода явно недостаточна и зависит от субъективного восприятия. В МВИ для зомана и зарина подобный пункт об устранении влияния окислителей по непонятным причинам отсутствует вовсе. Кроме того, в текстах трёх МВИ нет ни слова об устранении влияния других примесей. Ранее нами было показано, что ложноположительное воздействие перекиси водорода на результаты анализа по методу Элмана начинает проявляться с концентрации 0,0001% [4, 8]. Принимая во внимание тот факт, что концентрация перекиси водорода в дегазирующих растворах должна быть не ниже 1%, такое влияние перекиси делает метод Элмана малоприменимым для применения в упомянутых выше условиях, даже если учесть проводимую обработку поверхностей оборудования водой. В качестве альтернативы для определения уровня загрязнения ФОВ поверхности технологического оборудования нами был предложен метод Хестрина, обладающий достаточной чувствительностью и протяжённостью линейного диапазона для проведения анализа. В методе Хестрина [9] используется принципиально иной способ визуализации реакции, позволяющий существенно снизить влияние на результат анализа сильных окислителей, восстановителей, тиолов и дисульфидов [5]. Метод Хестрина основан на определении неизрасходованного в ходе ферментативного гидролиза ацетилхолина с помощью двух последовательных химических реакций. При взаимодействии негидролизованного ацетилхолинэстеразой ацетилхолина с щелочным раствором гидроксиламин гидрохлорида образуется ацетилгидроксамовая кислота, ко-

торая в кислом растворе даёт с хлорным железом цветную реакцию.

В Федеральном реестре аттестованных методик выполнения измерений содержания отравляющих веществ (ОВ) и токсичных химикатов, указанных в списках Конвенции о запрещении химического оружия [2], отсутствуют биохимические методики измерения массовой концентрации вещества типа Vx, зарина и зомана в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Единственной утверждённой методикой по измерению массовой концентрации ФОВ в воде водных объектов является МУК 4.1.66-2004, предложенная сборником инструктивно-методических документов по проблеме уничтожения химического оружия [10]. Методика разработана и предназначена для оценки соответствия гигиеническому нормативу содержания вещества типа Vx в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования при проведении санитарно-химического контроля в районах расположения объектов уничтожения химического оружия. Данная биохимическая методика является визуальноколориметрическим методом, основанным на реакции ферментативного гидролиза ацетилхолина с образованием уксусной кислоты и изменением цвета реакционной смеси в присутствии индикатора – бромтимолового синего. Визуальная индикация привносит значительную долю субъективизма в оценку активности фермента, что обуславливает большую ошибку методики. Ещё один недостаток МВИ заключается в строгом контроле pH пробы, от которого напрямую зависит время достижения эталонной окраски, поэтому данный метод имеет весьма плохие метрологические характеристики: предел повторяемости составляет 39%, а критический диапазон – 48%. Срок действия свидетельства об аттестации методики истёк в июне 2009 г., таким образом, на сегодняшний день не существует ни одной аттестованной методики определения ФОВ в воде водных объектов. Учитывая перечисленные недостатки МУК 4.1.66-2004, основу новой методики должен составить другой метод. На наш взгляд, для этого подходит метод Элмана, поскольку в воде водоёмов, как правило, отсутствуют соединения, способные оказывать влияние на результаты, получаемые биохимическими методами. Если в исследуемой пробе нет посторонних примесей, использование метода Элмана является более предпочтительным, поскольку он отличается бы-

стротой и простотой анализа по сравнению с методом Хестрина.

Традиционные биохимические методы позволяют в короткие сроки провести анализ лишь ограниченного количества проб. С появлением в конце прошлого века новой модификации спектрофотометров, способных измерять абсорбцию в лунках 96-луночных планшетов, а также многоканальных дозаторов переменного объема, стало возможным осуществлять определение активности ферментов планшетными модификациями биохимических методов, что позволило сократить количество используемого оборудования, снизить стоимость анализа, снизить объем тестируемых проб, а также повысить производительность методов.

Разработка и аттестация новых методик выполнения измерений (МВИ) позволит повысить производительность биохимического анализа и сократить количество ложноположительных и ложноотрицательных результатов, получаемых биохимическими методами при анализе проб сложного состава, в частности проб с объектов УХО. В рамках составной части НИР «Модуль Ч» совместно с ОАО ФНТЦ «Инверсия» нами были разработаны и аттестованы МВИ по определению вещества типа Vx, зарина и зомана в смывах с поверхностей технологического оборудования, основанные на методе Хестрина. Методики внесены в отдельный раздел «1-ХО» Федерального реестра методик измерений.

Указанные методики прошли процедуры метрологической экспертизы и аттестации в аккредитованном Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии органе – ОАО ФНТЦ «Инверсия», что подтверждается тремя свидетельствами об аттестации и внесении методик в подраздел «1-ХО» Федерального реестра методик выполнения измерений.

Литература

1. Конвенция о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и об его уничтожении, русская версия // Технический

Секретариат Организации по Запрещению Химического Оружия. 2005. 181 с.

2. Аттестованные методики выполнения измерений содержания отравляющих веществ, токсичных химикатов, указанных в списках Конвенции о запрещении химического оружия // Отдельный раздел «1-ХО» федерального реестра МВИ. 2007. 241 с.

3. Munro N.B., Talmage S.S., Griffin G.D., Waters L.C., Watson A.P., King J.F., Hauschild V. The sources, fate, and toxicity of chemical warfare agent degradation products // Environ Health Perspect. 1999. V. 107. № 12. P. 933–974.

4. Prokofieva D.S., Voitenko N.G., Gustyleva L.K., Babakov V.N., Savelieva E.I., Jenkins R.O., Goncharov N.V. Microplate spectroscopic methods for determination of the organophosphate soman // Journal of Environmental Monitoring. 2010. V. 12. P. 1349–1354.

5. Прокофьева Д.С. Модификация биохимических методов оценки содержания фосфорорганических соединений в пробах сложного состава: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Пущино: Институт биофизики клетки РАН. 2010. 24 с.

6. Ellman G.L., Courtney K.D., Andres V.Jr., Featherstone R.M. A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity // Biochem. Pharmacol. 1961. V. 7. P. 88–95.

7. Прокофьева Д.С., Густылева Л.К., Курдюков И.Д., Гончаров Н.В. Способы устранения ложных результатов биохимического определения количества фосфорорганических отравляющих веществ в пробах сложного состава // Научно-технические аспекты обеспечения безопасности при уничтожении, хранении и транспортировке химического оружия: Тезисы докладов 5-й научно-практической конференции. М. 2010. С. 160–162.

8. Прокофьева Д.С. Разработка и сравнительный анализ микропланшетных биохимических методов определения фосфорорганических отравляющих веществ на примере зомана // Токсикологический вестник. 2009. № 6. С. 39–46.

9. Hestrin S. The reaction of acetylcholine and other carboxylic acid derivatives with hydroxylamine, and its analytical application // J. Biol. Chem. 1949. V. 180. № 1. P. 249–261.

10. Уйба В.В., Киселёв М.Ф., Романов В.В., Рогожников В.А., Рембовский В.Р., Филатов Б.Н. Сборник инструктивно-методических документов по проблеме уничтожения химического оружия. Часть II: Фосфорорганические отравляющие вещества. Т. III. М. 2004. 212 с.

Хемосорбционное фотометрическое определение мышьяка в газоздушных средах для целей экологического контроля и мониторинга

© 2011. О. Ю. Растегаев, к.х.н., нач. отдела,
Т. П. Толоконникова, вед. инженер, А. О. Малишевский, н.с.,
В. Н. Чупис, д.ф.-м.н., директор,
Государственный научно-исследовательский институт промышленной экологии,
e-mail: info@sar-ecoinst.org

Разработаны методики фотометрического определения неорганических соединений мышьяка для целей экологического контроля и мониторинга на уровне $3 \cdot 10^{-4}$ мг/м³. Предложен способ концентрирования соединений мышьяка из атмосферного воздуха и промышленных выбросов с помощью модифицированного гидрофильного и аэрозольного фильтров. Предлагается мышьяк определять в форме молибденовых гетерополикислот с предварительным концентрированием в виде арсина, что позволяет снизить границу определяемых содержаний до $5 \cdot 10^{-5}$ мг/м³. Методика апробирована на промышленных объектах и в программах экологического мониторинга химических предприятий.

A new methodology of arsenical inorganic compounds photometric detecting at levels of $3 \cdot 10^{-4}$ mg/m³ for the purposes of ecological monitoring was developed together with the procedure of arsenic compounds concentration from the atmospheric air and industrial emissions with a modified hydrophilic filter and an aerosol filter. Arsenic detection is made in form of molybdenic heteropoliacids with preliminary concentration in the form of arsine, which allows lowering the minimum determinability to 10^{-5} mg/m³. The methodology is approved at industrial plants and in state programs of environmental monitoring of chemical plants.

Ключевые слова: определение мышьяка, хемосорбция, газоздушные среды

Key words: arsenic detecting, chemosorbition, air-gas media

Эффективность проведения экологического контроля и мониторинга определяется наличием адаптированных к реальным условиям методик, позволяющих контролировать экологические (природоохранные) нормы предприятия [1 – 2].

Расширение границ использования соединений мышьяка в специальных отраслях промышленности приводит к появлению новых технологий переработки мышьяксодержащих природных ресурсов и отходов [3 – 5]. Для определения различных соединений мышьяка используют практически все известные аналитические методы [6 – 9]. Наибольшее распространение в исследовании природных сред получили фотометрический метод, основанный на использовании селективных реакций арсина, рентгенофлуоресцентный и атомно-абсорбционный методы.

В методиках фотометрического определения [6, 9] устранение мешающего влияния различных компонентов производят отгонкой мышьяка в виде арсина. Эти методики широко распространены в практике аналитических лабораторий благодаря простоте аппаратуры, высокой селективности и чувствительности.

Арсин переводят в окрашенные соединения двумя методами: комплексообразованием с диэтилдитиокарбаматом серебра в хлороформе или пиридине либо в виде соли молибденовомышьяковой кислоты.

В методике определения мышьяка в атмосферном воздухе населённых пунктов [9] диапазон определяемых содержаний составляет 0,001–0,006 мг/м³, что не удовлетворяет действующему санитарно-гигиеническому нормативу [1]. Кроме того, определению мешают соединения фосфора. Получение окрашенного комплекса молибденовомышьяковой кислоты проводят восстановлением гидразинном, от препаративного качества которого зависит воспроизводимость результатов анализа.

Для поглощения арсина из газоздушных сред используют жидкие поглотители: смеси растворов 0,05 М KMnO_4 с 0,05 М H_2SO_4 (скорость аспирирования 1,0 л/мин, диапазон определения мышьяка 0,01–0,1 мг/м³) и NaBrO с NaOH (скорость аспирирования 1,7 л/мин, диапазон определения 0,06–0,5 мг/м³) [10]. Эти методы не позволяют применять высокие скорости аспирирования и определять низкие концентрации на уровне $3 \cdot 10^{-4}$ мг/м³.

Фильтры с хемосорбентом позволяют увеличить скорость аспирирования, объём пробы и сократить время на пробоотбор.

Методики определения мышьяка в промышленных выбросах до настоящего времени отсутствовали.

Настоящая работа посвящена разработке новых способов хемосорбции летучих соединений мышьяка и их применению при спектрофотометрическом определении неорганических соединений мышьяка.

Фотометрические исследования проводили на спектрофотометре Cary 100 («Varian», США) ($\delta = \pm 0,003 A$) и UNICO 1200 («United Products & Instruments Inc.», США) ($\delta = \pm 0,016 A$). Отбор проб осуществляли с помощью аспираторов: ПУ-3Э (70 л/мин, $\delta = \pm 10\%$); ПУ-4Э (≤ 100 л/мин, $\delta = \pm 5\%$), AirCon2 (от 2 до 30 л/мин, $\delta = \pm 1\%$). Для отгонки и поглощения мышьяка в виде арсина применяли прибор на шлифах ГФ 5.184.088.

Рабочий раствор мышьяка ($1 \cdot 10^{-4}$ мг/мл) готовили двукратным разбавлением ГСО № 7344-96 мышьяка (III) (0,1 мг/мл) водой (1 мл ГСО до 100 мл, 10 мл этого раствора до 100 мл). Раствор готовили в день построения градуировочного графика.

В работе применяли $5,0 \cdot 10^{-4}$ М раствор J_2 , 15% раствор КJ, 1,6% раствор аскорбиновой кислоты, раствор 40,0 г $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ в 100 мл конц. HCl, 10% раствор H_2O_2 , раствор NH_3 (1:1), 1,2% раствор ацетата свинца, которым пропитывали вату. Вату применяли для устранения мешающего влияния сероводорода. Растворы аммиака и пероксида водорода применяли при минерализации немодифицированных хемосорбентом фильтров.

Раствор молибденовокислого аммония готовили растворением 4,7 г $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ в 200 мл воды, добавляли 53 мл конц. H_2SO_4 и доводили до 500 мл водой. Смешанный реактив готовили, смешивая 8 мл раствора аскорбиновой кислоты с 17 мл раствора молибденовокислого аммония. Раствор готовили в день проведения анализа. Все реактивы, используемые для анализа, были квалификации х.ч. или ч.д.а.

Для построения градуировочного графика при определении мышьяка в атмосферном воздухе в реакционный сосуд последовательно помещали 0; 1; 2; 3; 4; 6; 8; 10 мл раствора мышьяка, 50 мл воды, 5 мл конц. H_2SO_4 , 4 мл раствора КJ и 1,0 мл раствора $SnCl_2$ (для устранения мешающего влияния примесей сурьмы), раствор перемешивали и оставляли на 10 мин. В газоотводную трубку поме-

щали вату, пропитанную раствором ацетата свинца, и соединяли с отводной трубкой, которую помещали в пробирку с 3,0 мл поглотительного $5 \cdot 10^{-4}$ М раствора J_2 . Затем в реакционный сосуд добавляли 5 г гранулированного цинка и проводили отгонку в течение часа. В пробирку с поглотительным раствором добавляли 0,7 мл смешанного реактива и выдерживали 5 мин. на кипящей водяной бане. После охлаждения измеряли оптическую плотность при $\lambda = 840$ нм в кювете с $l = 10$ мм по отношению к контрольному раствору, прошедшего через все стадии анализа, но без введения мышьяка.

Градуировочный график при определении мышьяка в промышленных выбросах получали аналогично последовательным анализом градуировочных растворов, содержащих 0,001–0,02 мг мышьяка.

Растворы хемосорбентов готовили смешиванием водных растворов реагентов. Фильтры АФА, молескин, вату пропитывали раствором хемосорбента и высушивали на воздухе на часовом стекле. Фильтры, пропитанные раствором $AgNO_3$, высушивали на воздухе в тёмном месте. Фильтры с боридным никелем (NiB) готовили импрегнированием фильтра раствором $NiSO_4$, а затем наносили на фильтр раствор боргидрида натрия до появления чёрного окрашивания и высушивали на воздухе.

Выбор хемосорбента и способа пробоотбора

Исследования по хемосорбции проводили на модифицированной установке для отгонки арсина, в которой между реакционным сосудом и поглотительной склянкой располагали фильтродержатель. Арсин как наиболее летучее и токсичное соединение мышьяка пропускали через фильтры для хемосорбции. Хемосорбент на основе окислителя и NaOH поглощает мышьяк с получением стабильных малолетучих соединений (арсенитов и арсенатов).

В качестве хемосорбентов для пропитки носителей нами были выбраны следующие системы:

1. 5% раствор мочевины : 30% раствор H_2O_2 (5:1);
2. 5% раствор $KBrO_3$;
3. 15% раствор $(NH_4)_2S_2O_8$;
4. 0,1 н раствор $AgNO_3$;
5. Смесь 8% раствор $CuSO_4$: 25% раствор NH_3 (7:1);
6. Смесь 0,1 н раствор J_2 : 0,1 н раствор NaOH (1:2);

Таблица 1

Хемосорбция арсина гидрофильными фильтрами с нанесёнными окислительными и восстановительными системами
(n = 3, P = 0,95)

№ опыта	Хемосорбент	Вид фильтра	Введено мышьяка, мкг	Найдено мышьяка	
				Массовая доля, мкг	Доля сорбции, %
1	Без пропитки	АФА-ВП-20 (5 шт.)	1,0	0,22 ± 0,04	22
2	5% раствор мочевины : 30% раствор H ₂ O ₂ (5:1)	АФА-ВП-20	1,0	0,2 ± 0,04	20
3	5% раствор мочевины : 30% раствор H ₂ O ₂ (5:1)	Влажный молескин 2 слоя	1,0	0,12 ± 0,02	12
4	15% раствор (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈	Молескин	1,0	Менее 0,1	Менее 10
5	0,1 н раствор AgNO ₃	Молескин	1,0	0,15 ± 0,03	15
6	8% раствор CuSO ₄ : 25% раствор NH ₃ (7:1)	Влажный молескин	1,0	0,8 ± 0,2	80
7	0,1 н раствор J ₂ : 0,1 н раствор NaOH (1:2)	АФА-ВП-20	1,0	0,8 ± 0,2	80
8	0,1 н раствор J ₂ : 0,1 н раствор NaOH (1:2)	Бумажный фильтр «синяя лента»	1,0	Менее 0,1	Менее 10
9	0,1 н раствор J ₂ : 0,1 н раствор NaOH (1:2)	Молескин, 2 слоя	1,0	0,75 ± 0,2	75
10	0,1 н раствор J ₂ : 0,1 н раствор NaOH (1:2)	Вата медицинская h = 4 мм и молескин, 2 слоя	1,0	0,6 ± 0,1	60
11	Щелочной раствор J ₂ : сульфат меди (1:1)	Молескин	1,0	0,8 ± 0,2	80
12	Боридный никель (NiB)	Молескин	1,0	Менее 0,1	Менее 10

7. Смесь щелочного раствора J_2 (0,1 н раствор J_2 с 0,1 н раствором NaOH) : 8% раствор $CuSO_4$ (1:1);

8. Фильтр, импрегнированный боридным никелем (NiB).

Эффективность поглощения определяли по соотношению введённого мышьяка в реакционный сосуд для отгонки арсина и найденного на фильтре мышьяка.

Согласно экспериментальным данным, представленным в таблице 1, арсин на аэрозольном фильтре АФА практически не сорбируется. Фильтры, пропитанные смесями растворов 0,05 М $KMnO_4$ с 0,05 М H_2SO_4 и NaBrO с NaOH, не подходят в качестве хемосорбента из-за малого срока хранения такого фильтра. Лучшей поглотительной способностью обладают гидрофильные фильтры из молескина, пропитанные щелочным раствором йода, со степенью поглощения 75–80%. Незначительное увлажнение фильтра повышает его поглотительную способность. Каталитическая система (NiB) и сильные окислители оказались малоэффективными.

Нами предложен комбинированный способ отбора газовойздушной мышьяксодержащих проб с помощью аэрозольного фильтра (поглощение аэрозольных частиц солей и оксидов мышьяка) и гидрофильного фильтра, обработанного хемосорбентом (поглощение гидрида мышьяка).

Условия аспирирования газовойздушной смеси подбирали таким образом, чтобы достичь максимальных скоростей пробоотбора при условии максимальной степени поглощения аэрозольных и газообразных компонентов. По ходу потока отбираемой пробы первым помещали фильтр АФА-ВП-20, вторым – фильтр из молескина, пропитанный смесью щелочного раствора J_2 (0,1 н раствор J_2 с 0,1 н раствором NaOH) и 8% раствора $CuSO_4$ (1:1) и увлажнённый водой.

На основе результатов исследований разработаны методики фотометрического определе-

ния неорганических соединений мышьяка в атмосферном воздухе и промышленных выбросах.

Исходя из значений ПДК мышьяка в атмосферном воздухе ($3 \cdot 10^{-4}$ мг/м³) и из предварительных исследований содержания мышьяка в атмосферном воздухе, выбран диапазон определяемых содержаний от $5 \cdot 10^{-5}$ до $5 \cdot 10^{-4}$ мг/м³.

Отбор проб проводят аспирированием воздуха в объёме 2000 л со скоростью ~70 л/мин в течение 30 мин с помощью аспиратора ПУ-3Э.

Пробоподготовку фильтров проводят экстракцией в течение 10 мин в 20 мл воды, подогретой до 40–45 °С. Экстракт переливают в реакционный сосуд для отгонки арсина. Смывы с фильтра присоединяют к основному экстракту и проводят отгонку арсина.

Градуировочный график линейен в диапазоне определяемых содержаний мышьяка от $0,5 \cdot 10^{-4}$ до $5,0 \cdot 10^{-4}$ мг/м³ ($y = 0,121 \cdot C$).

Правильность результатов по разработанной методике проверена с помощью государственного стандартного образца по методу «введено – найдено». Известное количество мышьяка наносили на фильтры, высушивали на воздухе и определяли содержание мышьяка. Введённые количества и полученные результаты с расчётом стандартного отклонения приведены в таблице 2.

Методика была апробирована на реальных пробах атмосферного воздуха.

Исходя из значений нормативов ПДВ неорганических соединений мышьяка в промышленных выбросах предприятий, а также ПДК для рабочей зоны (максимальная ПДК_{ра.з.} 0,04 мг/м³ и среднесменная ПДК_{п.з.} 0,01 мг/м³) [2], выбран диапазон определяемых содержаний мышьяка в промышленных выбросах от $5,0 \cdot 10^{-4}$ до 5,0 мг/м³.

Пробоотбор проводят аспиратором ПУ-4Э на фильтр АФА-ВП-20 и на фильтр с хемосорбентом из ткани «молескин» по схеме, приведённой в таблице 3.

Таблица 2

Оценка достоверности определения содержания мышьяка в атмосферном воздухе и промышленных выбросах (n = 5, P = 0,95)

Атмосферный воздух			Промышленные выбросы		
Введено, мкг	Найдено, мкг	S_r	Введено, мкг	Найдено, мкг	S_r
0,1	0,099 ± 0,02	0,26	1,0	1,07 ± 0,21	0,05
0,2	0,19 ± 0,04	0,14	2,0	1,94 ± 0,39	0,03
0,4	0,40 ± 0,08	0,07	4,0	4,02 ± 0,80	0,01
0,6	0,59 ± 0,12	0,05	6,0	5,97 ± 1,20	0,01
0,8	0,81 ± 0,16	0,04	8,0	8,03 ± 1,61	0,007
1,0	0,99 ± 0,20	0,03	10,0	10,01 ± 2,00	0,005

Таблица 3

Режим пробоотбора неорганических соединений мышьяка на фильтры АФА-10 и АФА-20

Диапазон концентраций, мг/м ³	Тип aspirатора	Скорость отбора, л/мин	Время отбора, мин	Объём пробы, л
От 0,0005 до 0,005	ПУ-3Э	70	30	2100
	ПУ-4Э	20	105	
От 0,005 до 0,2	ПУ-3Э	70	15	1000
	ПУ-4Э	20	50	
От 0,2 до 1,0	ПУ-4Э	20	15	300
От 1,0 до 5,0	ПУ-4Э	10	10	100

Фильтры обрабатывали по алгоритму, описанному в методике определения мышьяка в атмосферном воздухе.

Правильность результатов анализа проверена с помощью государственного стандартного образца по методу «введено – найдено». Известное количество наносили на фильтры, высушивали на воздухе и определяли содержание мышьяка. Введённые количества и полученные результаты с расчётом стандартного отклонения приведены в таблице 2. Градуировочный график линеен в диапазоне определяемых содержаний мышьяка от $5,0 \cdot 10^{-4}$ до $5,0 \text{ мг/м}^3$ ($y = 0,029 \cdot C$).

Таким образом, разработаны эффективные методики хемосорбционного фотометрического определения соединений мышьяка в атмосферном воздухе и промышленных выбросах для целей экологического контроля и мониторинга.

Литература

1. ГН 2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых мест.

2. ГН 2.2.5.1313-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

3. Копылов Н.И., Каминский Ю.Д. Мышьяк. Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2004. 363 с.

4. Бекер С., Дерре Р., Штельт Е. // Рос. хим. ж. 1993. Т. 37. № 3. С. 29–33.

5. Фёдоров В.А. // Рос. хим. ж. 1993. Т. 37. № 3. С. 46–57.

7. Немодрук А.А. Аналитическая химия мышьяка. М.: Наука, 1976. 222 с.

8. Кулагина Н.В., Тихомирова Т.И., Сорокина Н.М., Фадеева В.И., Цизин Г.И., Золотов Ю.А. // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2. Химия. 1994. Т. 35. № 2.

9. Турусова Е.В., Королёва Л.В., Додин Е.И., Будников Г.К. // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2002. Т. 68. № 8. С. 17–19.

10. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. М.: Госкомгидромет СССР, 1991. 145 с.

11. Муравьёва С.И., Казнина Н.И., Прохорова Е.К. Справочник по контролю вредных веществ в воздухе. М.: Химия, 1988. 320 с.

12. Перегуд Е.А. Санитарно-химический контроль воздушной среды. Л.: Химия, 1978. 336 с.

Химико-аналитический контроль содержания отравляющих веществ в почвах. Метрологический аспект

© 2011. Б. С. Пункевич, д.ф.-м.н., ген. директор,
С. В. Садовников, к.х.н., нач. отдела,
М. А. Землякова, нач. сектора, К. С. Лось, аспирант,
Федеральный научно-технический центр метрологии систем
экологического контроля «Инверсия»,
e-mail: inversiyaDIR@yandex.ru

В соответствии с Программой национальной стандартизации в ОАО ФНТЦ «Инверсия» разработан национальный стандарт ГОСТ Р 8.713-2010 «Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологическое обеспечение уничтожения химического оружия. Общие требования к методикам измерений содержания отравляющих веществ и продуктов их деструкции в почвах». ГОСТ Р 8.713-2010 рекомендуется для количественного определения отравляющих веществ и продуктов их деструкции в почвах не только при функционировании объектов химического разоружения, но и при дальнейшем их перепрофилировании после окончания работ.

Under the Program of national standardization JSC STC «Inversion» the All-Union State Standard P 8.713-2010 «State system of measurements uniformity guarantee support. Metrological provision of chemical weapon destruction process. General requirements to measurement methods of detecting chemical agents and their destruction products concentration in soils» has been developed. All-Union State Standard P 8.713-2010 is to be applied for quantitative measurement of chemical agents and their destruction products concentration in soils both during the period of the chemical disarmament plants' operating and after their further conversion.

Ключевые слова: химическое оружие, отравляющие вещества, методика измерений, почва
Key words: chemical weapon, chemical agents, measurement methods, soil

Контроль безопасности функционирования объектов по хранению и уничтожению химического оружия (ХО) на протяжении всего жизненного цикла от ввода объектов в эксплуатацию до полной ликвидации последствий их деятельности является одним из приоритетных направлений реализации Федерального закона «Об уничтожении химического оружия».

Для своевременного принятия решений по обеспечению безопасности функционирования объектов по уничтожению ХО необходимо постоянное получение оперативной информации о содержании отравляющих веществ (ОВ) и токсичных продуктов их детоксикации в контролируемых средах, а также информации о динамике возможного изменения их концентрации. Вследствие этого огромное значение приобретает разработка и адаптация методик определения ОВ, обеспечивающих достоверность результатов измерений при систематическом химико-аналитическом контроле на уровне установленных санитарно-гигиенических нормативов.

По состоянию на февраль 2011 г. разработано около 330 методик определения ОВ и продуктов их детоксикации в объектах техноген-

ной и окружающей среды, составивших методическую основу систем производственного, санитарно-гигиенического и экологического контроля. Методики прошли метрологическую экспертизу и аттестацию с учётом данных межлабораторного эксперимента и внесены в отдельный раздел «1-ХО» Федерального реестра методик измерений, который формирует и ведёт ОАО ФНТЦ «Инверсия» как головная организация Росстандарта по метрологическому обеспечению химического разоружения в Российской Федерации.

На рисунке приведена общая схема состава аттестованных методик в разделе «1-ХО» Федерального реестра методик измерений.

Следует отметить, что требования к разрабатываемым методикам измерений (МИ) оказывались не всегда оптимальными и прогрессивными, так как отсутствовали нормативные документы, регламентирующие требования к методикам определения ОВ и продуктов их детоксикации в различных средах.

При отсутствии нормативных документов на методики определения ОВ разработчики методик руководствовались требованиями, предъявляемыми к МИ общепромыш-

ленных загрязнителей. Однако эти нормативные документы не учитывают специфические свойства ОВ, к которым следует отнести высокую токсичность, и как следствие «жесткие» санитарно-гигиенические нормативы, и высокую летучесть некоторых из них.

Таким образом, возникла необходимость разработки ГОСТов в области количественного определения ОВ. Это целесообразно не только при функционировании объектов химического разоружения, но и при дальнейшем их перепрофилировании после окончания работ. Перепрофилирование объектов по уничтожению ХО предусматривает приведение в безопасное состояние производственных зданий и сооружений, непосредственно задействованных в процессе уничтожения

ОВ, переработку всех отходов, накопившихся в процессе работы объектов, санацию почв на загрязнённых участках территории бывшего хранения ХО и промышленной зоны объектов, утилизацию всех видов отходов, которые образуются уже в ходе самих ликвидационных мероприятий.

В первую очередь это относится к МИ, предназначенным для контроля содержания ОВ в почвах, так как некоторые методики измерений содержания ОВ в почвах следует пересмотреть в связи с истечением срока действия свидетельств об аттестации или изменением санитарно-гигиенических нормативов, а для ряда токсичных продуктов детоксикации ОВ такие методики в полной мере не разработаны.

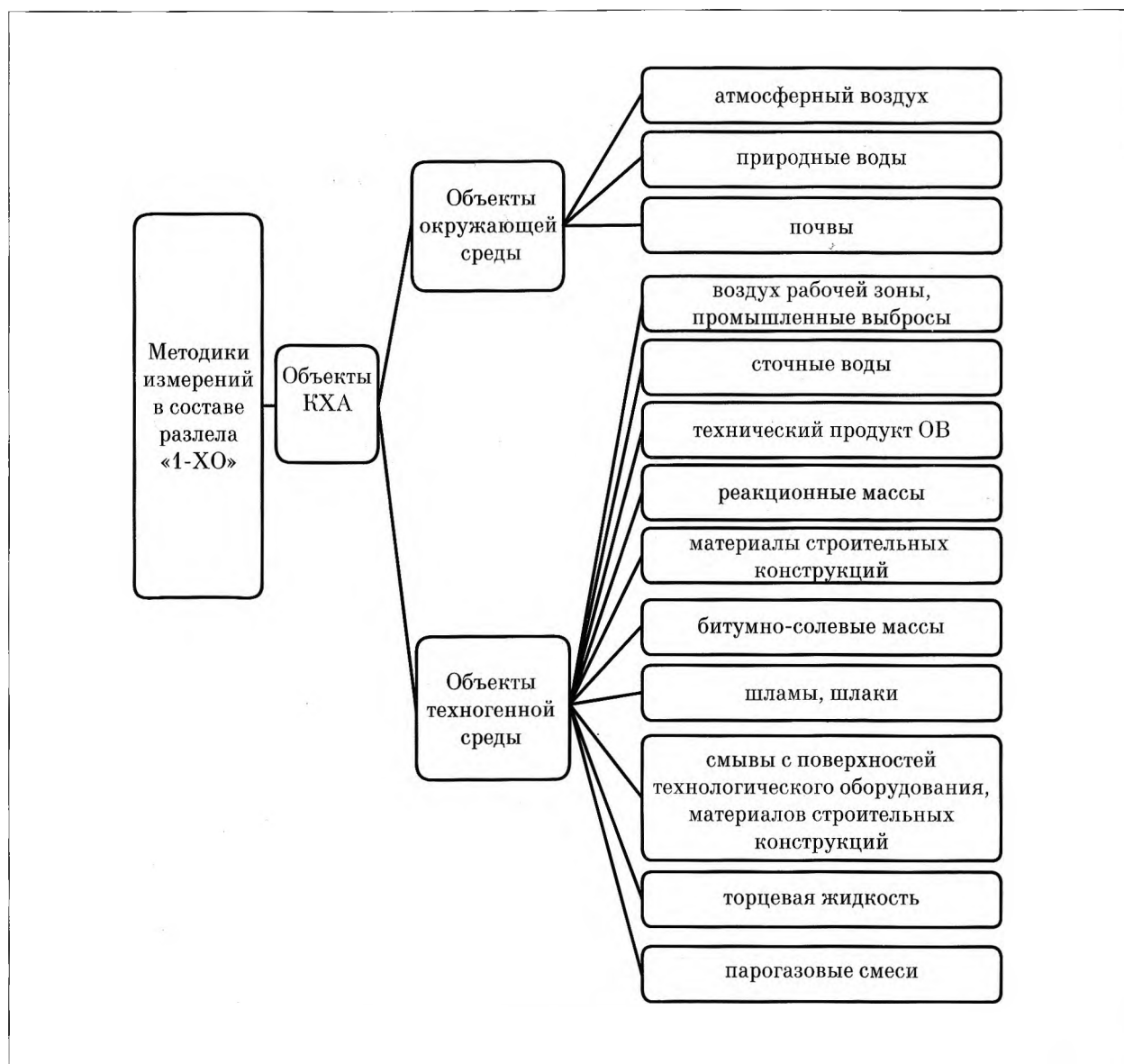


Рисунок. Общая схема состава аттестованных методик в разделе «1-ХО» Федерального реестра методик измерений

На сегодняшний момент в разделе «1-ХО» доля «почвенных» методик составляет около 15% общего количества аттестованных МИ. Единственным надежным методом для определения ОВ в почве является газожидкостная хроматография в сочетании с масс-спектрометрией и другими методами детектирования.

Данные по диапазонам измерений и значениям приписанных погрешностей МИ содержания ОВ и продуктов их детоксикации в почве газохроматографическим методом приведены в таблице 1.

В соответствии с Программой национальной стандартизации в ОАО ФНТЦ «Инверсия» разработан национальный стандарт ГОСТ Р 8.713-2010 «Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологическое обеспечение уничтожения химического оружия. Общие требования к методикам измерений содержания отравляющих веществ и продуктов их деструкции в почвах». ГОСТ Р 8.713-2010 утверждён и вводится в действие с 01.07.12 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30.11.10 № 724-ст.

При разработке стандарта проведён анализ действующих международных и национальных стандартов для определения требований, которые должны быть установлены в раз-

рабатываемом стандарте. Определена возможность гармонизации требований разработанного национального стандарта с аналогичными требованиями международных стандартов.

В настоящее время в РФ действуют два нормативных документа, в которых определены требования к методикам содержания загрязняющих веществ в почвах – ГОСТ 17.4.3.03-85 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ» и ГОСТ 29269-91 «Почвы. Общие требования к проведению анализов». Однако оба этих документа не учитывают специфику ОВ, которая была рассмотрена выше.

Проанализированы требования международных стандартов: ИСО 13877:1998 «Качество почвы. Определение содержания полициклических ароматических углеводородов. Метод с применением жидкостной хроматографии высокого разрешения», ИСО 11465:1993 «Качество почвы. Определение содержания сухих веществ и воды по массе. Гравиметрический метод», и в том числе (в связи с отсутствием подобных стандартов для почв), ИСО 8466-1:1990 «Качество воды. Калибрование и оценка аналитических методов и определение рабочих характеристик. Часть 1. Статистический метод оценки линейной калибровочной функции», ИСО 8466-2:2001 «Качество воды. Калибрование и оценка аналити-

Таблица 1

Диапазоны измерений и значения приписанных погрешностей методик измерения содержания отравляющих веществ и продуктов их детоксикации в почве

Анализируемое вещество	Диапазон измерений, мг/кг	Приписанная погрешность, ±%
Люизит	$5,0 \cdot 10^{-3} - 5,0$	19–30
Иприт	$8,0 \cdot 10^{-3} - 5,0$	20–31
Зарин	$7,0 \cdot 10^{-5} - 2,0 \cdot 10^{-3}$	27–41
Зоман	$3,0 \cdot 10^{-5} - 30,0 \cdot 10^{-5}$	15–25
ОВ типа Vx	$1,0 \cdot 10^{-5} - 50,0 \cdot 10^{-5}$	32–40
Оксид люизита	$2,0 \cdot 10^{-2} - 5,0$	26–33
β-хлорвиниларсоновая кислота	$1,9 \cdot 10^{-1} - 20,0$	36
1,4-дитиан	0,1–20,0	20
Диэтилентиогликоль	0,5–1000,0	17–20
Тиодигликоль	1,0–200,0	32
Метилфосфоновая кислота	$2,0 \cdot 10^{-3} - 30,0$	22
Диизобутиловый эфир метилфосфоновой кислоты	0,5–15,0	18
О-изобутилметилфосфонат	0,1–50,0	37
О-пинаколилметилфосфонат	0,1–50,0	45
О-изопропилметилфосфонат	0,1–50,0	43

Таблица 2

Несоответствия в нормативных документах

Требования нормативных документов	Практическое применение
ГОСТ 17.4.3.03-85 устанавливает нижний предел диапазона методик измерений на уровне 0,1 ПДК	<p>Требование ГОСТ 17.4.3.03-85 не выполнено, в частности, при разработке методик определения одного из самых сильных экотоксикантов - бенз(а)пирена - М 03-04-2007, ПНД Ф 16.1:2.2.2:3.39-03, МУК 4.1.1274-03. Диапазон этих МИ составляет от $5,0 \cdot 10^{-3}$ до 2,0 мг/кг, в то время как ПДК бенз(а)пирена в почве = $2,0 \cdot 10^{-2}$ мг/кг.</p> <p>Минимально определяемые концентрации ОВ находятся на уровне чувствительности детекторов, повысить чувствительность за счёт увеличения массы пробы не представляется возможным.</p> <p>С учётом санитарно-гигиенических нормативов (например, ПДК иприта в почве составляет $5 \cdot 10^{-2}$ мг/кг) требование к диапазону МИ не может быть применено к методикам, предназначенным для контроля ОВ</p>
ГОСТ 17.4.3.03-85 устанавливает предел воспроизводимости на уровне 30%, что обуславливает довольно низкий (на уровне 20%) норматив погрешности	<p>В ГОСТ 27384-2002 «Вода. Нормы погрешности измерений показателей состава и свойств» прописано требование, что для методик, в которых диапазон определяемых массовых концентраций веществ составляет от 0,01 до 0,10 мг/дм³, допускается погрешность $\pm 30\%$.</p> <p>В случае более низких концентраций допускается погрешность до $\pm 80\%$.</p> <p>Учитывая значения ПДК ОВ в почве (ПДК зарина $2 \cdot 10^{-4}$, ПДК зомана $1 \cdot 10^{-4}$, ПДК ОВ типа Vx $5 \cdot 10^{-5}$ мг/кг) и то обстоятельство, что почва значительно более сложная матрица, чем вода, представляется нецелесообразным установление предела воспроизводимости на уровне 30%</p>
В ГОСТ 29269-91 рекомендовано перед анализом высушивать пробу до воздушно-сухого состояния в сушильном шкафу до постоянного веса $\pm 0,2$ г при температуре (100-105) °С	<p>Учитывая то обстоятельство, что зарин, зоман и люизит являются весьма летучими соединениями, можно с уверенностью предположить, что данная процедура будет приводить к значительным потерям анализа.</p> <p>Требуется регламентация требований к сушильным шкафам, в которых проводится высушивание пробы. Например, сухую массу почвы определяют на отдельной пробе в соответствии с ИСО 11465.</p> <p>Предложено содержание влаги в почве определять на отдельной подвыборке исходной пробы в соответствии с ИСО 11465 и затем учитывать при обработке результатов анализа</p>
В ГОСТ 29269-91 содержание вещества в почве предлагается выражать в миллионных долях, % или миллимолях эквивалента на 100 г почвы.	<p>В ГОСТ 8.417-2002 «ГСИ. Единицы величин» не предусматривается размерность мг/кг, размерность выражается в % масс. Однако все санитарно-гигиенические нормативы оперируют размерностью мг/кг.</p> <p>В соответствии с международным стандартом ИСО 13877, устанавливающим количественное определение полициклических ароматических углеводородов в почве, результат анализа также выражают в мг/кг</p>
ГОСТ 17.4.3.03-85, ГОСТ 29269-91	<p>Данные отечественные документы не регламентируют количество точек при построении градуировочной характеристики в отличие от ИСО 8466-1 и ИСО 8466-2, предусматривающих градуировку не менее чем по шести градуировочным растворам</p>

ческих методов и определение рабочих характеристик. Часть 2. Методология калибрования для нелинейных калибровочных функций второго порядка».

Имеющиеся несоответствия в нормативных документах и применение их требований на практике рассмотрены в таблице 2.

Проведённый анализ существующей нормативной базы, определяющей требования к методикам определения общепромышленных загрязнителей в почве, показал, что невозможно автоматически перенести содержащиеся в них требования к МИ, предназначенным для контроля содержания ОБ и продуктов их детоксикации в почвах. Это связано в первую очередь с высокой токсичностью аналитов и в ряде случаев с их высокой летучестью.

При разработке ГОСТа необходимо было в первую очередь уточнить требования к диапазону измерений и приписанной погрешности методики.

Так, ГОСТ 17.4.03-85 устанавливает нижний предел диапазона МИ на уровне 0,1 ПДК, предел воспроизводимости 30%, что подразумевает приписанную погрешность МИ на уровне 20%. Установлено, что выполнение данных требований в случае ОБ представляется экономически нецелесообразным.

Обзор разработанных МИ содержания ОБ и продуктов их детоксикации в почве показал, что наиболее оптимальным требованием к вновь разрабатываемым (пересматриваемым) методикам является нижняя граница диапазона – 0,8 ПДК. Из обзора следует, что требования к приписанной погрешности необходимо установить в зависимости от ПДК аналита на уровне от 30 до 80%.

Установлено, что степень извлечения ОБ и продуктов их детоксикации из матрицы зависит от типа почвы, следовательно, в разрабатываемом документе необходимо детализировать процедуру верификации МИ в конкретных лабораториях.

Ряд положений действующего ГОСТ 29269-91 противоречит международным стандартам, следовательно, при разработке ГОСТа необходимо провести гармонизацию с международными стандартами, а именно:

- определение содержания влаги привести в соответствии с ИСО 11465;
- построение градуировочной характеристики в соответствии с ИСО 8466-1 и ИСО 8466-2;
- требования к испытательному оборудованию в соответствии с ИСО 11465;

– требование размерности, в которой выражен результат анализа, в соответствии с ИСО 13877;

– в разрабатываемом документе необходимо детализировать процедуру верификации методики в конкретных лабораториях.

Таким образом, в ГОСТ Р 8.713-2010 установлены следующие требования и рекомендации к разработке МИ содержания ОБ и продуктов их детоксикации в почвах.

1. Методика измерений разрабатывается в том случае, когда имеется санитарно-гигиенический норматив аналита или он находится в стадии разработки.

2. Обзор разработанных методик измерений содержания ОБ и продуктов их детоксикации в почвах показал, что наиболее оптимальным диапазоном измерений к вновь разрабатываемым или пересматриваемым методикам является:

- минимально определяемое содержание ОБ и продуктов их детоксикации не более 0,8 ПДК аналита в почве;
- максимально определяемое содержание ОБ и продуктов их детоксикации не менее 8,0 ПДК аналита в почве.

3. Приписанная погрешность измерений содержания ОБ и продуктов их детоксикации в почвах устанавливается от 30 до 80% в зависимости от ПДК аналита в почве.

4. Установление нормативов контроля точности результатов измерений МИ должно быть проведено с учётом требований ГОСТ Р ИСО 5725-(1-6)-2002 и РМГ 61-2003 в рамках межлабораторного эксперимента с привлечением независимых лабораторий, аккредитованных на техническую компетентность в области проведения количественного химического анализа ОБ и продуктов их детоксикации.

Учитывая специфику и объективные трудности проведения количественного химического анализа ОБ и продуктов их детоксикации, в межлабораторном эксперименте при аттестации методики измерений участвуют не менее двух независимых лабораторий (данное требование подтверждено решением НТС Госстандарта России от 06.07.04). В отличие от ГОСТ Р ИСО 5725-(1-6)-2002, где минимальное количество лабораторий, участвующих в межлабораторном эксперименте, равно 8.

5. МИ, используемые при определении содержания ОБ и продуктов их детоксикации в почвах, должны быть аттестованы или стандартизованы в соответствии с требованиями ГОСТ Р 8.563-2009.

6. Результат анализа выражают в миллиграммах на килограмм (мг/кг), измеряемая величина – содержание аналита в почве.

7. Построение градуировочной характеристики аналита проводят с использованием не менее шести градуировочных растворов.

8. Так как степень извлечения ОБ и продуктов их детоксикации из матрицы зависит от типа почвы, то необходимо чётко установить коэффициент извлечения аналита из каждого вида почв.

Способы определения коэффициента:

- установление коэффициента разработчиком методики для каждого типа почв;
- внесение в анализируемую пробу близкого к аналиту по физико-химическим свойствам модельного вещества;

– установление при верификации методики измерений в лаборатории не только внутрилабораторной погрешности, но и лабораторного коэффициента извлечения, полученного на почвах, характерных для конкретного объекта по уничтожению ХО.

ГОСТ Р 8.713-2010 рекомендуется для количественного определения ОБ и продуктов их детоксикации в почвах не только при функционировании объектов химического разоружения, но и при их перепрофилировании после окончания работ, а также для широкой номенклатуры токсичных химикатов, для которых не подходят ГОСТы на общепромышленные загрязнители.

УДК 623.459.84:005.93

Системы экологического менеджмента на объектах по уничтожению химического оружия

© 2011. В. П. Капашин¹, д.т.н., начальник, Б. С. Пункевич², д.ф.-м.н., ген. директор, Е. М. Загребин², к.т.н., зам. ген. директора, В. Н. Фокин², к.т.н., нач. отдела, Е. И. Кислова², зам. нач. отдела,

¹Федеральное управление по безопасному хранению и уничтожению химического оружия,

²Федеральный научно-технический центр метрологии систем экологического контроля «Инверсия»,
e-mail: inversiyaDIR@yandex.ru

В статье изложены вопросы создания, внедрения и сертификации систем экологического менеджмента (СЭМ) и их метрологического обеспечения на объектах по уничтожению химического оружия (УХО) в соответствии с требованиями принятого в России международного стандарта ИСО 14001. Внедряемые СЭМ направлены на повышение экологической безопасности процесса уничтожения химического оружия на объектах УХО.

The article is about creation, implementation and certification of systems of ecological management (SEM) and their metrological support in chemical weapon destruction (CWD) plants in accordance with requirements of International Standard ISO 14001 accepted in Russia. SEM being implemented are intended to raise ecological safety of the process of destruction of chemical weapons in CWD facilities.

Ключевые слова: система экологического менеджмента, уничтожение химического оружия, стандарт ИСО 14001, экологическая безопасность

Key words: system of ecological management, chemical weapon destruction, ISO 14001 standard, ecological safety

Подписание в 1993 г. Конвенции о запрещении химического оружия (ХО) явилось серьёзным шагом человечества в направлении оздоровления экологической обстановки и сохранения биосферы Земли. Состояние окружающей среды, влияние её загрязнения на здоровье граждан и их будущих поколений

в последнее время все более вызывает озабоченность ведущих политиков и мировой общественности.

Ратификация Российской Федерацией указанной Конвенции в 1997 г. имеет не только национальное, но и международное значение, и поэтому процесс химического разору-

жения находится под контролем инспекторов международной Организации по запрещению химического оружия (ОЗХО) и пристальным вниманием мировой прессы.

Уничтожение ХО – сложная и уникальная проблема, связанная прежде всего с обеспечением безопасности людей и окружающей среды. Поэтому процесс уничтожения ХО в Российской Федерации проводится в рамках государственной политики в области разоружения и на основании принятых нормативных правовых актов. Работы ведутся в соответствии с Федеральной целевой программой «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» 1996 года, имеющей статус президентской. Основной задачей данной Программы является создание и обеспечение безопасного функционирования объектов по уничтожению ХО в регионах, где хранилось химическое оружие. Это касается прежде всего предотвращения возможного загрязнения окружающей среды токсичными химикатами, продуктами их деструкции и другими вредными веществами. Правовой основой реализации различных аспектов Программы являются федеральные законы «Об уничтожении химического оружия» (от 02.05.97 № 96-ФЗ) и «О техническом регулировании» (от 27.12.02 № 184-ФЗ).

Результаты выполнения Программы подробно освещались в печати и в целом свидетельствуют о значительных достижениях в выполнении намеченных задач. Так, в ноябре 2009 г. завершён третий этап Программы, по итогам выполнения которого было уничтожено 45% запасов отравляющих веществ. Однако перманентное ужесточение экологических требований, особенно актуальных для России, заставляет искать пути к повышению результативности работ по решению задач химического разоружения. Такая постановка вопроса отвечает требованиям Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию [1] и Экологической доктрины Российской Федерации [2].

Наиболее результативным является путь создания систем, сочетающих административное управление предприятием с экологическим менеджментом, отвечающим требованиям стандарта ГОСТ Р ИСО 14001-2007 «Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению». Как показывает международная практика, производственная система экологического менеджмента (СЭМ) при надлежащем исполнении обладает значительным синергетическим эф-

фектом взаимного усиления слагаемых систем менеджмента. Опыт по созданию СЭМ в рамках выполнения Программы химического разоружения может иметь особое значение для России и в том отношении, что она значительно отстаёт от развитых стран в использовании стандартов ИСО серии 14000.

Создание, внедрение и метрологическое обеспечение функционирования СЭМ на объектах уничтожения ХО особенно актуально, так как направлено на повышение экологической безопасности процесса уничтожения ХО, достигаемой путём систематизации осуществления природоохранной деятельности в соответствии с требованиями международного стандарта ИСО 14001, принятого в России в качестве ГОСТ Р.

Важная роль в создании СЭМ на объектах по уничтожению ХО принадлежит метрологическому обеспечению её функционирования, что соответствует выполнению требований указанного стандарта по контролю её результативности, мониторингу и измерению специфических показателей воздействия на окружающую среду микроколичеств отравляющих веществ и продуктов их деструкции, способных оказывать смертельное токсическое воздействие супермалых количеств на живые организмы. Проведение измерений микроколичеств токсичных химикатов производится по аттестованным методикам измерений отравляющих веществ в различных средах – воздухе промышленных, санитарно-защитных зон и зон защитных мероприятий объектов, воде водоёмов, сточных водах, почве и др.

Специфика мониторинга и измерений в СЭМ объектов по уничтожению ХО заключается в обеспечении возможностей измерения супермалых количеств токсичных химикатов. В качестве примера в таблице 1 показаны возможности измерения ряда контролируемых показателей загрязнения окружающей среды токсичными химикатами.

Первым объектом, на котором была внедрена СЭМ в период 2006–2007 годов в соответствии с ГОСТ Р ИСО 14001-98 «Система управления окружающей средой. Требования и руководство по применению», является объект по уничтожению ХО в г. Камбарка Удмуртской Республики. В октябре 2007 г. СЭМ этого объекта успешно прошла сертификацию в системе добровольной сертификации «Военный Регистр».

В связи с выходом в конце 2007 г. новой версии стандарта ГОСТ Р ИСО 14001-2007 документация СЭМ объекта по уничтожению ХО

Таблица 1

Возможности по контролю показателей загрязнения элементов окружающей среды токсичными химикатами

Объект контроля	Контролируемый параметр	Диапазон измерений
Атмосферный воздух	Массовая концентрация ОБ типа Vх	от $2,5 \cdot 10^{-8}$ до $50,0 \cdot 10^{-8}$, мг/м ³ (от 0,5 до 10 ОБУВ)
	Массовая концентрация зарина	от $1,0 \cdot 10^{-7}$ до $20,0 \cdot 10^{-7}$, мг/м ³ (от 0,5 до 10 ОБУВ)
	Массовая концентрация зомана	от $0,5 \cdot 10^{-7}$ до $10,0 \cdot 10^{-7}$, мг/м ³ (от 0,5 до 10 ОБУВ)
Почва	Содержание ОБ типа Vх	от $5,0 \cdot 10^{-5}$ до $50,0 \cdot 10^{-5}$, мг/кг (от 1 до 10 ПДК)
	Содержание зарина	от $7,0 \cdot 10^{-5}$ до $70,0 \cdot 10^{-5}$, мг/кг (от 0,4 до 3,5 ПДК)
	Содержание зомана	от $1,5 \cdot 10^{-5}$ до $30,0 \cdot 10^{-5}$, мг/кг (от 0,2 до 3,0 ПДК)
Природная вода	Массовая концентрация ОБ типа Vх	от $2,0 \cdot 10^{-6}$ до $20,0 \cdot 10^{-6}$, мг/дм ³ (от 1 до 10 ПДК)
	Массовая концентрация зарина	от $0,5 \cdot 10^{-4}$ до $5,0 \cdot 10^{-4}$, мг/дм ³ (от 1 до 10 ПДК)
	Массовая концентрация зомана	от $0,5 \cdot 10^{-5}$ до $5,0 \cdot 10^{-5}$, мг/дм ³ (от 1 до 10 ПДК)

«Камбарка» актуализирована в соответствии с новыми требованиями, а сама система повторно сертифицирована на соответствие требованиям нового стандарта в 2009 г.

В общем виде СЭМ создается путём выполнения основных работ, представленных в таблице 2.

Сбор, обобщение и анализ показателей воздействия объекта по уничтожению ХО на окружающую среду, оценка их соответствия применимым нормативно-правовым требованиям невозможны без метрологического обеспечения функционирования СЭМ.

Стандартом ГОСТ Р ИСО 14001-2007 (п. 4.5.1) предусмотрено использование для мониторинга и измерений калиброванного или поверенного оборудования, его техническое обслуживание, обеспечение хранения соответствующих записей. Согласно п. 4.3.3 данного стандарта в СЭМ необходимо устанавливать измеримые экологические цели и задачи. Контроль их достижения и, следовательно, контроль реализации экологической политики и обеспечения результативности системы также основан на решении метрологических задач.

Стандарт ГОСТ Р ИСО 14001-2007, в соответствии с требованиями которого создаются СЭМ, не подменяет законодательных, нормативных и других требований, предъявляемых к природоохранной деятельности. СЭМ, созданная в соответствии с требованиями стандарта, является одним из инструмен-

тов административного управления объектом. Она направлена на выполнение законодательных и нормативных требований, способствующих повышению экологической безопасности функционирования объекта.

Учитывая потенциальную опасность объектов по уничтожению ХО, создание и сертификация СЭМ на данных объектах представляется важной и актуальной. Наиболее очевидной мотивацией создания и внедрения СЭМ на объекте по уничтожению ХО являются:

- уменьшение финансовых затрат (например, за счёт предотвращения или сокращения штрафных санкций со стороны органов государственного экологического контроля);
- уменьшение риска административной и уголовной ответственности;
- правовая безопасность в результате чёткого соблюдения природоохранного законодательства;
- экономия ресурсов путём их более рационального использования;
- оценивание риска возникновения аварийных ситуаций и разработка мер по их предупреждению;
- повышение репутации объекта в глазах общественности, населения, проживающего в районе расположения объекта, вследствие признания их заинтересованности в стабильной экологической обстановке;

Перечень основных работ, выполняемых при создании, внедрении и метрологическом обеспечении функционирования СЭМ на объектах по уничтожению ХО

Наименование работ	Результат работ
Сбор, обобщение и анализ экологических аспектов деятельности объектов по уничтожению ХО и показателей их воздействий на окружающую среду (атмосферный воздух, сточные воды, почву), образование отходов и возможные аварийные ситуации	Реестр экологических аспектов и их воздействий
Идентификация законодательных и нормативных актов, содержащих требования по ограничению воздействия на окружающую среду	Реестр законодательных и нормативных актов
Проведение занятий с руководителями подразделений объекта	Информирование персонала
Разработка руководства по СЭМ	Руководство по СЭМ
Разработка руководящих документов, содержащих документированные процедуры СЭМ (стандарты организации), включая управление контрольно-измерительными приборами	Документированные процедуры СЭМ
Разработка методики выявления значимых экологических аспектов	Методика
Проведение экспертной оценки экологических аспектов и их ранжирования по значимости воздействия на окружающую среду	Комплект анкет и форм регистрации данных
Выявление значимых экологических аспектов и показателей их воздействия	Реестр значимых экологических аспектов
Проведение занятий с назначенной экспертной группой объекта	Приказ о назначении группы. Учебный план
Установление целей и задач в СЭМ	Экологические цели и задачи
Разработка экологической политики объекта	Экологическая политика
Разработка планирования в СЭМ	Программы, планы
Разработка программы достижения экологических целей и задач	Программа
Разработка программы внутренних аудитов	Программа
Подготовка группы внутренних аудиторов	Приказ о назначении группы. Учебный план.
Проведение предсертификационного аудита	Отчёт
Разработка организационных документов для сертификации СЭМ, например, в системе «Военный Регистр»	Приказ, план
Проведение сертификации	Протоколы выявленных несоответствий, акт проверки СЭМ объекта, отчет, решение сертификационной комиссии, сертификат соответствия
Распорядительные документы по внедрению и сертификации СЭМ объекта	Приказы

- снижение социальной напряженности в районе расположения объекта;
- поддержание связей со средствами массовой информации;
- защита здоровья людей, животных и растений;
- совершенствование общей системы административного управления;
- наведение и поддержание экологического порядка на территории объекта, в его санитарно-защитной зоне, зоне защитных мероприятий, в складском хозяйстве, при размещении и удалении отходов производства и т. д.;

- повышение экологической сознательности персонала объекта;
- экономия средств за счёт сокращения объёма отходов.

Кроме того, важной мотивацией создания СЭМ на объектах по уничтожению ХО может служить обеспечение соответствия деятельности объектов международным требованиям, так как оно находится под международным контролем, а также обеспечение условий безопасного хранения и уничтожения ХО.

С 2007 года выполнялись работы по созданию и внедрению СЭМ на объекте по уничтожению ХО в пос. Мирный Кировской об-

ласти. В конце 2008 года эта система сертифицирована на соответствие требованиям стандарта ГОСТ Р ИСО 14001-2007, получен сертификат соответствия. В 2010 году были сертифицированы СЭМ объектов по уничтожению ХО в пос. Леонидовка Пензенской области и г. Щучье Курганской области.

Планируется распространение опыта создания, внедрения, обеспечения функционирования и сертификации СЭМ и на другие объекты по уничтожению ХО. Внедрение СЭМ на этих объектах будет способствовать повышению экологической безопасности процессов уничтожения ХО.

Сертификация СЭМ осуществляется в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании», требованиями ГОСТ Р ИСО/МЭК 17021-2008 [3], а также руководящих документов системы добровольной сертификации «Военный Регистр».

Целью сертификации СЭМ объектов по уничтожению ХО является подтверждение того, что данные СЭМ внедрены и функционируют в соответствии с ГОСТ Р ИСО 14001-2007. К сертификации СЭМ объектов по уничтожению ХО привлекаются специалисты системы добровольной сертификации «Военный Регистр». Заявителями этой системы являются Рособоронзаказ, ФСВТС России, Росстандарт, Госкорпорация «Росатом», РСПП. Система введена в действие постановлением Госстандарта России и уже 11 лет оказывает предприятиям и организациям услуги по подтверждению соответствия.

Система «Военный Регистр» предназначена для сертификации систем менеджмента предприятий оборонного комплекса промышленности, выпускающих продукцию военного и двойного назначения, а также производящих утилизацию вооружения и военной техники, подлежащей уничтожению.

Орган по сертификации СЭМ ОАО ФНТЦ «Инверсия» входит в состав соответствующих органов системы «Военный Регистр». Штат этого органа состоит из специалистов с базовым экологическим и химическим образованием, в том числе закончивших высшее учебное заведение военно-химического профиля

(Военную академию радиационной, химической и биологической защиты и инженерных войск), имеющих опыт работ с токсичными химикатами, прошедших специальную подготовку в российских и зарубежных учебных центрах указанного профиля. ОАО ФНТЦ «Инверсия» является уполномоченной организацией Quality Austria международной сертификационной сети IQNet, а также головной организацией по метрологическому обеспечению проблемы химического разоружения в Российской Федерации.

За время существования органом были сертифицированы СЭМ в десятках организаций и промышленных предприятий, таких как ООО «Специализированный морской нефтеналивной порт «Приморск», ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт химии и механики», ООО «Ураласбест», ОАО «Заволжский завод гусеничных тягачей» и др. Созданы и подготовлены к сертификации СЭМ в ОАО «Международный аэропорт «Шереметьево», ООО «Газпром трансгаз Махачкала» и в ряде других организаций.

Опыт создания и применения СЭМ на промышленных предприятиях России, в том числе и на объектах по уничтожению ХО в г. Камбарка, пос. Мирный, пос. Леонидовка и г. Щучье, подтверждает целесообразность распространения системы экологического менеджмента и на другие объекты химического разоружения, а также на предприятия химической промышленности, в том числе связанные с применением и утилизацией опасных и вредных химических веществ.

Литература

1. Указ Президента Российской Федерации от 01.04.96 № 440 «О Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию».
2. Экологическая доктрина Российской Федерации, одобренная распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 августа 2002 г. № 1225-р.
3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17021-2008 «Оценка соответствия. Требования к органам, проводящим аудит и сертификацию систем менеджмента».

КОНВЕНЦИИ О ЗАПРЕЩЕНИИ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ – 15 ЛЕТ

29 апреля 2012 года исполняется 15 лет вступления в силу Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении (Конвенция о запрещении химического оружия).

Конвенция о запрещении химического оружия – многостороннее юридически обязывающее соглашение, предусматривающее запрещение целого класса оружия массового уничтожения.

Конвенция была принята Генеральной Ассамблеей ООН 30 ноября 1992 года. 13 января 1993 в Париже Генеральный секретарь ООН открыл её для подписания.

Конвенция вступила в силу 29 апреля 1997 года спустя 180 дней после того, как была ратифицирована 65-м её участником (Венгрией).

Российская Федерация ратифицировала Конвенцию 5 ноября 1997 года.

Государствами-участниками Конвенции была учреждена Организация по запрещению химического оружия (ОЗХО) для реализации предмета и целей Конвенции, для обеспечения осуществления ее положений, включая положения о международной проверке её соблюдения, и для обеспечения форума для консультаций и сотрудничества между государствами-участниками.

Каждое государство-участник в соответствии со своими конституционными процедурами принимает необходимые меры по выполнению своих обязательств по Конвенции.

Для выполнения своих обязательств по Конвенции каждое государство-участник назначает или учреждает Национальный орган, который выступает в качестве национального координационного центра для эффективной связи с ОЗХО и другими государствами-участниками.

В Российской Федерации в настоящее время функции Национального органа по выполнению обязательств по Конвенции осуществляет Департамент обеспечения реализации конвенционных обязательств Минпромторга России.

Согласно положениям Конвенции каждое государство-участник обязуется никогда, ни при каких обстоятельствах:

- не разрабатывать, не производить, не приобретать иным образом, не накапливать или не сохранять химическое оружие или не передавать прямо или косвенно химическое оружие кому бы то ни было;
- не применять химическое оружие;
- не проводить любых военных приготовлений к применению химического оружия;

– не помогать, не поощрять или не побуждать каким-либо образом кого бы то ни было к проведению любой деятельности, запрещаемой государству-участнику по Конвенции.

Кроме этого в соответствии с требованиями Конвенции каждое государство-участник обязуется:

- уничтожить химическое оружие, которое находится в его собственности или владении или которое размещено в любом месте под его юрисдикцией или контролем, в соответствии с положениями Конвенции;
- уничтожить все химическое оружие, оставленное им на территории другого государства-участника, в соответствии с положениями Конвенции;
- уничтожить любые объекты по производству химического оружия, которые находятся в его собственности или владении или которые размещены в любом месте под его юрисдикцией или контролем, в соответствии с положениями Конвенции;
- не использовать химические средства борьбы с беспорядками в качестве средства ведения войны.

Сегодня, в канун 15-летней годовщины вступления Конвенции в силу уже 188 из 195 государств-членов ООН являются государствами-участниками Конвенции. Из 7 оставшихся государств 2 подписали, но ещё не ратифицировали Конвенцию (Мьянма и Израиль). 5 государств не подписали Конвенцию (Ангола, Северная Корея, Египет, Сомали и Сирия).

На государства-члены ОЗХО уже приходится 98% населения и суши земного шара, а также 98% мировой химической промышленности. Это самая быстрорастущая международная организация по разоружению в истории. Организация Объединенных Наций призвала все государства присоединиться к Конвенции о запрещении химического оружия и избавить мир от угрозы, которую химическое оружие представляет для международной безопасности.

Шесть государств-участников Конвенции (Албания, государство-участник, Индия, Ливийская Арабская Джамахирия, Российская Федерация и Соединенные Штаты Америки), которые объявили о владении химическим оружием, должны уничтожить 8,67 миллиона единиц, включая боеприпасы и контейнеры, содержащие в общей сложности 71 195 метрических тонн высокотоксичных ОВ.

13 государств-участников Конвенции (Босния и Герцеговина, Китай, Франция, Индия, Ис-

ламская Республика Иран, Ливийская Арабская Джамахирия, Российская Федерация, Сербия, Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии, Соединенные Штаты Америки, Франция, Япония и одно другое государство-участник) объявили 70 объектов по производству химического оружия.

Всего в ОЗХО было объявлено 230 объектов, связанных с химическим оружием.

По состоянию на 30 ноября 2011 г. под контролем ОЗХО уже уничтожено 50 619 метрических тонн или 71,10% мировых объявленных запасов и 3,95 миллиона или 45,56% общего числа объявленных химических боеприпасов и контейнеров, охватываемых Конвенцией о запрещении химического оружия.

Также под контролем ОЗХО выведено из эксплуатации 100% объявленных объектов по производству химического оружия. Все они подпадают под беспрецедентно строгий режим проверки. Из 70 объявленных объектов по производству химического оружия в отношении 64 были выданы удостоверения об уничтожении (43) или конверсии на мирные цели (21).

Российская Федерация в рамках процедур Конвенции объявила 7 объектов по хранению химического оружия и 24 объекта по производству химического оружия. Общие объявленные запасы химического оружия Российской Федерации, подлежащие уничтожению в рамках конвенционных обязательств, на момент объявления составили 40 тыс. тонн отравляющих веществ.

Уничтожение объявленных запасов ХО в Российской Федерации осуществляется в соответствии с «Федеральной целевой программой уничтожения запасов химического оружия в Российской Федерации». В рамках данной программы было создано и введено в эксплуатацию 6 объектов по уничтожению химического оружия, расположенных в непосредственной близости от соответствующих объектов по хранению химического оружия (п. Горный Саратовской области, г. Камбарка Удмуртской Республики, п. Мирный Кировской области, п. Леонидовка Пензенской области, г. Щучье Курганской области и г. Почеп Брянской области).

Кроме этого завершается строительство 7-го российского объекта по уничтожению химического оружия (г. Кизнер Удмуртской Республики), введение в эксплуатацию которого запланировано на 2013 год.

По состоянию на 1 февраля 2012 года в Российской Федерации под контролем ОЗХО уничтожено 24043,18 метрических тонн отравляющих веществ, что составляло 60,16% от объявленных совокупных количеств.

Осуществление основных работ по созданию объектов по уничтожению ХО, их эксплуатации возложено на Федеральное управление по безопасному хранению и уничтожению химического оружия при Министерстве торговли и промышленности Российской Федерации.

Наряду с уничтожением собственных запасов химического оружия Российская Федерация в полном объеме выполняет свои конвенционные обязательства в отношении объявленных объектов по производству химического оружия.

Из 24 объявленных российских объектов по производству ХО 8 объектов физически уничтожены и им выданы сертификаты ОЗХО о завершении уничтожения.

Для остальных 16 российских объектов по производству химического оружия получено разрешение ОЗХО на конверсию и на 15 из них завершено создание коммерческих конверсионных производств.

В целом, прошедшие 15 лет после вступления Конвенции о запрещении в силу показали, что она представляет собой один из самых полных инструментов международного права, принятых к настоящему времени в области разоружения. Конвенция запрещает не только целую категорию оружия массового поражения но и устанавливает полный и непрерывный режим проверки. Конвенция сегодня одно из самых эффективных средств борьбы с распространением оружия массового поражения. Она устанавливает более высокие стандарты для системы проверки, таким образом предотвращает новые опасные угрозы. Кроме этого Конвенция представляет собой очень эффективный инструмент гуманитарного права; так как рассматривает применение химического оружия как международное преступление.

Ключевым элементом Конвенции является система её проверки со стороны ОЗХО. Проверка предусматривает непрерывное наблюдение на месте за ходом уничтожения химического оружия и систематическую проверку уничтожения бывших объектов по его производству. Контролю подлежат также химические производства веществ – химикатов, которые потенциально могут послужить для изготовления химоружия. Государства-участники Конвенции обязаны обеспечить так называемый режим нераспространения таких веществ, предусматривающий их производство и использование исключительно в мирных целях. Задача проверки промышленности, основанная на наблюдении за данными и инспекциях на месте, – это вторая основная цель проверки, призванная обеспечить нераспространение химического оружия.

Без сомнения, и, в дальнейшем, Конвенция о запрещении химического оружия по-прежнему будет играть важнейшую роль в обеспечении уничтожения и нераспространения химического оружия в мире.

О. В. Адосев, к.т.н., с.н.с. Научно-исследовательского центра Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия

БИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

29-30 ноября 2011 г. в Вятском государственном гуманитарном университете состоялась всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Биологический мониторинг природно-техногенных систем». Конференция была проведена при поддержке Вятского государственного гуманитарного университета, Института биологии Коми НЦ УрО РАН и филиала Кирово-Чепецкого химического комбината ОАО «ОХК «УРАЛХИМ».

В работе конференции приняли участие 230 человек, из них 34 – из других городов России (Сыктывкар, Москва, Тула, Н. Новгород, Стерлитамак, Апатиты, Самара, Н. Тагил, Курган, Красноярск, Новосибирск). На конференцию поступили материалы из Казахстана и Украины, что позволило придать статус конференции с международным участием. Традиционно среди участников конференции наиболее многочисленной была делегация сотрудников Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Всего в оргкомитет конференции поступило 172 статьи, которые вошли в сборник материалов конференции, опубликованный в двух частях.

В работе конференции приняли участие представители академических институтов, образовательных учреждений, природоохранных служб, таких как Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения РАН, Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН, Институт леса им. Н. В. Сукачева СО РАН, Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан, Зональный НИИСХ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого РАСХН, Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов, Вятский государственный гуманитарный университет, Вятская государственная сельскохозяйственная академия, Тульский государственный университет, Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, Нижнетагильская государ-

ственная социально-педагогическая академия, Уфимский государственный нефтяной технический университет, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Самарский государственный университет, Сыктывкарский государственный университет, Государственный природный заповедник «Нургуш», Региональный центр государственного экологического контроля и мониторинга по Кировской области, Региональный центр государственного экологического контроля и мониторинга по Курганской области, Департамент экологии и природопользования по Кировской области, Ростехнадзор, Росприроднадзор по Кировской области.

Открытие конференции состоялось 29 ноября 2011 г. С приветствием к участникам конференции обратились первый проректор Вятского государственного гуманитарного университета А. И. Богданов, проректор по научно-исследовательской работе Вятского государственного гуманитарного университета Ю. А. Балыбердин, заместитель председателя правительства Кировской области Г. Н. Мачехин, руководитель управления Росприроднадзора по Кировской области И. М. Гизатуллин, начальник Кировского областного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, руководитель комиссии по экологии Общественной палаты Кировской области М. О. Френкель, заместитель руководителя Камского бассейнового водного управления, начальник отдела водных ресурсов по Кировской области А. С. Тимонов.

С докладами на пленарном заседании выступили д.м.н., профессор кафедры экологии ВятГГУ В. Ю. Охупкина – «Влияние экотоксикантов на иммунную систему человека», к.б.н., доцент, заведующая кафедрой экологии ВятГГУ Л. В. Кондакова – «Специфика группировок почвенных водорослей и цианобактерий природных и техногенных ландшафтов», к.б.н., профессор кафедры экологии и природопользования Сибирского федерального университета Ю. С. Григорьев – «Ин-

струментальные методики биотестирования токсичности вод».

Работа конференции включала 5 секций: «Экология организмов и механизмы их адаптации к среде обитания»; «Мониторинг в условиях техногенного загрязнения»; «Методы биоиндикации и биотестирования в оценке качества окружающей среды»; «Экология микроорганизмов»; «Экологическое образование. Социальная экология».

Секция 1. «Экология организмов и механизмы их адаптации к среде обитания» (руководители – д.б.н. Н. П. Савиных, д.б.н. А. И. Видякин, к.б.н. С. В. Пестов, Л. Г. Целищева). На секции присутствовали 42 человека из Сыктывкара, Н. Новгорода, Н. Тагила, Самары, Кирова и Кировской области, было представлено 18 докладов. Доклады были посвящены экологии растительных и животных организмов и закономерностям их адаптации к среде обитания, изучению состояния и перспектив развития сети особо охраняемых природных территорий.

Секция 2. «Мониторинг в условиях техногенного загрязнения» (руководители – д.т.н. Т. Я. Ашихмина, к.х.н. А. М. Слободчиков). В работе секции приняли участие 36 человек из разных организаций: Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Региональный центр государственного экологического контроля и мониторинга по Кировской области, Региональный центр государственного экологического контроля и мониторинга по Курганской области, Россельхозцентр по Кировской области, Кировские коммунальные системы, Вятский государственный гуманитарный университет, Вятская государственная сельскохозяйственная академия. На секции было представлено 20 докладов, которые были посвящены вопросам рационального природопользования, качества природных сред и объектов в зонах влияния промышленных предприятий. Представителями регионального центра государственного контроля и мониторинга по Кировской области были представлены результаты государственного экологического контроля и мониторинга на территории СЗЗ и ЗЗМ объекта уничтожения химического оружия «Марадыковский», проведён анализ данных, полученных химическими и биологическими методами, сделано заключение об отсутствии негативных эффектов на окружающую среду в ходе функционирования объекта по уничтожению химического оружия.

Секция 3. «Методы биоиндикации и биотестирования в оценке качества окружающей среды» (руководители – д.б.н. И. Г. Широких, к.б.н. Е. А. Домнина). В работе секции приняли участие 67 человек из разных городов (Самара, Н. Тагил, Апатиты, Сыктывкар, Тула, Курган, Киров). Было представлено 14 устных докладов, которые

посвящены изучению реакций живых организмов разной систематической принадлежности на действие широкого спектра поллютантов, оценке состояния почвенной микрофлоры и биологической активности почв в зонах техногенного влияния, накоплению тяжёлых металлов в грибах в условиях городской среды.

Секция 4. «Экология микроорганизмов» (руководители – д.б.н. Л. И. Домрачева, к.б.н. Л. В. Кондакова, д.м.н. В. Ю. Охалкина). На секции присутствовали 36 человек из г. Новосибирска, г. Сыктывкара, г. Тулы, г. Кирова. Было представлено 13 докладов, которые посвящены изучению микробного комплекса почв и его изменению в условиях химического загрязнения, разработке методов оценки токсичности природных сред с помощью микроорганизмов, разработке биосенсоров на основе микроорганизмов.

Секция 5. «Экологическое образование. Социальная экология» (руководители – к.п.н. Е. В. Беренева, И. М. Зарубина, В. М. Рябов). В работе секции приняло участие 27 человек из Н. Новгорода, Сыктывкара, Кирова. Тематика докладов была разнообразной: экологическое образование в современном мире и в старших классах, проведение работ по экологическому образованию и просвещению в заповедниках и экологических центрах, проблемы здоровья населения.

На заключительном заседании участники конференции отметили высокий уровень представленных на секциях докладов, активность молодых учёных, аспирантов. Ежегодно на конференцию поступает большое количество материалов из разных регионов России приезжают экологи, преподаватели вузов и научные сотрудники с целью обмена опытом, планирования совместных исследований. Оргкомитет конференции поблагодарил участников за работу на конференции и пригласил всех принять участие в юбилейной X Всероссийской научно-практической конференции «Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем», которая традиционно состоится в конце ноября 2012 г.

*В.Г. Мохнаткин, д.т.н., проректор
Вятской государственной
сельскохозяйственной академии,
Т. Я. Ашихмина, сопредседатель
оргкомитета конференции, д.т.н.,
профессор, зав. лабораторией биомониторинга
Института биологии
Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ;
С. Ю. Огородникова,
ответственный секретарь оргкомитета
конференции, к.б.н., с.н.с. лаборатории
биомониторинга Института биологии
Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ*

ОБЩЕСТВЕННО-НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ЭКОЛОГИЯ»

**Если вас заинтересовал журнал «Теоретическая и прикладная экология»
и вы хотите получать его регулярно, необходимо:**

юридическим лицам:

– оплата подписки осуществляется на основании выставляемого редакцией счёта на оплату. Для получения счёта на оплату подписки вам необходимо направить заявку на подписку с указанием реквизитов организации, периода подписки, подробного адреса доставки и контактного телефона по e-mail: info@ecoregion.ru или по тел. /факс (8-499) 129-28-31.

физическим лицам:

– оплатить итоговую сумму подписки через Сбербанк на р/с ООО ИД «Камертон» на основании подписного купона. В бланке перевода разборчиво укажите свои Ф. И. О. и подробный адрес доставки, в графе «Вид платежа» укажите: оплата за подписку на журнал «Теоретическая и прикладная экология» за номер(а) ____ 201 __г. в количестве ____ экземпляров, в т. ч. НДС 10%.

– направить (в конверте) на почтовый адрес редакции (Россия, 119017, г. Москва, Старомонетный пер., 29. Генеральному Директору ООО Издательский Дом «Камертон» Б.И. Кочурову): 2 экземпляра заполненного купона, который является формой договора присоединения (ГК РФ Часть первая, ст. 428) и копию квитанции об оплате.

Стоимость подписки:

на год (4 номера) – 1000 рублей,
на полгода (2 номера) – 500 рублей,
на 1 номер – 250 рублей.

Реквизиты ООО Издательский дом «КАМЕРТОН»:

ИНН 7718256717, КПП 771801001, БИК 044525225,
Р/с 40702810038170105862, к/с 3010181040000000225
в Краснопресненском отделении №1569/01175 Сбербанка
России в Москве

**Подписку на журнал с любого месяца текущего года
в необходимом для Вас количестве можно оформить через редакцию,
а на второе полугодие 2012 г. – в любом почтовом отделении,
по каталогу агентства «РОСПЕЧАТЬ» – подписной индекс 82027
Справки по тел. (8-499) 129-28-31; e-mail: info@ecoregion.ru**



Теоретическая
и прикладная
экология

ПОДПИСНОЙ КУПОН

Срок подписки с _____ по _____ 200__ г.

номер журнала	1	2	3	4
количество экземпляров				

Стоимость подписки _____

Адрес для доставки журнала _____

Кому _____

Подпись подписчика _____

Почтовый адрес редакции: Россия, 119017,
г. Москва, Старомонетный пер., 29
Тел/факс: 8(499) 129-28-31,
E-mail: info@ecoregion.ru



Теоретическая
и прикладная
экология

ПОДПИСНОЙ КУПОН

Срок подписки с _____ по _____ 200__ г.

номер журнала	1	2	3	4
количество экземпляров				

Стоимость подписки _____

Адрес для доставки журнала _____

Кому _____

Подпись подписчика _____

Почтовый адрес редакции: Россия, 119017,
г. Москва, Старомонетный пер., 29
Тел/факс: 8(499) 129-28-31,
E-mail: info@ecoregion.ru



Дворец водного спорта
в г. Пенза



Новая школа в микрорайоне Солнечный
г. Пензы

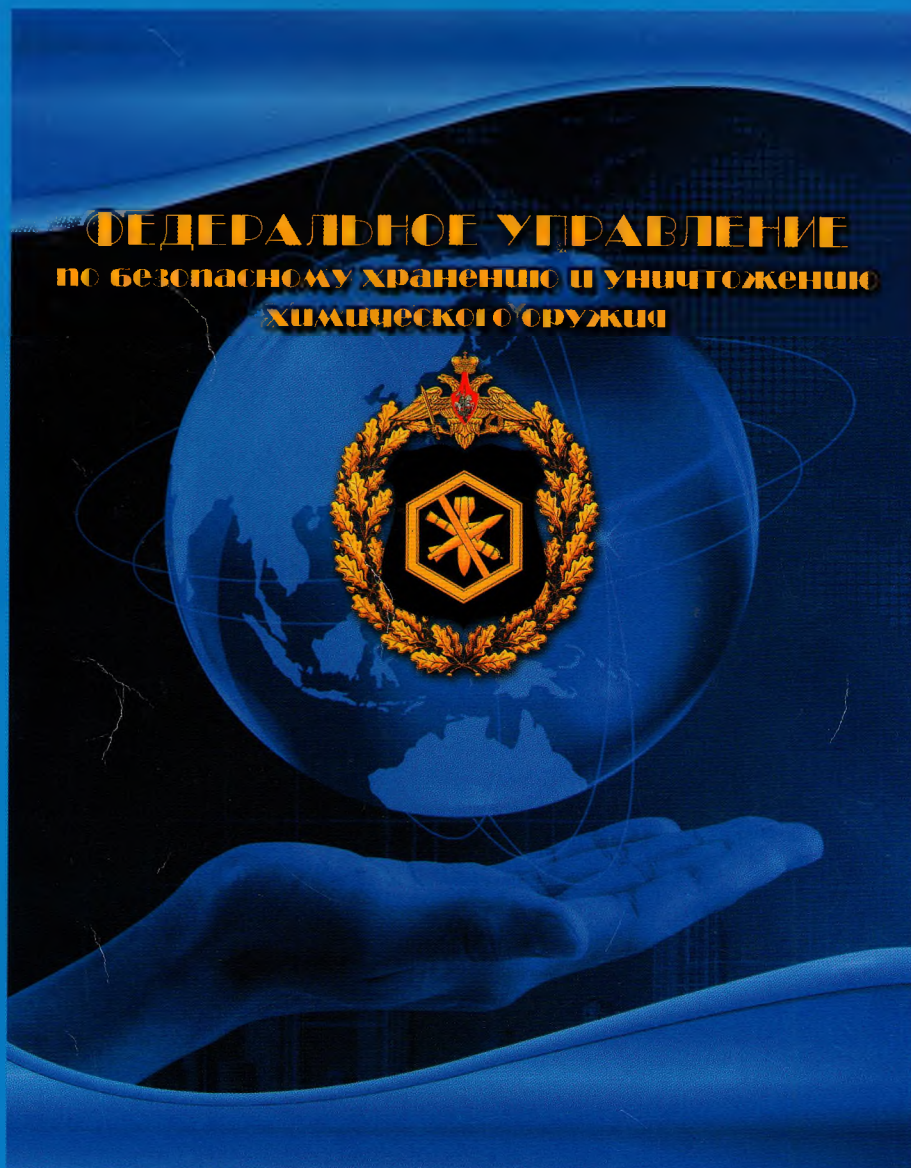


Жилой микрорайон для работников объекта
в г. Щучье Курганской области



Центральная районная больница
г. Почеп Брянской области

Индекс 82027, 48482



ISSN 1995-4301



9 771995 430004