



Теоретическая и прикладная ЭКОЛОГИЯ

№4

ВЫПОЛНЕНИЕ
РОССИЕЙ
КОНВЕНЦИИ
О ЗАПРЕЩЕНИИ
ХИМИЧЕСКОГО
ОРУЖИЯ

МЕТОДЫ
И ТЕХНОЛОГИИ
ПРИ УНИЧТОЖЕНИИ
ХИМИЧЕСКОГО
ОРУЖИЯ

АНАЛИТИЧЕСКОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ПРОЦЕССА
УНИЧТОЖЕНИЯ
ХИМИЧЕСКОГО
ОРУЖИЯ

ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ

МОНИТОРИНГ
ОБЪЕКТОВ ПО
УНИЧТОЖЕНИЮ
ХИМИЧЕСКОГО
ОРУЖИЯ

ХРОНИКА
СОБЫТИЙ И
МЕРОПРИЯТИЙ

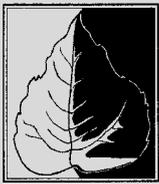
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ВЫПУСК ЖУРНАЛА, ПОСВЯЩЁННЫЙ НАУЧНЫМ ДОСТИЖЕНИЯМ И РАЗРАБОТКАМ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ ПО УНИЧТОЖЕНИЮ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

Федеральная целевая программа «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» успешно реализуется во всех шести регионах России.



На четвёртом завершающем этапе уничтожения химического оружия в Российской Федерации 2013 год ознаменован вводом 19 декабря в эксплуатацию последнего, завершающего объекта уничтожения химического оружия в п. Кизнер Удмуртской Республики, а также вводом новой технологической линии уничтожения боеприпасов сложной конструкции 6 декабря на объекте «Марадыковский» в Кировской области, завершающей уничтожение химического оружия на данном объекте.

В преддверии нового 2014 года государственный оборонный заказ 2013 года выполнен успешно. В плане решения задач по уничтожению химического оружия 2014 год будет не менее напряженным, чем 2013 год.



*Теоретическая
и прикладная*
ЭКОЛОГИЯ
№ 4, 2013

**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 промыш-
ленности, 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

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.Г. Ильницкий д.э.н., директор ОАО «Научно-исследо-
вательский проектно-изыскательский
институт «Кировпроект»
А.П. Трегуб к. и. н., директор ФБУ «Государственный
научно-исследовательский институт
промышленной экологии»

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 «Росатома», председатель
Российского экологического конгресса
Л.И. Домрачева д.б.н., профессор Вятской государственной
сельскохозяйственной академии
И.Е. Дубовик д.б.н., профессор Башкирского
государственного университета
Г.П. Дудин д.б.н., зав. кафедрой биологии растений,
селекции и семеноводства, микробиологии
Вятской государственной
сельскохозяйственной академии
Г.А. Евдокимова д.б.н., профессор, заместитель директора
Института проблем промышленной экологии
Севера Кольского НЦ РАН
И.А. Жуйкова к.г.н., доцент Вятского государственного
гуманитарного университета
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
Л.В. Кондакова д.б.н., зав. кафедрой экологии Вятского
государственного гуманитарного университета
Б.И. Кочуров д.г.н., профессор, ведущий научный
сотрудник Института географии РАН

Журнал издаётся при поддержке
Департамента реализации конвенционных
обязательств Министерства промышленности
и торговли РФ в рамках ФПЦ «Уничтожение
запасов химического оружия в РФ»,
ФГБОУ ВПО «Вятский государственный
гуманитарный университет»

Издание зарегистрировано
Федеральной службой по надзору в сфере
массовых коммуникаций, связи
и охраны культурного наследия
Свидетельство о регистрации
ПФ № 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,
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
Фото на обложке предоставлено ФБУ ГосНИИЭНП
Перевод – Ирина Кондакова
Выпускающий редактор Мария Зелаева
© Оформление. Издательство «О-Краткое»
Директор издательства «О-Краткое»
Евгений Дрогов

Подписано в печать 27.12.2013. Формат 60x84¹/₈.
Печать офс. Бумага офс. Усл.п.л. 12,5.
Тираж 1500 экз. Заказ № 210.

Отпечатано в полном соответствии с качеством
предоставленных материалов
в ООО «Кировская цифровая типография»
610000, г. Киров, ул. Спасская, 4

-
- 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 Цзилиньского аграрного университета, иностранный член Россельхозакадемии (КНР)
- В.А. Малинников** д.т.н., профессор, проректор 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 ОООР «Экосфера»)
- О.Ю. Растегаев** д.х.н., заместитель директора ФБУ «Государственный научно-исследовательский институт промышленной экологии»
- 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 РАСХН
- 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. Шаповрев** 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 РФ
-

По вопросам размещения рекламы и публикации статей обращаться:
610002, г. Киров, ул. Красноармейская, 26,
тел./факс 8 (8332) 37-02-77.
E-mail: ecolab2@gmail.com; ecolab@vshu.kirov.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ВЫПОЛНЕНИЕ РОССИЕЙ КОНВЕНЦИИ О ЗАПРЕЩЕНИИ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

- В. И. Холстов* Итоги реализации Федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в РФ» в преддверии 2014 года 6
- В. П. Капашин, А. И. Поляков, В. А. Круглов* Обеспечение экологической и промышленной безопасности объектов по уничтожению химического оружия 10
- Г. Н. Мачехин* Уничтожение химического оружия в Кировской области 19

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРИ УНИЧТОЖЕНИИ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

- А. И. Поляков, В. Д. Назаров* Методологическая и методическая база обеспечения экологической и промышленной безопасности объектов по уничтожению химического оружия 21
- В. Б. Антипов, А. Х. Хасанов* Научно-технические аспекты оптимизации процесса доставки химических боеприпасов ствольной и реактивной артиллерии на объекты по уничтожению химического оружия 26
- Б. Н. Филатов, Н. Г. Британов, В. Г. Кирюхин, В. В. Клаучек, А. А. Масленников, Л. П. Точилкина* Методические аспекты обоснования ориентировочно безопасных уровней загрязнения помещений токсикантами после деконтаминации 34
- К. К. Стяжкин, С. В. Петров, А. С. Туманов, Н. В. Завьялова, К. А. Воробьев, В. В. Тетерин, И. П. Погорельский, А. А. Лещенко, А. Г. Лазыкин, В. С. Менухова* Биопрепарат для ремедиации почвы в пределах зоны защитных мероприятий объекта уничтожения химического оружия «Марадыковский» 41

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА УНИЧТОЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

- А. Ю. Кармишин, Д. А. Зыгин, Ю. А. Егорова, М. А. Гольшев, А. Ю. Исаева* Обоснование выбора соединений, образующихся в процессе детоксикации зомана, для их использования в качестве целевых химикатов, подтверждающих тип уничтожаемого отравляемого вещества 49
- В. Г. Петров, М. А. Шумилова, О. С. Набокова, Н. Д. Смолина* Изучение подвижности арсенита натрия в некоторых образцах почвы при моделировании воздействия атмосферных осадков в виде дождя 52
- Б. Н. Филатов, А. А. Масленников, Н. Г. Британов, С. А. Демидова, Е. В. Дерягина* Эколого-токсикологическая оценка опасности загрязнения зарином отходов после печей объектов по уничтожению химического оружия 57

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

- С. В. Сербин, А. И. Поляков, В. Д. Назаров* Нормативно-правовые аспекты в сфере обеспечения экологической и промышленной безопасности при уничтожении химического оружия 64
- Э. Т. Гайнуллина, Д. К. Пуликова, С. В. Керко, В. Н. Фатеев* Потенцирующий синергизм ксенобиотиков – как негативный фактор в системе обеспечения безопасности экологии 70

СОДЕРЖАНИЕ

МОНИТОРИНГ ОБЪЕКТОВ ПО УНИЧТОЖЕНИЮ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И МЕДИЦИНСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА ОБЪЕКТОВ

ХРОНИКА

RUSSIA'S IMPLEMENTATION OF THE CONVENTION ON PROHIBITION OF CHEMICAL WEAPONS

METHODS AND TECHNOLOGIES OF CHEMICAL WEAPONS DECOMMISSION

<i>В. И. Холстов, О.Ю. Растегаев, Т. Я. Ашихмина</i> Многоуровневая система производственного экологического контроля и мониторинга при уничтожении запасов химического оружия в Российской Федерации	76
<i>Е. В. Товстик, С. Ю. Огородникова, Е. А. Домнина, И. Г. Широких</i> Динамика актиномицетных комплексов в почвах лесных фитоценозов вблизи объекта по уничтожению химического оружия «Марадыковский»	88
<i>О. М. Плотникова, М. А. Григорович, С. Ю. Максимовских, Б. И. Кудрин, А. Н. Евдокимов</i> Биоиндикация как метод биологического мониторинга в районе расположения объекта по уничтожению химического оружия в г. Щучье	93
<i>О. А. Василенко, С. П. Лось</i> Система гигиенических мероприятий по профилактике заболеваний персонала, занятого на работах по уничтожению химического оружия	98
<i>Б. Н. Филатов, Н. Г. Британов, В. В. Клаучек, Н. В. Крылова, Л. А. Доброшенко</i> Гигиенические аспекты безопасности полигонов захоронения отходов от ликвидации объектов по уничтожению химического оружия	104
IV Всероссийский съезд по охране окружающей среды	110

CONTENTS

<i>V. I. Kholstov</i> Results of the federal target program «Destruction of chemical weapons stockpiles in the Russian Federation» on the eve of 2014	6
<i>V. P. Kapashin, A. I. Polyakov, V. A. Kruglov</i> Providing industrial and ecological safety of chemical weapons decommission plants	10
<i>G. N. Machekhin</i> Chemical weapons decommission in Kirov region	19
<i>A. I. Polyakov, V. D. Nazarov</i> Methodological framework for environmental and industrial safety in chemical weapons decommission plant	21
<i>V. B. Antipov, A. Kh. Khasanov</i> Scientific and technical aspects of optimization of the process of chemical munitions and rocket artillery cannon delivery to chemical weapons decommission plants	26
<i>B. N. Filatov, N. G. Britanov, V. G. Kiryukhin, V. V. Klauchek, A. A. Maslennikov, L. P. Tochilkina</i> Methodological aspects of justification of approximately safe levels of buildings' pollution with toxic substances after decontamination	34
<i>K. K. Styazhkin, S. V. Petrov, A. S. Tumanov, N. V. Zavyalova, K. A. Vorobyev, V. V. Teterin, I. P. Pogorel'skiy,</i>	

A. A. Leshchenko, A. G. Lazykin, V. S. Menuchova
Biopreparation for soil remediation within the safety area
at the chemical weapons decommission plant «Maradikovsky» 41

**ANALYTICAL
SUPPORT
OF CHEMICAL
WEAPONS
DESTRUCTION**

*A. Yu. Karmishin, D. A. Zygin, Yu. A. Egorova, M. A. Golishev,
A. Yu. Isayeva* Justification of the choice of compounds formed
in the process of detoxification of soman for use as target chemicals,
confirming the type of toxic substances being destroyed 49

V. G. Petrov, M. A. Shumilova O. S. Nabokova, N. D. Smolina
On mobility of sodium arsenite in some soil samples
at modeling the effects of precipitation such as rai 52

*B. N. Filatov, A. A. Maslennikov, N. G. Britanov, S. A. Demidova,
E. V. Deriagina* Ecotoxicological assessment of sarin
contamination risk of waste after processing in furnaces
at chemical weapons decommission facilities 57

**PROVIDING
ENVIRONMENTAL
SAFETY**

S. V. Serbin, A. I. Polyakov, V. D. Nazarov Regulatory aspects
in the sphere of environmental and industrial safety
of chemical weapons decommission 64

*E. T. Gainullina, D. K. Gulikova, S. V. Kerko,
V. N. Fateyenko* Potentiation synergism of xenobiotics
as a negative factor in the sistem of providin
ecological safety 70

**CHEMICAL
WEAPONS
DECOMMISSION
PLANTS
MONITORING**

V. I. Kholstov, O. Yu. Rastegaev, T. Ya. Ashikhmina Multilevel
system of industrial environmental control and monitoring
of chemical weapons stockpiles decommission
in the Russian Federation 76

*E. V. Tovstik, S. Yu. Ogorodnikova, E. A. Domnina,
I. G. Shirokikh* Dynamics of actinomycete complexes
in forest phytocenoses soils near the chemical weapons
decommission plant «Maradykovsk» 88

*O. M. Plotnikova, M. A. Grigorovich, S. Yu. Maksimovskikh,
B. I. Kudrin, A. N. Evdokimov* Bioindication as a method
of biological monitoring in the vicinity of the chemical
weapons decommission plant in Shchuch'ye 93

**ISSUES
OF ENVIRONMENTAL
SAFETY AND
MEDICAL SUPPORT
OF THE PERSONNEL
AT THE PLANTS**

O. A. Vasilenko, S. P. Los' System of hygienic measures
on disease prevention of the personnel dealing with chemical
weapons decommission 98

*B. N. Filatov, N. G. Britanov, V. V. Klauchek, N. V. Krylova,
L. A. Dobroshenko* Hygienic aspects of safety of hazardous waste
sites after liquidation of chemical weapons decommission
plants 104

CHRONICLE

IV All-Russia Congress on Environmental Protection 110

УДК 623.459.8

**Итоги реализации Федеральной целевой программы
«Уничтожение запасов химического оружия в РФ»
в преддверии 2014 года**

© 2013. В. И. Холстов, д.х.н., директор,
Департамент реализации конвенционных обязательств
Министерства промышленности и торговли Российской Федерации,
e-mail: holstov@minprom.gov.ru

В статье представлены итоги реализации Федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в РФ» в 2013 г. Особое внимание уделено результатам уничтожения химического оружия на действующих объектах уничтожения химического оружия, а также методам и технологии безопасного уничтожения боеприпасов сложной конструкции.

The article presents the results of the federal program «Decommission of chemical weapons stockpiles in the Russian Federation» according to the results of 2013. Particular attention is paid to the results of chemical weapons decommission at the facilities in different regions of Russia.

Ключевые слова: химическое разоружение, химическое оружие,
боеприпасы сложной конструкции

Keywords: chemical disarmament, chemical weapons, ammunition of complex assembly

Федеральная целевая программа «Уничтожение запасов химического оружия в РФ» успешно реализуется во всех шести регионах России. Созданы и введены в эксплуатацию все семь объектов по уничтожению химического оружия (ХО). К настоящему времени на российских объектах уничтожения химического оружия безопасно уничтожено 31,3 тыс. тонн боевых отравляющих веществ, что составляет около 78,3% от имевшихся запасов.

На двух объектах – в пос. Горный Саратовской области и г. Камбарка Удмуртской Республики уничтожен весь запас химического оружия, хранившийся на арсеналах. Здесь хранились отравляющие вещества кожно-нарывного действия. Именно в этих регионах были созданы первые объекты по уничтожению химического оружия (УХО), которые полностью справились с поставленной задачей. На объекте по УХО в пос. Горный запасы ОВ уничтожены в 2005 году, а на объекте по УХО в г. Камбарке – в 2009 году.

В 2013 году осуществлялось плановое уничтожение химического оружия на действующих объектах по УХО: «Леонидовка» в Пензенской области, «Марадыковский» в Кировской, «Щучье» в Курганской и «Почеп» в Брянской областях, функционирующих в штатном режиме. Государственный заказ 2013

года, как и в предыдущие годы, выполнен в полном объёме и в срок.

На объекте по УХО «Марадыковский» в Кировской области, который приступил к практическим работам в сентябре 2006 года, к декабрю 2013 года уничтожено более 99,0% запасов химического оружия. В настоящее время на этом объекте уничтожаются боеприпасы сложной конструкции, которые содержат всего 13 тонн отравляющих веществ.

В 2013 году на объекте по УХО «Марадыковский» в отдельном корпусе было смонтировано отечественное технологическое оборудование для уничтожения боеприпасов сложной конструкции. 6 ноября 2013 г. здесь начались пуско-наладочные работы на реальных средах. Для уничтожения одной единицы боеприпаса сложной конструкции требуется более длительное время, так как такие боеприпасы помимо отравляющего вещества содержат и взрывчатку, снаряжённую на неизвлекаемость. Первая в мире подобная технологическая линия была успешно введена в эксплуатацию в 2012 году и выведена на проектную мощность на российском объекте по хранению и уничтожению химического оружия в пос. Леонидовка Пензенской области. За истекшее время она полностью подтвердила заложенные в ней принципы надёжности и безопасности. Непростую задачу

по уничтожению боеприпасов, содержащих не только отравляющие, но и взрывчатые вещества, решили отечественные учёные и инженеры под руководством Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия. Сконструированная камера расснаряжения БСК имеет десятикратный запас прочности (за толстыми стенами почти не слышно звука подрыва, его фиксируют специальные датчики), одновременно в ней находится только 1 боеприпас. Поточная линия максимально автоматизирована и роботизирована.

Боеприпасы сложной конструкции хранятся на 3-х российских объектах по уничтожению химического оружия – в пос. Леонидовка Пензенской области, в пос. Мирный Кировской области и в г. Щучье Курганской области. На объекте «Щучье» в настоящее время идёт строительство подобного корпуса по их уничтожению.

Объект по уничтожению химического оружия «Леонидовка» в Пензенской области был введён в эксплуатацию в сентябре 2008 года. По состоянию на декабрь 2013 года здесь уничтожено свыше 99,5% имевшихся запасов ХО. В настоящее время на объекте также в плановом режиме ведётся уничтожение изделий сложной конструкции.

По состоянию на декабрь 2013 года на объекте по уничтожению химического оружия «Щучье» в Курганской области, который приступил к уничтожению химического оружия в марте 2009 года, уничтожено более 87% запасов ХО.

В июне 2011 года введён в эксплуатацию объект по уничтожению химического оружия «Почеп» в Брянской области. К настоящему времени на объекте уничтожено 68% запасов ХО.

В декабре 2013 года были завершены строительные работы по созданию и вводу в эксплуатацию объекта по УХО в пос. Кизнер Удмуртской Республики. На объекте хранятся 5,7 тыс. тонн отравляющих веществ в более чем двух миллионах артиллерийских химических

боеприпасах. 19 декабря 2013 года на объекте «Кизнер» началось уничтожение фосфорсодержащих отравляющих веществ.

Уничтожение химического оружия на всех российских объектах УХО проходит с соблюдением необходимых требований безопасности, не причиняя ущерба окружающей природной среде. Медицинское обеспечение местного населения и работников объектов отвечает самым современным требованиям. Специфических заболеваний, связанных с уничтожением химического оружия у населения, проживающего на территориях зон защитных мероприятий, не выявлено. В рамках программы созданы во всех шести регионах здания и сооружения социальной инфраструктуры. По утверждённой программе государственного экологического контроля и мониторинга проводятся работы на территориях промплощадки, СЗЗ и ЗЗМ по обеспечению экологической безопасности.

На завершающем этапе уничтожения химического оружия в России у населения всё чаще возникают вопросы о том, что будет дальше на объектах после уничтожения всех запасов химического оружия.

Перепрофилирование объекта – наиболее актуальный вопрос современности. Прежде необходимо будет ликвидировать последствия работы объекта по уничтожению химоружия, для чего полностью избавиться от опасных отходов, осуществить дегазацию оборудования, задействованного в процессе уничтожения. На промплощадках, где размещены объекты УХО, будут проведены реабилитационные работы.

От каждого региона поступают предложения по перепрофилированию объектов. Выбор поступивших предложений будет базироваться на альтернативной основе, с учётом мнений регионов.

В заключение следует отметить, что Российская Федерация выполняет свои обязательства в области химического разоружения в полном объёме. В плане решения задач по уничтожению химического оружия 2014 год будет не менее напряжённым, чем 2013 год.

**Results of the Federal Program
«The decommission of chemical weapons stockpiles
in the Russian Federation» on the eve of 2014**

© 2013. V. I. Kholstov, Ph. D., Director,
Department of the Convention's obligations of the Ministry
of Industry and Trade of the Russian Federation,
e-mail: holstov@minprom.gov.ru

The article presents the results of the federal program «Decommission of chemical weapons stockpiles in the Russian Federation» according to the results of 2013. Particular attention is paid to the results of chemical weapons decommission at the facilities in different regions of Russia.

Keywords: chemical disarmament, chemical weapons, ammunition of complex assembly.

Federal program «Destruction of chemical weapons in Russia» is being successfully implemented in all six regions of Russia. All seven facilities for the destruction of chemical weapons are made and put into operation. By now 31,3 tons of chemical warfare agents was safely destroyed at the Russian chemical weapons decommission plants, which is about 78,3%, of the available inventory.

At the two plants, in the settlement of Gorny in Saratov region and in the town of Kambarka in the Udmurt Republic, the entire stockpile of chemical weapons was destroyed which had been kept at arsenals. Blister poisons were stored here. The first chemical weapons decommission plants (CWD) were created in these regions. They have fully coped with their task. At the CWD plant in the settlement of Gorny poison agents stocks were destroyed in 2005, and at the CWD facility in Kambarka – in 2009.

In 2013 planned chemical weapons decommission at the operating CWD plants took place in «Leonidovka» in Penza region, in «Maradykovsky» in Kirov region, in «Shchuchye» in Kurgan region, and in «Pochep» in Bryansk region, the plants were operating normally. In 2013 the Federal Office's state order for chemical weapons safe storage and decommission is made in full and on time, as well as all the previous years.

In the CWD plant «Maradykovsky» in Kirov region, which started operating in September 2006 99.0%, of chemical weapons stockpiles had been destroyed by December 2013. Currently on this object destroyed munitions that contain a total of 13 tons of poisonous substances.

In 2013 in a separate enclosure of the CWD «Maradykovsky» plant domestic technological

equipment was installed for complex assembly ammunition decommission. November 6, 2013 commissioning work started in real media. It takes more time to destruct one unit of complex assembly ammunition, as alongside with the poison it contains antisturbance explosives. The first in the world's production line of that kind was successfully launched in 2012 and brought to its full capacity in the chemical weapons storage and decommission plant in the village of Leonidovka in Penza region, Russia. Since that time its principles of reliability and safety have been proved. The difficult task of decommission of munitions containing not only poisonous substances, but also explosives was solved by Russian scientists and engineers under the direction of the Federal Office for chemical weapons safe storage and decommission. The demilitarization MCA camera designed by them has a tenfold safety margin (the blasting sound is almost inaudible behind the thick walls, it is record with special sensors), the camera can contain only 1 ammo at a time. The process line is maximally automated and robotized.

Ammunition of complex assembly are stored at 3 chemical weapons decommission plants in Russia: in the village of Leonidovka in Penza region, in the village of Myrniy in Kirov region and in the town of Shchuch'ye in Kurgan region. A similar MCA decommission plant is being currently built in «Shchuchye».

The chemical weapons decommission plant «Leonidovka» in Penza was launched in September 2008. By December 2013 99.5% the available chemical weapons stocks had been decommissioned there. Currently the plant is also used for decommission of MCA, as planned.

By December 2013 87% chemical weapons stocks had been decommissioned at the chemical weapons decommission plant «Shchuchye» in Kurgan region launched in March 2009.

In June 2011, the chemical weapons decommission plant «Pochep» in Bryansk region was launched. By now 68% chemical weapons stockpiles has been destroyed.

In 2013 december completed building and launch of the CWD plant in the village of Kizner in the Udmurt Republic. The plant stores 5700 tons of chemical agents in over two million artillery chemical munitions. December 19, 2013 the plant «Kizner» started decommission of phosphorus-containing toxic substances.

Chemical weapons decommission at all the Russian CWD plants is being fulfilled in compliance with all safety requirements and is not harming the environment. Medical support of the local population and workers of plants is organized in accordance with the requirements of the Program. They have not identified any specific diseases caused by chemical weapons decommission of the population living in the protective measures zones. The Federal Office carries out obligations of providing buildings and facilities of social infrastructure in all the six regions. According to the approved program

of state environmental control and monitoring environmental safety is being provided on the industrial site, SPZ and zones of protection measures.

At the final stage of chemical weapons decommission in RF the population is increasingly raising questions about what will happen at the plants after decommission of all the chemical weapons stockpiles.

Redesigning the object is a most pressing issues of today. First it will be necessary to eliminate the effects of a chemical weapons destruction plant, which means to completely get rid of hazardous waste and equipment involved in the process of decommission. After special treatment it will be disposed of in special landfills. At the industrial sites of CWD plants rehabilitation works will be carried out .

Each region makes proposals for the plants' conversion. The proposals will be selected on a competitive basis, taking into account the views of the regions.

In conclusion, it should be noted that the Russian Federation fulfills its obligations as for chemical disarmament in full. 2014 is going to be not less stressful than 2013 in terms of solving the problems of chemical weapons decommission.

УДК 623. 459.8.006.014

Обеспечение экологической и промышленной безопасности объектов по уничтожению химического оружия

© 2013. В. П. Капашин, д.т.н., начальник управления,
А. И. Поляков, начальник отдела, В. А. Круглов, зам. начальника отдела,
Федеральное управление по безопасному хранению и уничтожению химического оружия,
e-mail: fubhuho@yandex.ru

В статье рассмотрены основы и реализуемые подходы обеспечения экологической и промышленной безопасности объектов по уничтожению химического оружия при штатной работе объекта и в случае аварийной ситуации.

The article describes the basis and approaches to providing environmental and industrial safety in chemical weapons de-commission plants in conditions of normal operation and in case of emergency.

Ключевые слова: экологическая и промышленная безопасность, система объектового контроля и мониторинга, обращение с отходами, основы безаварийной деятельности предприятий

Keywords: environmental and industrial safety, the system of on-site monitoring and control, waste management, trouble-free bases of enterprises

Ратификация Российской Федерацией «Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении» в 1997 г. имеет не только национальное, но и международное значение, и поэтому процесс химического разоружения находится под контролем инспекторов международной Организации по запрещению химического оружия и пристальным вниманием мировой прессы.

Уничтожение химического оружия – сложная и уникальная проблема, связанная прежде всего с обеспечением безопасности людей и окружающей среды. Поэтому процесс уничтожения химического оружия 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» (Программа), утверждённой постановлением Правительства РФ от 21 марта 1996 г. № 305. Программа имеет статус Президентской. В период с 2001-го по 2009 г. включительно постановлениями Правительства Российской Федерации в Программу внесены изменения и дополнения, обусловленные сложившимися объективными обстоятельствами.

В рамках Программы предусмотрено осуществить целый комплекс взаимосвязанных и скоординированных по времени и ресурсам мероприятий, направленных на реализацию фе-

деральных законов от 2 мая 1997 г. № 76-ФЗ «Об уничтожении химического оружия», от 5 ноября 1997 г. № 138-ФЗ «О ратификации Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении» и от 7 ноября 2000 г. № 136-ФЗ «О социальной защите граждан, занятых на работах с химическим оружием».

Учитывая, что процессы химического разоружения сопряжены с потенциальной опасностью для персонала объектов по хранению и уничтожению химического оружия, граждан, проживающих и работающих в зонах защитных мероприятий, а также для окружающей среды, основным содержанием указанных мероприятий является обеспечение химической безопасности людей и окружающей среды. Для достижения этой важнейшей цели Программой предусмотрены разработка и внедрение:

– проектных материалов на строительство объектов по уничтожению химического оружия (Объекты), базирующихся на современных технических, технологических и проектных решениях, отвечающих требованиям законодательных и нормативных документов в области обеспечения химической, экологической безопасности и безопасности здоровья населения, проживающего в районе расположения объекта;

– систем, методов и технических средств для проведения государственного и производственного контроля и мониторинга окружающей среды при хранении и уничтожении химического оружия;

– санитарно-гигиенических и экологических нормативов безопасности, регламентирующих работы по хранению и уничтожению химического оружия;

– методов обеспечения химической, экологической безопасности, безопасности персонала Объектов и граждан, проживающих вблизи этих Объектов.

Объекты относятся к потенциально опасным химическим производствам в связи с использованием в их технологическом цикле высокотоксичных, горючих и взрывоопасных веществ. В соответствии с этим на них в полной мере распространяются общие требования законодательства Российской Федерации в области обеспечения безопасности при эксплуатации химически опасных производств по направлениям химической, экологической, промышленной, пожарной безопасности, охраны труда, защиты населения и территорий.

Критерии и подходы обоснования перечня контролируемых загрязняющих веществ в выбросах в атмосферный воздух

С целью обеспечения химической, экологической безопасности окружающей природной среды на Объектах сформирован перечень загрязняющих веществ (ЗВ), подлежащий кон-

тролю [1]. Также сформированы программы наблюдений (планы-графики контроля и мониторинга), которые содержат ранжированные по средам и периодичности проведения измерений перечни ЗВ, образующихся в процессе эксплуатации Объектов [2]. Перечни продуктов детоксикации отравляющих веществ (ОВ), а также других ЗВ, контролируемых в объектах окружающей среды, уточняются в процессе развития системы экологического контроля и мониторинга Объектов.

Ранжирование перечня ЗВ проводится в соответствии с положениями общероссийских нормативных документов. В случае отсутствия нормативной базы ранжирование перечня ЗВ осуществляется с учётом опасных свойств контролируемых веществ, а также известных закономерностей их распространения и химического превращения в различных средах [3–5].

Критерии формирования перечня ЗВ

Основными критериями для формирования перечня контролируемых ЗВ в атмосферном воздухе являются:

– вещества, обладающие высокой токсичностью и опасностью для человека и природной среды;

– вещества, способные выступать в качестве маркера (показателя присутствия ОВ) – продукты трансформации и деструкции ОВ;

Таблица 1

Перечень загрязняющих веществ и параметров, подлежащих контролю и мониторингу в атмосферном воздухе объектов, обеспечивающих уничтожение ФОВ

Наименование ЗВ (определяемый параметр)	Критерий контроля (ПДК, ОБУВ, мг/м ³)	Класс опасности
Зарин	2·10 ⁻⁷	1
Зоман	1·10 ⁻⁷	1
Вещество типа Vx	5·10 ⁻⁸	1
Моноэтаноламин	0,02	2
Изопропиловый спирт	0,6	3
Изобутиловый спирт	0,1	4
N-метил-2-пирролидон	0,3	–
Фосфор и его соединения	0,15	4
Азота диоксид	0,2	2
Азота оксид	0,4	3
Углерода оксид	5,0	4
Серы диоксид	0,5	3
Бенз(а)пирен	1,0·10 ⁻⁶	1
Углеводороды	50	–
Свинец и его соединения	0,001	1
Взвешенные вещества	0,5	–
Формальдегид	0,035	2
Фтористый водород	0,02	2

Примечание: «–» – класс опасности не определён.

– обязательные для контроля общепромышленные загрязнители.

Обоснованный таким образом перечень веществ, подлежащих контролю и мониторингу в атмосферном воздухе в районе расположения Объектов, на которых проводится уничтожение фосфорсодержащих отравляющих веществ (ФОВ), представлен в таблице 1.

Обоснование перечня загрязняющих веществ и параметров, подлежащих контролю и мониторингу в почве, природных водах, осадках и донных отложениях при уничтожении фосфорсодержащих отравляющих веществ [3–5]

При формировании перечней веществ, подлежащих контролю и мониторингу в компонентах природной среды (почва, природные воды, снежный покров, донные отложения), учитывается, что:

– загрязнение этих компонентов природных сред источниками ЗВ происходит за счёт осаждения газов, паров, аэрозолей, пыли или растворённых соединений ЗВ с дождём и снегом из атмосферы, а также посредством различного вида переноса твёрдых и жидких отходов за пределы территории Объекта;

– загрязнение природных сред возможно в процессе трансформации и детоксикации ОВ;

– поскольку на промплощадке Объекта отсутствует сброс технологических сточных вод в окружающую среду (ОС); перечень определяемых показателей качества воды водоёмов и водотоков устанавливается с учётом целевого использования водоёма или водотока, состава сбрасываемых бытовых и ливневых сточных вод, требований потребителей информации по результатам контроля и мониторинга;

– при появлении новых источников загрязнения, изменении мощности, состава и условий сброса сточных вод действующих источников и других сложившихся условий перечень определяемых показателей воды может быть изменён;

– для повышения эффективности контроля и мониторинга ОС необходимо контролировать вещества, свидетельствующие о накоплении продуктов трансформации в ОС, например, при детоксикации зарина и зомана отслеживать содержание метилфосфоновой кислоты (МФК), суммарное содержание фосфорсодержащих соединений по показателю общий фосфор;

– перечни веществ, подлежащих аналитическому контролю в природной воде, почве, донных отложениях и снежном покрове, корректируются при изменении перечня веществ, подлежащих аналитическому контролю в атмосферном воздухе с учётом химической формы нахождения в данной среде.

Обоснованный перечень показателей контроля и мониторинга компонентов природной среды вносится в программу производственного (объектового) экологического контроля и мониторинга и в программу (порядок) системы государственного экологического контроля и мониторинга для каждого объекта уничтожения химического оружия. Для объектов по уничтожению ФОВ данный перечень показателей представлен в таблицах 2–4.

Порядок обращения с токсичными отходами. Технологии утилизации и обезвреживания отходов, контроль и мониторинг [6–9]

В области обращения с отходами наибольшую проблему при реализации Программы на объектах уничтожения химического оружия (УХО) представляет размещение, накопление и утилизация отходов, образующихся в процессе уничтожения химического оружия.

Анализ деятельности в области образования, сбора, использования, транспортировки, утилизации, размещения отходов на объектах по хранению ХО и Объектах, в рамках выполнения Программы показывает, что за период с 2004 г. по первое полугодие 2013 г. при выполнении поставленных задач и повседневной деятельности Объектами образовано около 188 тыс. т отходов. Собственными мощностями и в процессе деятельности на Объектах обезврежено (а также передано сторонним организациям установленным порядком) более 151,3 тыс. т отходов, что составляет более 80,5% общей массы образованных отходов. В настоящее время на территориях Объектов размещается около 36,7 тыс. т отходов, что составляет около 19,5% общей массы образованных отходов.

В соответствии с нормативными и законодательными актами Российской Федерации временное накопление и хранение отходов на Объектах осуществляется:

– при использовании отходов в последующем технологическом цикле с целью утилизации;

– при временном отсутствии полигонов для захоронения, тары для хранения отходов

ВЫПОЛНЕНИЕ РОССИЕЙ КОНВЕНЦИИ О ЗАПРЕЩЕНИИ ХИМУРУЖИЯ

Таблица 2

Перечень загрязняющих веществ и параметров, подлежащих контролю и мониторингу в природных водах

Наименование ЗВ (определяемый параметр), ед. измерения	ПДК, ОДК, критерий	Класс опасности
Зарин, мг/дм ³	0,00005	1
Зоман, мг/дм ³	0,000005	1
Вещество типа Vх, мг/дм ³	0,000002	1
Спирт изопропиловый, мг/дм ³	0,01	3
Спирт изобутиловый, мг/дм ³	2,4	4
Моноэтаноамин, мг/дм ³	0,01	4
N – метил-2-пирролидон, мг/дм ³	15,4	4
Метилфосфоновая кислота, мг/дм ³	не установлен	не имеет
Бенз(а)пирен, мг/дм ³	не установлен	не имеет
Фосфор общий, мг/дм ³	не установлен	не имеет
Взвешенные вещества, мг/дм ³	10	4
Марганец, мг/дм ³	0,01	4
Медь, мг/дм ³	0,001	3
Железо общее, мг/дм ³	0,1	4
Цинк, мг/дм ³	0,01	3
Калий, мг/дм ³	50	4
Алюминий, мг/дм ³	0,04	4
Кальций, мг/дм ³	180	4
Магний, мг/дм ³	40	4
Натрий, мг/дм ³	120	4
Гидрокарбонаты, мг/дм ³	не установлен	не имеет
Свинец, мг/дм ³	0,006	2
Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	3
Нитрат-ион, мг/дм ³	40	не имеет
Нитрит-ион, мг/дм ³	0,08	–
Сульфат-ион, мг/дм ³	100	4
Хлорид-ион, мг/дм ³	300	4
Фторид-ион, мг/дм ³	не более 0,75 (в сумме с фоном)	3
Фосфат-ион, мг/дм ³	0,2	4
Ионы аммония, мг/дм ³	0,5	4
Анионные поверхностно-активные вещества (АПАВ), мг/дм ³	не установлен	не имеет
Биохимическое потребление кислорода (БПК), О ₂ /дм ³	2	–
Химическое потребление кислорода (ХПК), мгО ₂ /дм ³	15	–
Кислород растворённый, мг/дм ³	не менее 6 в летний период; не менее 4 в зимний период	–
Водородный показатель (рН)	6,5–8,5	–
Окисляемость перманганатная, мгО ₂ /дм ³	не установлен	не имеет
Электропроводимость удельная, мкС/см (УЭП)	не установлен	не имеет
Сухой остаток, мг/дм ³	1000	не имеет
Запах, баллы	не более 2	не имеет
Прозрачность (по шрифту), см	10	-
Температура, С ⁰	не установлен	не имеет
Цветность, гр. цветности	не установлен	не имеет
Жёсткость, ммоль /дм ³	не установлен	по факту

ВЫПОЛНЕНИЕ РОССИЕЙ КОНВЕНЦИИ О ЗАПРЕЩЕНИИ ХИМОРУЖИЯ

Перечень загрязняющих веществ и параметров, подлежащих мониторингу в снежном покрове:

Зарин, мг/дм ³ ;	Нефтепродукты, мг/дм ³ ;
Зоман, мг/дм ³ ;	Нитрат-ион, мг/дм ³ ;
Вещество типа Vx, мг/дм ³ ;	Нитрит-ион, мг/дм ³ ;
Спирт изопропиловый, мг/дм ³ ;	Сульфат-ион, мг/дм ³ ;
Спирт изобутиловый, мг/дм ³ ;	Хлорид-ион, мг/дм ³ ;
Моноэтаноамин, мг/дм ³ ;	Фторид-ион, мг/дм ³ ;
N – метил-2-пирролидон, мг/дм ³ ;	Фосфат-ион, мг/дм ³ ;
Метилфосфоновая кислота, мг/дм ³ ;	Ионы аммония, мг/дм ³ ;
Бенз(а)пирен, мг/дм ³ ;	Анионные поверхностно-активные вещества (АПАВ), мг/дм ³ ;
Фосфор общий, мг/дм ³ ;	Биохимическое потребление кислорода (БПК), О ₂ /дм ³ ;
Взвешенные вещества, мг/дм ³ ;	Химическое потребление кислорода (ХПК), мгО ₂ /дм ³ ;
Марганец, мг/дм ³ ; Медь, мг/дм ³ ;	Кислород растворённый, мг/дм ³ ;
Железо общее, мг/дм ³ ;	Водородный показатель (рН);
Цинк, мг/дм ³ ;	Окисляемость перманганатная, мгО ₂ /дм ³ ;
Калий, мг/дм ³ ;	Электропроводимость удельная, мкС/см (УЭП);
Алюминий, мг/дм ³ ;	Сухой остаток, мг/дм ³ ;
Кальций, мг/дм ³ ;	Запах, баллы;
Магний, мг/дм ³ ;	Прозрачность (по шрифту), см;
Натрий, мг/дм ³ ;	Температура, С°;
Гидрокарбонаты, мг/дм ³ ;	Цветность, гр. цветности;
Свинец, мг/дм ³ ;	Жёсткость, ммоль/дм ³ .

Таблица 3

Перечень загрязняющих веществ и параметров, подлежащих мониторингу в почвах

Наименование вещества	ПДК, ОДК, мг/кг (для почвы)	Класс опасности
Зарин	0,0002	1
Зоман	0,0001	1
Вещество типа Vx	0,00005	1
Метилфосфоновая кислота	0,22	3
Фосфор общий	не установлен	не имеет
Моноэтаноламин	2,0	не имеет
Водородный показатель (рН)	не установлен	не имеет
Медь	33 ¹ , 66 ² , 132 ³	3
Марганец	1500,0	4
Железо	не установлен	не имеет
Цинк	55 ¹ , 110 ² , 220 ³	1
Свинец и его соединения	130	1
Бенз(а)пирен	0,02	1
Нитрат-ион	130,0	-
Сульфат-ион	не установлен	не имеет
Фосфат-ион	не установлен	не имеет
Фторид-ион (в пересчёте на HF)	10,0	не имеет
Хлорид-ион	360,0	не имеет
Никель	80,0	2
Спирт изопропиловый	не установлен	не имеет
Спирт изобутиловый	не установлен	не имеет
N-метил-2-пирролидон	не установлен	не имеет
Хром	6,0	2
Нефтепродукты	не установлен	не имеет

Примечание: ¹ – песчаные и супесчаные почвы; ² – кислые (суглинистые и глинистые) почвы рН менее 5,5; ³ – близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые) рН более 5,5.

ВЫПОЛНЕНИЕ РОССИЕЙ КОНВЕНЦИИ О ЗАПРЕЩЕНИИ ХИМУРУЖИЯ

(при отсутствии экономически приемлемого рынка услуг по утилизации или захоронению).

Способ временного хранения отходов соответствует их классу опасности:

– отходы I класса опасности хранятся в герметичной таре (контейнеры, бочки), двукратно проверенной на герметичность;

– отходы II класса опасности хранятся в закрытой таре (герметично закрытые ящики, пластиковые пакеты, мешки);

– отходы III класса опасности хранятся в бумажных мешках, пакетах, в хлопчатобумажных тканевых мешках;

– отходы IV и V класса опасности хранятся открыто (насыпью, металлические контейнеры).

Порядок обращения с отходами, образующимися на Объектах, утверждается начальником Объекта и предусматривает их разделение по видам (лом цветных и чёрных металлов, текстиль и т. д.).

В соответствии с технико-экономическим обоснованием (ТЭО) при функционировании промышленной зоны Объекта образуются не утилизируемые и утилизируемые отходы.

Все не утилизируемые жидкие отходы предприятия направляются на термообезвреживание.

Не утилизируемые твёрдые отходы направляются на обезвреживание и на участок хранения отходов.

Обезвреживание отходов производится на установках термообезвреживания отходов и термообработки корпусов боеприпасов.

На установку термообезвреживания отходов направляются: отработанный уголь, фильтры, отработанные средства индивидуальной защиты (СИЗ) (аварийные), ветошь, отработанные масла, тосол, нефтепродукты, гидравлическая жидкость, дизтопливо, водно-органические фракции и кубовый остаток, фильтрующие коробки из-под противогозов, твёрдые и жидкие отходы от лабораторий, бумажные и полиэтиленовые мешки, твёрдый отход и отходы легковоспламеняющихся жидкостей от лабораторий, отработанная пенополиуретановая загрузка фильтров.

На установку термообработки корпусов боеприпасов направляются: аварийные транспортно-технологический контейнер (ТТК) после дегазации или футляр из-под химических боеприпасов после дегазации, корпуса боеприпасов с алюминиевыми втулками, оксид алюминия.

На участок хранения отходов направляются: зола от сжигания твёрдых отходов, пыль

Таблица 4

Перечень загрязняющих веществ и параметров, подлежащих мониторингу в донных отложениях

Наименование вещества	ПДК, ОДК, мг/кг (для почвы)	Класс опасности
Зарин	по фону	1
Зоман	по фону	1
Вещество типа Vx	по фону	1
Метилфосфоновая кислота	по фону	3
Фосфор общий	по фону	не имеет
Моноэтаноламин	по фону	не имеет
Водородный показатель (рН)	по фону	не имеет
Медь	по фону	3
Марганец	по фону	4
Железо	по фону	не имеет
Цинк	по фону	1
Свинец и его соединения	по фону	1
Бенз(а)пирен	по фону	1
Нитрат-ион	по фону	-
Сульфат-ион	по фону	не имеет
Фосфат-ион	по фону	не имеет
Фторид-ион (в пересчёте на HF)	по фону	не имеет
Хлорид-ион	по фону	не имеет
Никель	по фону	2
Спирт изопропиловый	по фону	не имеет
Спирт изобутиловый	по фону	не имеет
N-метил-2-пирролидон	по фону	не имеет
Хром	по фону	2
Нефтепродукты	по фону	не имеет

из фильтра, осадок из камеры охлаждения, оксид алюминия, отработанные комплекты кассет фильтра ЭФВА, битумно-солевая масса со стадии битумирования реакционных масс, солевой остаток стадии переработки жидких отходов, отработанные СИЗ (измельчённые), цеолит отработанный, осадок от насосных станций бытовых стоков, дождевых стоков, осадок от биологических очистных сооружений, обезвоженный осадок с СОДС, песок (отслужившая загрузка фильтров), смёт с территории, твёрдые бытовые отходы, сгоревшие лампы накаливания.

Участок хранения отходов рассчитан на хранение отходов 2, 3, 4, 5 классов опасности.

Закладка отходов производится в железобетонные бункера и хранилища. Отходы 2 класса опасности помещаются в бункера, отходы 3, 4, 5 классов опасности – в хранилища.

Утилизируемые отходы направляются на дальнейшую переработку и обезвреживание в специализированные предприятия:

- лом чёрных металлов после печи сжигания, корпуса боеприпасов после обжига в агрегате термического обезвреживания направляются на переработку во Вторчермет;
- алюминий направляется во Вторцветмет;
- отработанные люминесцентные лампы на демеркуризацию – в специализированные предприятия.

При проектировании, строительстве и реконструкции Объектов были предусмотрены специальные стационарные склады или площадки.

В случаях временного хранения отходов в стационарных складах на Объектах предусмотрено соблюдение установленных гигиенических нормативов предельного содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны и требований к микроклимату производственных помещений [10].

Порядок транспортирования осуществляется в соответствии с Федеральным законом «Об отходах производства и потребления».

Обеспечение безопасной и безаварийной работы на объектах уничтожения химического оружия

На химических предприятиях, к которым относятся объекты УХО, или предприятиях, связанных с оборотом химических веществ, нахождение которых в свободном и неконтрольном виде оказывает негативное воздействие на окружающую среду или человека, и, как следствие, сопровождаемые выбросом вредных химических веществ в атмосферу могут иметь место аварии химической природы.

Для обеспечения безопасной и безаварийной работы на объектах уничтожения химического оружия предусматриваются следующие мероприятия:

- с целью сокращения маршрута перевозки боеприпасов с ОВ объект по уничтожению химического оружия (ХО) непосредственно примыкает к объекту по хранению ХО;
- наиболее опасные операции: вскрытие боеприпаса, эвакуация ОВ из боеприпаса и обработка его опорожненного корпуса дегазирующими и промывными растворами производятся в защитном герметичном станке расснаряжения под разрежением;
- все работы максимально автоматизированы, что исключает возможность контакта персонала с ОВ;
- система подачи растворов автоматизирована, что исключает человеческий фактор и ошибку в последовательности операций;
- на поточной линии расснаряжения может находиться только определённое количество боеприпасов, а в станке расснаряжения – только один. Система не даст команду на работу со следующим боеприпасом, пока не закончатся все действия с предыдущим.

Кроме того, каждый станок связан только с одним реактором детоксикации. Линия транспортировки находится под вакуумом.

Работа линии расснаряжения и реакторов детоксикации полностью автоматизирована. Управление технологическим процессом осуществляется дистанционно с пульта управления, с использованием микропроцессорных средств автоматического регулирования, сигнализации, блокировки и систем противоаварийной защиты.

Транспортировка жидких ОВ и их растворов по трубопроводам осуществляется с помощью вакуума, создаваемого вакуум-насосами.

Контроль санитарно-гигиенического состояния воздуха рабочей зоны в помещениях I группы опасности ведётся стационарными автоматическими непрерывно действующими газосигнализаторами, установленными в рабочей зоне на рабочих местах, и периодически (по графику) путём отбора проб воздуха посредством постов пробоотбора, также установленных в рабочей зоне на рабочих местах.

Для локализации и ликвидации последствий аварий на объектах УХО разработаны и прошли экспертизу промышленной безопасности 87 планов локализации и ликвидации аварийных ситуаций.

На Объектах разработаны и согласованы с Федеральной службой по экологическому,

технологическому и атомному надзору положения о производственном контроле за соблюдением требований промышленной безопасности, согласно которым организуется трёхступенчатый производственный контроль, который позволяет систематически и всесторонне проверять обеспечение соблюдения требований промышленной безопасности и немедленно устранять предпосылки возникновения производственного травматизма, аварий и инцидентов как на конкретных рабочих местах, так и на Объектах [11].

Первая ступень контроля проводится ежедневно и осуществляется непосредственно на опасном производственном объекте ответственным специалистом, который проверяет состояние промышленной безопасности, подготовку рабочих мест и принимает необходимые меры для устранения обнаруженных недостатков.

Вторая ступень контроля проводится еженедельно руководителем подразделения Объекта с привлечением должностных лиц, ответственных за эксплуатацию опасного производственного объекта, которые осуществляют проверку состояния промышленной безопасности.

Третья ступень контроля проводится один раз в месяц комиссией Объектов, которая состоит из специалистов отдела (специальной техники безопасности и охраны труда) Объекта с привлечением всех необходимых специалистов. Комиссия проверяет состояние промышленной безопасности на всех опасных производственных объектах в полном объёме требований правил и норм.

Комиссии Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия не менее двух раз в год осуществляют контроль состояния промышленной и экологической безопасности на Объектах.

Объекты постоянно инспектируются в установленном порядке специалистами органов исполнительной власти, специально уполномоченных на осуществление надзора и контроля в области промышленной безопасности.

В отношении 49 опасных производственных объектов функции государственного надзора осуществляет Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору.

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 5 мая 2012 г. № 455 «О режиме постоянного государственного надзора на опасных производственных объектах и гидротехнических сооружениях»

Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору в отношении 11 опасных производственных объектов установлен режим постоянного государственного надзора за соблюдением требований промышленной безопасности.

Персонал Объектов проходит регулярное обучение действиям в случае аварий и инцидентов на опасных производственных объектах. Ежемесячно на всех опасных производственных объектах проводятся тренировки по действию персонала в случае аварии [11].

На каждом Объекте создана профессиональная газоспасательная команда численностью до 40 человек.

Регулярно проводятся учения по порядку действий в случае чрезвычайной ситуации с привлечением всех подразделений Объекта.

Режим труда и отдыха и условия труда на Объектах соответствуют требованиям трудового законодательства. Своевременно проводится аттестация рабочих мест по условиям труда (в настоящее время аттестовано более 3000 рабочих мест).

Ежедневно проводятся инструктажи по охране труда и безопасным методам и приёмам выполнения работ, результаты которых заносятся в соответствующие журналы. Персонал Объектов обеспечен средствами индивидуальной защиты и обучен правилам пользования ими.

Принимаемый комплекс мер позволяет персоналу Объектов с самого начала реализации ФЦП «Уничтожение запасов химического оружия в РФ» обеспечивать деятельность по хранению и уничтожению химического оружия в безаварийном режиме и обеспечивать экологическую безопасность работающего персонала и населения, проживающего в районах действующих объектов хранения и уничтожения химического оружия.

Литература

1. Ашихмина Т.Я., Менялин С.А., Мамаева Ю.И., Новикова Е.А., Кантор Г.Я. Экологический контроль и мониторинг окружающей природной среды в районе объекта уничтожения химического оружия «Марадыковский» в Кировской области // Теоретическая и прикладная экология. 2010. № 1. С. 57–68.
2. Кутын Н.Г., Чупис В.Н., Миллер С.В. Наши центры – гарантия безопасности и защищённости // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 4. С. 24–26.
3. Растегаев О.Ю., Чупис В.Н. Методология и основные направления экоаналитического обеспечения системы государственного экологического контроля и

мониторинга объектов по хранению и уничтожению фосфорорганического химического оружия // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 4. С. 77–82.

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

5. Новойдарский Ю.В. Реализация системы производственного экологического контроля и мониторинга на объекте по хранению и уничтожению химического оружия п. Марадьковский Кировской области // Теоретическая и прикладная экология. 2012. № 3. С. 68–75.

6. Постановление Правительства РФ «Об утверждении порядка разработки и утверждении экологических нормативов выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду, лимитов использования природных ресурсов, размещения отходов».

7. Кондратьев В.Б., Корольков М.В., Костикова Н.А., Рысюк Л.Н., Шибков О.О. Методологические подходы к переработке солевых отходов, образующихся при термическом обезвреживании реакционных масс от фосфорорганических отравляющих веществ на объектах по уничтожению химического оружия // Теоретическая и прикладная экология. 2011. № 4. С. 38–42.

8. Растегаев О.Ю., Малишевский А.О. Толоконникова Т.П., Марьин В.И., Чупис В.Н. Сравнительный анализ свойств и состава реакционной массы, полученной при уничтожении люизита, экспериментальным и балансовым методами // Теоретическая и прикладная экология. 2010. № 1. С. 35–41.

9. Орловская И.В. Экологическое нормирование в системе управления экологической безопасностью при хранении и уничтожении химического оружия // Теоретическая и прикладная экология. 2007. № 2. С. 70–72.

10. Коваленко И.В., Комиссаров А.Н., Назаров В.Д., Лурье И.Б., Кесельман Н.П., Лебедев А.В. Основа безопасности персонала объектов по уничтожению химического оружия – автоматические средства контроля отравляющих веществ на уровне санитарно-гигиенических требований // Теоретическая и прикладная экология. 2012. № 4. С. 69–72.

11. Капашин В.П. Экологическая безопасность уничтожения химического оружия – основа государственной политики по защите населения и окружающей среды // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 4. С. 11–15.

Уничтожение химического оружия в Кировской области

© 2013. Г. Н. Мачехин, заместитель Председателя,
Правительство Кировской области,
e-mail: ecolab2@gmail.com

В статье представлен материал о реализации ФЦП «Уничтожение запасов химического оружия в РФ» на территории Кировской области. Рассмотрены вопросы организации мониторинга окружающей среды и здоровья населения, выполнения обязательств по созданию объектов социальной инфраструктуры.

The article presents material on the Federal Program «Destruction of chemical weapons stockpiles in the Russian Federation» in Kirov region. The issues of organizing environmental and public health monitoring, as well as creation of social infrastructure area discussed.

Ключевые слова: Кировская область, объект уничтожения химического оружия «Марадыковский», безопасное уничтожение химического оружия

Keywords: Kirov region, chemical weapons decommission plant «Maradykovsky», safe decommission of chemical weapons

Федеральный закон «Об уничтожении химического оружия» предусматривает, что проблема уничтожения химического оружия осуществляется непосредственно с участием субъектов РФ, на территории которых хранится химическое оружие.

Ещё в 1998 году, когда Кировская область приступила к решению проблемы уничтожения химического оружия, Правительством области были определены приоритетные направления при эксплуатации объекта уничтожения химического оружия (УХО). К ним отнесены: обеспечение экологической безопасности для окружающей среды и населения; охрана здоровья граждан, проживающих и работающих в районе хранения и уничтожения химического оружия.

В процессе уничтожения отравляющих веществ на объекте используются высокоэффективные и надёжные системы производственного контроля и экологического мониторинга окружающей среды. С участием специалистов природоохранных органов, учёных региона на объекте разработана уникальная 3-уровневая система государственного экологического контроля и мониторинга, которой ранее не было в России. Контроль состояния окружающей среды в 2013 году осуществлялся в соответствии с регламентом контроля источников загрязнения на объекте «Марадыковский» и проведения мониторинга окружающей среды в санитарно-защитной зоне (СЗЗ) и зоне защитных мероприятий (ЗЗМ).

По информации Регионального центра государственного экологического контроля и мониторинга (РЦГЭКиМ) по Кировской об-

ласти в 2013 году специалистами центра было отобрано около 1,5 тыс. проб и проведено более 9000 исследований. Результаты производственного контроля, государственного экологического контроля и мониторинга показывают, что за всё время работы объекта случаев превышения установленных для объекта экологических нормативов и качества окружающей среды не зафиксировано.

При реализации программы уничтожения химического оружия ведётся непрерывный мониторинг здоровья обслуживающего персонала и населения, проживающего в ЗЗМ объекта «Марадыковский». За период 2005–2012 годов было проведено комплексное обследование 3699 детей в возрасте от 2 до 16 лет, в том числе в пгт. Оричи – 1686 детей, в пгт. Мирный – 430, в г. Котельнич и Котельничском районе – 1583 ребёнка.

В рамках выполнения Государственного контракта согласно плану медицинских осмотров жителей, проживающих в ЗЗМ объекта по уничтожению химического оружия «Марадыковский» Кировской области, в 2012 году было проведено 7106 полных медицинских осмотров, в т. ч. детей – 1817 и взрослых – 5289 человек.

Результаты обследования населения в 2013 году, проведённые ФГУЗ «Детская клиническая больница № 38 – Центр экологической педиатрии г. Москва», районной ЦРБ Оричевского района, региональным управлением № 52 ФМБА России, будут рассмотрены во 2-м квартале 2014 года на заседании областной комиссии по проблеме уничтожения химического оружия.

Главный вывод учёных-экологов и медиков – объект хранения и уничтожения не оказывает воздействия на окружающую среду и население области.

На основании решения комиссии по организации взаимодействия органов исполнительной власти, органов местного самоуправления муниципальных образований области и организаций по проблеме уничтожения химического оружия на территории Кировской области сотрудниками РЦГЭКиМ по Кировской области совместно с учёными Вятского государственного гуманитарного университета с 2011 года проводится «фоновый» мониторинг состояния окружающей среды в Вятскополянском районе Кировской области, территория которого вошла в зону защитных мероприятий объекта уничтожения химического оружия «Кизнер» Удмуртской Республики. Всего в ЗЗМ объекта «Кизнер» входит 23,3 кв. км территории Вятскополянского района Кировской области, включая участок от железной дороги на северо-запад площадью 16,5 кв. км и участок в северо-восточной части от пос. Елох до границы с Удмуртской Республикой площадью 6,8 кв. км. Населённых пунктов на этой территории Вятскополянского района Кировской области нет. Фоновый экологический мониторинг проводится на 6 участках территории Кировской области, из них 3 контрольные площадки на р. Люга.

Вопросы организации проведения фонового мониторинга объекта «Кизнер» на территории Вятскополянского района Кировской области до начала функционирования были рассмотрены 13 декабря 2013 г. на заседании областной комиссии по вопросам уничтожения химического оружия.

В рамках ФЦП «Уничтожение запасов химического оружия в РФ» и утверждённого 10%-ного Перечня объектов социальной инфраструктуры на территории Оричевского и Котельничского районов Кировской области построено 22 объекта и 2 объекта реконструировано. Это клиничко-диагностический центр, школа, три жилых дома, две блок-секции, очистные сооружения, ремонт дорог в пгт. Оричи. В пгт. Мирный проведены работы по газификации, ремонту водопроводных и теплосетей, реконструкции электросетей, здания школы, строительству канализационно-насосной станции, жилого дома и пожарного депо, ремонту семи километров дорожного полотна. За счёт инвестиций федерального бюджета в рамках реализации программы УХО с учётом предложений глав администраций Оричевского и Котельничского районов был создан перечень строительства объектов социальной и инженерной инфраструктуры. На эти цели было направлено более 2 113,1

млн. рублей (для сравнения: годовой бюджет Оричевского района составляет немногим более 500 млн. рублей).

В соответствии с утверждённым планом передачи объектов социальной и инженерной инфраструктуры из федеральной собственности в муниципальную в настоящее время передано 7 объектов. По реконструированным объектам прорабатывается порядок передачи затрат на реконструкцию. На рассмотрении в Росимуществе находятся комплекты документов по 2 объектам. По 5 объектам проводятся кадастровые работы в рамках государственного контракта 2013 года. На 2014 год запланировано к передаче 10 объектов.

Правительство области работает в тесном контакте с Департаментом реализации конвенционных обязательств Минпромторга России по вопросам передачи в муниципальную собственность построенных за счёт ФЦП социальных объектов, а также по вопросам вовлечения в хозяйственный оборот имущественного комплекса объекта «Марадыковский» на основе инвестиционного проекта «Химико-технологический лесопромышленный комплекс».

Вопрос обеспечения безопасности для населения и окружающей среды в районе действующего объекта постоянно контролируется Правительством Кировской области. На заседаниях комиссии по организации взаимодействия органов исполнительной власти области, органов местного самоуправления муниципальных образований и организаций по проблеме уничтожения химического оружия на территории Кировской области происходит обмен мнениями по самым различным вопросам, в том числе обсуждаются вопросы обеспечения безопасности здоровья населения и окружающей среды при хранении и уничтожении химического оружия, строительства объектов социальной инфраструктуры, результаты социально-гигиенического мониторинга здоровья населения, проживающего и работающего на территории ЗЗМ объекта УХО, вопросы разработки системы эвакуации и жизнеобеспечения населения и готовности её к выполнению поставленных задач.

Говоря о взаимодействии Правительства области с Департаментом реализации конвенционных обязательств Минпромторга России и Федеральным управлением по безопасному хранению и уничтожению химического оружия, следует отметить, что ФЦП «Уничтожение запасов химического оружия в РФ» реализуется в Кировской области в полном объёме, Правительство региона своевременно информируется о всех планируемых работах на объекте хранения и уничтожения химического оружия.

Методологическая и методическая база обеспечения экологической и промышленной безопасности объектов по уничтожению химического оружия

© 2013. А. И. Поляков, начальник отдела, В. Д. Назаров, г.н.с.,
Федеральное управление по безопасному хранению и уничтожению химического оружия,
e-mail: fubhuho@yandex.ru

В статье представлена и описана развёрнутая структурно-функциональная схема обеспечения безопасности при уничтожении химического оружия. Изложены подходы и методы определения размера и площади санитарно-защитных зон и зон защитных мероприятий объектов хранения и комплекса объектов хранения и уничтожения химического оружия. Описаны методические подходы и принципы обеспечения химической и экологической безопасности на действующих объектах.

The article shows and describes the detailed structural and functional diagram of providing safety at chemical weapons decommission. Approaches and methods of determining the size and area of sanitary protection zones and zones of protective measures and of plants of chemical weapons storage and destruction are suggested. Methodological approaches and principles of keeping chemical and environmental safety on existing sites are described.

Ключевые слова: структурно-функциональная схема, санитарно-защитная зона, зона защитных мероприятий, проектная документация, меры безопасности

Keywords: structural and functional diagram of the sanitary protection zone, protective measures zone, project documentation, safety measures

Методологически комплекс обеспечения химической, экологической безопасности представляет собой иерархически структурированную совокупность нормативно-методических, проектных, технологических, медико-санитарных и организационных решений и мероприятий по обеспечению безопасности работающего персонала на объекте уничтожения химического оружия, населения, проживающего в районе его размещения, и сохранения окружающей среды. Практическая реализация данных решений и мероприятий обеспечивает минимизацию влияния негативных факторов, сопутствующих процессу уничтожения химического оружия (ХО).

Разработанный и введённый в эксплуатацию комплекс обеспечения безопасности при уничтожении химического оружия решает следующие задачи:

– систематический санитарно-гигиенический и экоаналитический контроль состояния загрязнения производственной (промзона Объекта) и окружающей среды района расположения Объекта при его эксплуатации с целью объективного подтверждения безопасности обслуживающего персонала Объекта,

населения и сохранения окружающей среды (ОС) в зоне его расположения, а также выявления различных аномалий для оперативного принятия решений по оптимизации режимов функционирования Объекта;

– оперативный контроль за развитием экологической обстановки при возникновении аварийных ситуаций в целях оценки масштабов загрязнения ОС выбросами (сбросами) Объекта и прогнозирования их последствий (с учётом гидрометеорологических и других факторов, влияющих на протекание процессов распространения химического загрязнения среды), локализации и ликвидации аварийных ситуаций;

– контроль за санитарно-химической обстановкой в послеаварийный период с целью уточнения параметров распространения химических веществ, выявления эффективности проводимых мероприятий по ликвидации последствий возможной аварийной ситуации, определения возможных границ и сроков нормализации экологической обстановки.

Структурно-функциональная схема комплекса обеспечения безопасности при уничтожении химического оружия (ХО) представлена на рисунке 1.

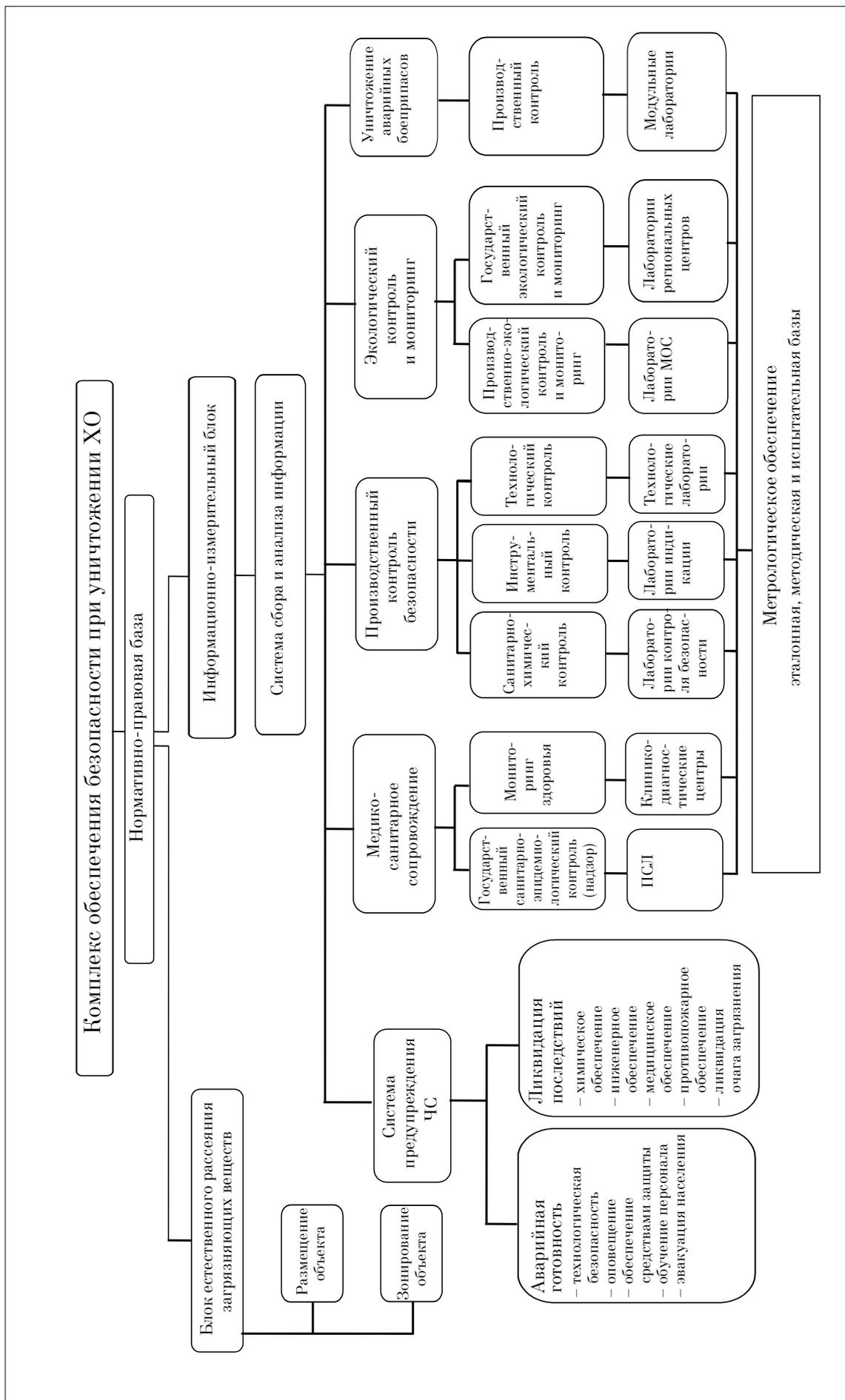


Рисунок. Структурно-функциональная схема комплекса

Комплекс охватывает два основных направления обеспечения безопасности на Объектах:

- блок естественного рассеяния выбросов вредных веществ до безопасных концентраций в обозначенной зоне;

- информационно-измерительный блок, связанный с проведением различных видов контроля и мониторинга, сбором и обобщением полученной при этом измерительной информации.

Первое направление предусматривает выбор места размещения Объекта, его разделение на промышленную площадку, административную зону, санитарно-защитную зону (СЗЗ), селитебные территории, попадающие в зону влияния Объекта при штатном режиме функционирования, зону защитных мероприятий (ЗЗМ) – на случай возникновения запроектных аварий.

Второе направление предусматривает проведение:

- производственного и экологического контроля (контроль состояния промышленной безопасности, санитарного состояния производственной и окружающей среды, состояния экологической безопасности);

- медико-санитарного сопровождения, включая государственный санитарно-эпидемиологический надзор и мониторинг здоровья;

- экологического мониторинга, целью которого является оценка соблюдения экологических нормативов (нормативы выброса и сброса), а также гигиенических нормативов содержания отравляющих веществ (ОВ) и других вредных веществ в контролируемых средах;

- определения загрязнения атмосферного воздуха, почвы и воды на границе СЗЗ и в ЗЗМ;

- анализа состояния здоровья персонала Объекта и населения в районе его расположения;

- прогнозирования состояния загрязнения ОС, а также состояния окружающей среды при возникновении и развитии аварийных ситуаций на Объекте (на основании анализа результатов контроля и мониторинга);

- локализации и ликвидации последствий аварий.

Обеспечение безопасности Объекта за счёт естественного рассеяния формируется на этапе его проектирования. При разработке проектной документации осуществляется выбор места строительства Объекта, зонирование его территории (промышленная, административная, складская и др.). Разрабатывается проект организации и обустройства СЗЗ Объекта, который

проходит согласование в контрольных и надзорных органах. По результатам согласования проекта главный государственный санитарный врач РФ (или его заместитель) принимает решение о размерах СЗЗ конкретного Объекта.

Определение границы СЗЗ Объекта осуществлялось из расчёта того, что в её пределах должно быть обеспечено рассеяние выбросов ЗВ до безопасных концентраций как при штатном режиме функционирования Объекта, так и в случае возникновения «проектных аварий» (аварий, для которых предусмотрены проектные решения по снижению воздействия до нормативных требований. Для Объектов проектными считаются аварии, имеющие вероятность возникновения 1 раз в миллион лет).

Обоснование размеров СЗЗ Объекта проводилось с учётом методических указаний по оценке риска для здоровья населения, проживающего в районе возможных выбросов объекта, утвержденных главным государственным санитарным врачом РФ. Использование данного подхода позволяет исключить негативное воздействие выбросов объекта уничтожения химического оружия на людей при штатном функционировании и при возможных проектных авариях.

Безопасность функционирования Объектов при возникновении запроектных аварийных ситуаций обеспечивается созданием ЗЗМ (постановление Правительства Российской Федерации № 208).

После утверждения проектной документации (ТЭО, проект) и определения размеров СЗЗ Объекта постановлением Правительства РФ устанавливается площадь ЗЗМ (зона, в пределах которой выполняется специальный комплекс защитных мероприятий, направленных на снижение влияния и ликвидацию возможных последствий возникновения чрезвычайных (запроектных) ситуаций на Объекте).

Для всех семи российских объектов хранения ХО постановлением заместителя главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 11 июня 1999 г. № 6 установлен размер СЗЗ радиусом 2000 м.

Для объектов по уничтожению ХО в настоящее время СЗЗ установлена постановлениями главного государственного санитарного врача Российской Федерации (или его заместителя) и имеет с учётом особенностей территории расположения объекта хранения ХО, ландшафта, лесистости и других факторов различный размер, так, например, для:

- объекта в г. Щучье Курганской области – 3000 м (постановление заместителя главного

государственного санитарного врача РФ от 11 июня 1999 г. № 7);

– объекта в г. Камбарка Удмуртской Республики – 1000 м (постановление главного государственного санитарного врача РФ от 15 ноября 2004 г. № 7);

– объекта в пос. Мирный Кировской области – 2000 м (постановление главного государственного санитарного врача РФ от 26 сентября 2005 г. № 23);

– объекта в г. Почеп Брянской области – 2500 м (постановление главного государственного санитарного врача РФ от 29 января 2007 г. № 4);

– объекта в пос. Кизнер Удмуртской Республики – 2000 м (постановление главного государственного санитарного врача РФ от 17 января 2007 г. № 1);

– объекта в пос. Леонидовка Пензенской области – 2000 м (постановление главного государственного санитарного врача РФ от 17 января 2007 г. № 2).

Постановлениями Правительства Российской Федерации утверждены площади ЗЗМ и перечни населённых пунктов, включённых в данные зоны, для комплексов объектов по хранению и уничтожению химического оружия (ХУХО) в пос. Горный Саратовской области, пос. Мирный Кировской области, г. Щучье Курганской области, г. Камбарка Удмуртской Республики, пос. Леонидовка Пензенской области, г. Почеп Брянской области и г. Кизнер Удмуртской Республики:

– комплекс объектов ХУХО пос. Мирный Кировской области – ЗЗМ утверждена постановлением Правительства РФ от 7 ноября 2005 г. № 657 (891,7 кв. км);

– комплекс объектов ХУХО в г. Щучье Курганской области – ЗЗМ утверждена постановлением Правительства РФ от 7 ноября 2005 г. № 658 (750 кв. км);

– комплекс объектов ХУХО в г. Камбарка Удмуртской Республики – ЗЗМ утверждена постановлением Правительства РФ от 5 декабря 2005 г. № 734 (87 кв. км);

– комплекс объектов ХУХО в пос. Леонидовка Пензенской области – ЗЗМ утверждена постановлением Правительства РФ от 5 декабря 2005 г. № 735 (214 кв. км);

– комплекс объектов ХУХО пос. Кизнер Удмуртской Республики – ЗЗМ утверждена постановлением Правительства РФ от 6 июля 2007 г. № 434 (510 кв. км);

– комплекс объектов ХУХО г. Почеп Брянской области – ЗЗМ утверждена постановлением Правительства РФ от 6 июля 2007 г. № 433 (1048 кв. км).

Эффективность методологии и изложенных подходов к реализации обеспечения безопасности за счёт рассеяния ЗВ подтверждена на действующих Объектах. За весь период их функционирования не были зафиксированы случаи превышения установленных нормативов качественного состояния ОС за границами СЗЗ Объектов. Данное обстоятельство является подтверждением эффективности принятых методологий, реализованных в проектных решениях многоступенчатых систем очистки выбросов на Объектах. В указанный период не было зафиксировано случаев превышения нормативов выбросов загрязняющих веществ на Объектах.

Вместе с тем учитывая, что обеспечение безопасности за счёт рассеяния ЗВ в определённом смысле базируется на рутинной работе с использованием известной нормативно-методической базы, основное внимание при создании и внедрении научно-технического комплекса уделено информационно-измерительному блоку обеспечения безопасности при уничтожении ХО, являющемуся основным элементом комплекса.

В рамках методического сопровождения создания комплекса обеспечения безопасности решён ряд фундаментальных задач:

– разработаны, сформированы и апробированы на практике концептуальные, научно-методические и приборно-технические основы безопасного уничтожения ХО в Российской Федерации;

– разработаны санитарные нормы и правила, нормативные и методические документы, регламентирующие осуществление государственного санитарно-эпидемиологического надзора, методы и средства медико-санитарного мониторинга граждан, а также санитарно-гигиенические и экологические нормы безопасности, регламентирующие работы по хранению и уничтожению ХО;

– в ходе проведения научных исследований обоснованы гигиенические стандарты безопасности для ОВ, подлежащих уничтожению. Разработаны, зарегистрированы в Минюсте России и введены в действие постановлениями главного государственного санитарного врача РФ 67 гигиенических нормативов, регламентирующих допустимое содержание уничтожаемых ОВ в объектах ОС, в воздухе рабочей зоны и в смывах с технологического оборудования и кожных покровов работников Объектов;

– определены и утверждены научно-обоснованные перечни приоритетных загрязнителей, подлежащих контролю в системах государственного экологического мониторинга

(надзора) и производственного контроля безопасности для Объектов;

– разработаны и введены в действие более десяти методических указаний и рекомендаций по медико-санитарному обеспечению процесса уничтожения ХО;

– разработаны методы и технические средства, а также нормативные и методические документы для обеспечения экологической безопасности процесса уничтожения ХО, создана и аккредитована сеть экоаналитических лабораторий, осуществляющих производственно-экологический, государственный контроль и мониторинг ОС при проведении работ по хранению и уничтожению ХО;

– разработаны, аттестованы и внесены в специальный раздел «1-ХО» Федерального реестра МИ более 330 методик измерений, составляющих основу современной научно-методической базы указанных лабораторий;

– разработаны и утверждены 14 типов государственных стандартных образцов состава вещества токсичных химикатов (ГСО ТХ). Нарботанные ГСО ТХ используются в качестве метрологических эталонов при проведении химико-аналитических анализов в аккредитованных лабораториях, при построении градуи-

ровочных графиков и проведении внутреннего оперативного контроля. Утверждённые типы ГСО внесены в раздел «ГСО ТХ» Государственного реестра стандартных образцов;

– разработаны современные медицинские схемы и средства профилактики, а также методы диагностики и лечения поражений токсичными химикатами, подлежащими уничтожению;

– создан и функционирует социально-гигиенический и экологический мониторинг работ, связанных с хранением и уничтожением ХО, конверсией или уничтожением объектов по его производству и разработке;

– разработаны методические материалы и технические средства для создания, внедрения и функционирования на объектах по хранению и уничтожению ХО систем управления ОС и охраной здоровья и безопасностью персонала в соответствии с требованиями национальных и международных стандартов.

Использование в полной мере всего комплекса методических приёмов позволяет обеспечивать безопасность работающего персонала на действующих объектах и населения, проживающего на территории ЗЗМ объекта уничтожения химического оружия.

УДК 623.459.84

Научно-технические аспекты оптимизации процесса доставки химических боеприпасов ствольной и реактивной артиллерии на объекты по уничтожению химического оружия

© 2013. В. Б. Антипов, д.х.н., г.н.с., А. Х. Хасанов, с.н.с.,
Научно-исследовательский центр Федерального управления
по безопасному хранению и уничтожению химического оружия,
e-mail: fubhuho@yandex.ru

Описаны научно-технические пути решения задач транспортной логистики и оптимизации процесса доставки химических боеприпасов ствольной и реактивной артиллерии на объекты по уничтожению химического оружия.

The article describes the scientific and technical solutions to problems of transportation logistics and optimizing the delivery of chemical munitions and rocket artillery cannons to chemical weapons decommission plants.

Ключевые слова: уничтожение химического оружия, технологический цикл, оптимизация параметров технологического процесса

Keywords: chemical weapons decommission, production cycle, process parameters optimization

Российская Федерация в рамках федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» (Программа) [1] в настоящее время выполняет четвёртый, завершающий этап работ.

Главная цель Программы состоит в уничтожении запасов химического оружия (ХО) на территории Российской Федерации в заданные сроки, в соответствии с Конвенцией о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении (Конвенция) [2] и обеспечения безопасности при хранении, уничтожении, перевозке ХО.

Одним из важнейших программных мероприятий уничтожения запасов ХО является его перевозка на специальном автомобильном или железнодорожном транспорте от объектов по хранению химического оружия (ОХХО) до объектов по уничтожению химического оружия (ОУХО), а также разработка методов и средств обеспечения промышленной безопасности при уничтожении ХО и его перевозке.

Такой подход объясняется большой потенциальной опасностью отравляющих веществ (ОВ), составляющих основу ХО.

На безопасность транспортирования химических боеприпасов (ХБП) оказывают влияние следующие основные источники потенциальной опасности: токсический потенциал ОВ; необратимость физико-химических процессов старения, протекающих при долговре-

менном хранении ХБП; катастрофы техногенного и природного характера; несанкционированный доступ к ХБП посторонних лиц.

Для уменьшения опасности и риска при хранении, перевозке и уничтожении ХО требуется решить проблему разработки комплекса мероприятий по обеспечению безопасной, бесперебойной и своевременной доставки ХО на ОУХО.

Учитывая тенденции экономического развития России, по мере накопления опыта уничтожения ХО, всё более актуальными становятся вопросы оптимизации затрат на уничтожение оставшихся запасов ХО при неизменном обеспечении безопасности работающего персонала и окружающей среды.

В настоящее время в России уничтожено около 80% запасов ХО, основная часть которых приходится на ОВ, хранящиеся в ёмкостях, и авиационные ХБП, содержащие в одном боеприпасе значительное количество ОВ.

Оставшиеся из подлежащих уничтожению ОВ хранятся в основном в ХБП ствольной и реактивной артиллерии на объектах, расположенных в Щучанском районе Курганской области и Кизнерском районе Удмуртской Республики. Общее количество артиллерийских боеприпасов составляет около трёх миллионов штук.

В связи с этим создание методических и программных средств, средств обеспечения своевременной, безопасной и с наименьшими затратами доставки ХБП ствольной и реактив-

ной артиллерии на ОУХО является актуальной и важной научно-практической задачей. Указанные средства необходимы при проведении научных исследований, проектировании и управлении процессами уничтожения ХО на объектах по хранению и уничтожению химического оружия. В настоящее время такие методические и программные средства, готовые к применению в отношении ОХУХО, отсутствуют, а те, что имеются, требуют существенной доработки для учёта уникальных особенностей конкретных объектов.

Приступая к разработке методики оптимизации процесса доставки ХБП ствольной и реактивной артиллерии на ОУХО, вначале целесообразно последовательно рассмотреть несколько узконаправленных задач, представляющих в итоге единый алгоритм [3]: обоснование необходимого запаса ХБП на ОУХО; выбор вида транспортировки ХБП на разных этапах их доставки с ОХХО на ОУХО; минимизация общих временных затрат, возникающих при доставке ХБП с ОХХО на ОУХО; расчёт количества людей, техники и оборудования, необходимого для выполнения потребных поставок ХБП с ОХХО на ОУХО.

Запас ХБП на ОУХО определяется, исходя из требований обеспечения бесперебойной работы ОУХО при поставке ХБП фиксированным объёмом в размере суточной потребности.

Следует добавить, что склад ОУХО должен иметь дополнительный объём, позволяющий размещать ещё один комплект ХБП, что поможет компенсировать такие сбои в поставках как «преждевременная поставка» и «поставка завышенного объёма». К тому же дополнительный объём склада ОУХО позволит организовать более равномерную и стабильную работу на ОХХО.

Учитывая большие запасы ХО, подлежащие доставке, естественно предположить, что масштабы перевозок должны быть весьма значительны и столь же значительны затраты на перевозки. Уменьшение этих затрат хотя бы на несколько процентов приводит к значительной экономии, а следовательно, к снижению стоимости предлагаемого потребителю груза. Отсюда сокращение затрат на перевозки – важнейшая задача транспортной логистики.

Химические боеприпасы ствольной и реактивной артиллерии имеют разные калибры. По этой причине для перевозки одного и того же потребного количества ХБП (на всех этапах транспортировки) требуется разное количество соответствующей техники в зависимости от типа транспортируемых ХБП.

С другой стороны, с разными типами ХБП продолжительность одних и тех же операций в общем случае различна. А зачастую требуется выполнять разные операции. Поэтому для определения необходимого количества людей, техники и оборудования нужно ориентироваться на худший вариант, когда потребности в перечисленном максимальны.

Технологический процесс (ТП) утилизации ХБП является инструментом решения аналогичной задачи и представляет собой циклически повторяющуюся последовательность технологических операций. Число технологических циклов (ТЦ) при заданных параметрах цикла зависит от количества утилизируемых рецептур ОВ и ХБП. Следовательно, задачу утилизации ХБП с учётом исходных данных и принятой выше идентификации, как ТП, можно сформулировать следующим образом: в результате реализации требуемого числа ТЦ должно быть утилизировано N -ное количество ХБП J -того числа калибров, снаряжённых Π -тым количеством рецептур ОВ и находящихся в X -вом числе хранилищ. В общей постановке задачи каждый ТЦ представляет собой совокупность последовательных операций, при выполнении которых будет утилизировано $N_{\text{ц}}$ ХБП. Число ТЦ, кроме указанного выше, определяется и количеством рецептур ОВ, производительностью объектов, временем как подготовки, так и утилизации, содержанием ТП в зависимости от сезона года и т. п.

В связи с тем, что задача оптимизации ТП на ОУХО не ставится, приведённые выше характеристики могут быть отнесены только к ТП подготовки ХБП к отправке на ОУХО и транспортировке между объектами. При этом транспортировка может быть выделена в зависимости от исходных данных в отдельную задачу транспортного типа. Таким образом, оптимизация задачи утилизации ХБП заключается в минимизации времени утилизации при оптимальном соотношении сил и средств, т.е. практически в оптимизации параметров одного ТЦ (как структуры, так и его длительности).

ТЦ, представляющий последовательность действий в технологической цепи, разбивается на технологические операции, каждая из которых представляет собой последовательность действий с одним или несколькими объектами (ХБП, контейнер, автотранспорт и т. д.) и заканчивается промежуточным результатом (доставка ХБП к месту назначения, подготовка к отправке и т. п.). При выполнении всех опе-

раций ТЦ заканчивается. Число и содержание операций могут задаваться как исходные данные или определяться на основе их в процессе решения задачи оптимизации. Рассмотрение большого числа мелких операций нецелесообразно, т. к. при этом решение задачи становится громоздким и потому трудоёмким.

Весьма важным при определении содержания операций является правильный выбор параметров оптимизации, который позволит совместить (по времени, месту, содержанию и т. п.) разнородные действия, составляющие операции, и определить последовательность их выполнения, т. е. определить положение диапазона времени её выполнения в длительности ТЦ. Таким образом, может быть определена реальная длительность цикла, которая будет меньше технологической.

В общем виде задача оптимизации может быть сформулирована с помощью теории множеств [4], что позволит формализовать задачу на этапе разработки алгоритма оптимизации.

В целом ТП подготовки ХБП к утилизации можно представить как множество операций:

$$T = \{Q_1; Q_2; \dots; Q_q\},$$

где каждая из операций является, в свою очередь, множеством:

$$Q_1 = \{a_1; a_2; \dots; a_p\}; Q_2 = \{b_1; b_2; \dots; b_q\}; \dots \\ Q_q = \{h_1; h_2; \dots; h_s\},$$

т. е. являются подмножеством множества T :

$$Q \subset T.$$

Практически элементы подмножеств представляют собой элементарные операции (действия) в составе операции ТЦ и каждая последовательность этих действий (элементов, подмножеств) принадлежит только одному подмножеству, тогда:

$$b \notin Q_1, c \notin Q_2.$$

Из этих подмножеств могут быть образованы объединения-множества, состоящие из всех элементов (элементарных операций, действий), принадлежащих хотя бы одному из этих множеств:

$$Q_1 \cup Q_2, Q_1 \cup Q_3, Q_2 \cup Q_3 \dots$$

Практически это означает увеличение состава одной операции за счёт другой, дублирование отдельных действий, что не приводит к сокращению длительности ТЦ. При этом множество как результат объединения конкретных производственных действий представляет собой последовательность их выполнения в рамках одной технологической операции при параллельном выполнении других операций.

Другая операция над множествами – пересечение. При этом образуется новое множество, состоящее из всех элементов, принадлежащих одновременно обоим множествам:

$$Q_1 \cap Q_2, Q_1 \cap Q_3, Q_2 \cap Q_3, \dots$$

Это означает укрупнение операций с сохранением всех функций прежних, что также не приводит к сокращению длительности ТЦ (рис. 1).

Наиболее показательное применение теории множеств при оптимизации работы автоматических систем, состоящих из большого числа исполнительных устройств, работа каждого из которых описывается с помощью специальных функций [5].

Анализ свойств объединений множеств позволяет оценить возможности их использования при оптимизации ТП.

Ассоциативность – объединение операций:

$$(Q_1 \cup Q_2) \cup Q_3 = Q_1 \cup (Q_2 \cup Q_3), \\ (Q_1 \cap Q_2) \cap Q_3 = Q_1 \cap (Q_2 \cap Q_3).$$

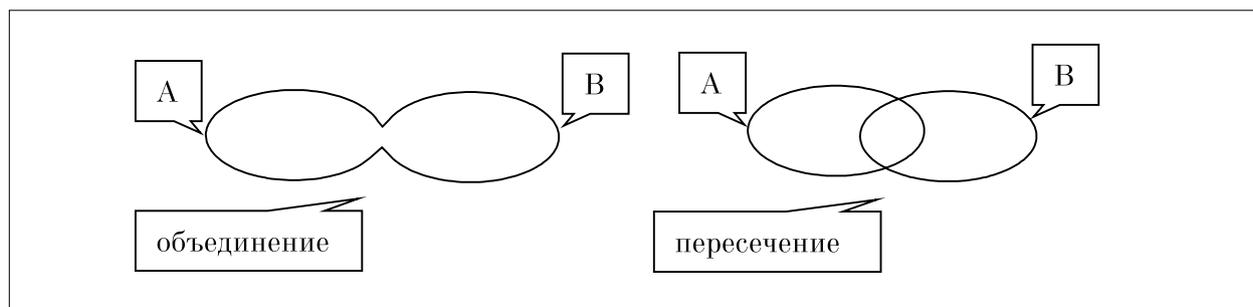


Рис. 1. Иллюстрация действий со множествами

Дистрибутивность – пересечение двух множеств, одно из которых объединение, равнозначно объединению их взаимных пересечений:

$$(Q_1 \cup Q_2) \cap Q_3 = (Q_1 \cap Q_3) \cup (Q_2 \cap Q_3)$$

$$(Q_1 \cap Q_2) \cup Q_3 = (Q_1 \cup Q_3) \cap (Q_2 \cup Q_3)$$

Применительно к решаемой задаче оба свойства означают образование технологических цепочек в составе ТЦ путём объединения операций, имеющих одинаковые элементы ТП. Например, образование единого рабочего места по упаковке, транспортировке и т.п. продукции, получаемой при различных технологических операциях. Применительно к задаче подготовки ХБП к утилизации это может быть, например, единая мобильная структура (группа), оснащённая необходимой техникой, для выполнения такелажных работ для всех операций ТЦ. Другой пример – объединение операций по подготовке к отправке ХБП и их укладки в контейнеры как единое составляющее ТЦ. Таким образом, создание объединений и пересечений множеств, элементами которых являются элементарные операции (действия) ТП, позволяет оптимизировать его структуру.

Другой задачей оптимизации ТП утилизации ХБП является оптимизация производственного процесса, т. е. минимизация длительности ТЦ на ОХХО при соблюдении его непрерывности.

Эта задача может быть решена также с использованием теории множеств путём оптимизации как длительности выполнения отдельных технологических операций и их совокупностей (объединений и пересечений как множеств), так и их взаимного положения во временном диапазоне ТЦ. То есть параметром оптимизации являются временные интервалы, соответствующие определённым операциям, стадиям (этапам) ТП подготовки ХБП к утилизации.

Очевидно, общим параметром всех операций, в том числе и ТЦ, является время, точнее, длительность t_q операции и цикла T_q , связанные зависимостью:

$$T_q = \sum_{q=1}^Q t_q.$$

Если на ОХХО находится N ХБП, а за один ТЦ к поставке на ОУХО готовится N_q ХБП, то потребное число ТЦ в подготовки к поставке всех ХБП составит:

$$n_q = N / N_q.$$

Другими параметрами, связанными со временем, являются производительности операции P_q и цикла P_q – количество единиц продукта (ХБП, контейнер с ХБП и т. п.), прошедшее операцию, или ТЦ за время их длительности, шт./ч (сутки, мин., с).

Таким образом, ТП может быть представлен множеством параметра t :

$$T = \{t_1, t_2, \dots, t_q\}.$$

Технологические операции представляются аналогично и являются подмножествами множества T :

$$Q_1 = \{t_1, t_2, \dots, t_3\}, Q_2 = \{t_1, t_2, \dots, t_3\},$$

$$Q_q = \{t_1, t_2, \dots, t_3\}.$$

Параметром этих подмножеств может быть время, соответствующее началу операции на оси времени ТЦ, длительность операции или действия и т.п., то есть сами действия заменяются временными интервалами. Образующие из этих подмножеств объединения и пересечения практически означают совмещение по времени выполнения отдельных действий и операций, что наглядно реализуется в сетевых графиках. Это позволяет в итоге минимизировать длительность ТЦ и сократить сроки утилизации ХБП в целом.

Данный подход с использованием математического аппарата теории множеств является общим, когда оптимизация ТП отправки производится по всем составляющим его технологическим цепочкам. При ограничении параметров отдельных операций или технологических цепочек процесс оптимизации упрощается. Так, при заданных производительности технологического цикла конвейера, суточной потребности ХБП на объектах подготовки и уничтожения, последовательности операций (в данном случае последовательность рецептов ОВ и калибров), ограничении ресурсов (например, количества единиц автотранспорта, конвейеров, ёмкости тары и контейнеров и т.п.), оптимизация как математическая задача сводится к определению продолжительности отдельных операций и количества необходимых при этом средств.

Для выполнения расчётов для конкретного ОУХО по приведённому в данной статье алгоритму необходимо иметь следующие исходные данные:

а) количество типов ХБП на ОХХО; количество ХБП каждого типа; количество опе-

раций, выполняемых с ХБП каждого типа и их продолжительность на всём пути доставки ХБП с ОХХО на ОУХО;

б) потребные поставки ХБП с ОХХО на ОУХО на каждый рабочий день; продолжительность рабочего дня на ОХХО;

в) вместимость транспортировочной тары для каждого типа ХБП;

г) располагаемые транспортные средства для разных этапов транспортировки ХБП; их вместимость для каждого типа ХБП; средняя допустимая скорость движения располагаемых транспортных средств;

д) расстояния между всеми «перевалочными» пунктами на всём пути доставки ХБП с ОХХО на ОУХО;

е) количество исполнителей работ (операций), эффективность их использования в каждой операции.

Рассмотрим последовательность выполнения работ по подготовке и отправке на ОУХО ХБП ствольной и реактивной артиллерии на ОХХО «Щучье» Курганской области.

ХБП должны отправляться на ОУХО в нормативно определённой последовательности: сначала боеприпасы, снаряжённые рецептурами зарин и зоман, затем Ви-икс и «вязкий Ви-икс». Боеприпасы с одинаковой рецептурой ОВ отправляются в последовательности возрастания калибра.

Работы по отправке ХБП на ОУХО организуются и проводятся в местах постоянного хранения ХО [6, 7]. ХБП на ОУХО отправляются в герметизированных контейнерах железнодорожным транспортом в крытых вагонах модели 11-217. Перед отправкой проводится проверка технического состояния боеприпасов, которые квалифицируются как исправные (герметичные) и аварийные. Аварийные боеприпасы (изменение цвета индикаторного покрытия, наличие подтёков из-под холостой пробки, негерметичность заливного узла, обнаружение паров ОВ в запальном стакане с помощью войскового прибора химической разведки (ВПХР) или химическим полуавтоматическим аспиратором АПХ-03) укладываются в герметичные футляры для последующего отправления на ОУХО. Работа по отправке исправных (герметичных) боеприпасов организуется поточным методом.

При отправке в общем случае проводятся следующие работы: перемещение ХБП от хранилища до терминала; сосредоточение сменного запаса ХБП в таре для обогрева (в холодное время года); подготовка к отправке;

погрузка в герметизированный контейнер; проверка герметичности фланца загруженного контейнера; погрузка контейнеров в железнодорожный вагон; транспортирование контейнеров с боеприпасами на ОУХО.

Из хранилища ХБП для обработки доставляются на терминал автотранспортом в технологической многооборотной таре, укладка боеприпасов в которую производится в хранилище.

Сосредоточение на терминале сменного запаса ХБП для обогрева производится в холодное время года. Необходимость обогрева объясняется возникающей сложностью при снятии застывшей при низкой температуре консервационной смазки. Нормативное время для обогрева ХБП установлено в количестве трёх суток.

Работы по подготовке боеприпасов к отправке и погрузке в контейнеры проводятся на специализированном участке. Для подготовки к отправке на участке организовано 4 конвейера с производительностью 1000 ХБП за 16 часов каждый.

После проверки технического состояния у боеприпасов ствольной артиллерии с цилиндрической части снимается защита (консервационная смазка). Для удобства работы боеприпасы вращаются. Для вращения боеприпасов, имеющих большую массу, в запальный стакан ввинчиваются рым-болты, которые в дальнейшем используются для погрузки этих боеприпасов в контейнеры с помощью электропогрузчиков и траверсы.

На основании изложенного следует, что содержание операций по подготовке ХБП к отправке отличается для разных боеприпасов. Однако производительность конвейера на терминале является постоянной величиной: 1000 ХБП за 16 часов. И боеприпас при подготовке к отправке должен пройти по всему конвейеру от начала (выгрузка на конвейер) до конца (погрузка в герметизированный контейнер). Таким образом, при установившемся режиме работы конвейера с него каждые 58 секунд должен сходить один ХБП, прошедший полную подготовку (независимо от типа и калибра), который сразу же должен быть загружен в герметизированный контейнер. То есть чистое время погрузки ХБП в контейнер определяется умножением числа боеприпасов в контейнере на время выполнения операций на конвейере (58 секунд). В случае же одновременной работы всех 4-х конвейеров каждые 58 секунд с них будет сходить 4 подготовленных к отправке боеприпаса.

После подготовки к отправке ХБП загружаются в герметизированный контейнер, в который укладывается и закрепляется соответствующая порционная тара. Предварительно контейнер проверяется на герметичность. Под погрузку подаются только исправные, укомплектованные и герметичные контейнеры. Погрузка боеприпасов в контейнеры производится с использованием электропогрузчика ЭП-103 (ЭП-201) со стрелой и специальной траверсы.

После погрузки и закрепления ХБП на контейнер устанавливается крышка, и контейнер подаётся на участок проверки герметичности фланца загруженного контейнера. Без проверки герметичности фланца загруженные контейнеры на ОУХО не отправляются. При обнаружении негерметичности выясняется и устраняется её причина. При невозможности устранения причины ХБП перегружаются в исправный контейнер. Неисправный контейнер направляется на ремонт. Загруженные герметичные контейнеры подаются электропогрузчиком на железнодорожную погрузочно-разгрузочную платформу.

После накопления соответствующего количества контейнеры загружаются в крытые железнодорожные вагоны модели 11-217, которые имеют расширенные дверные проёмы, что позволяет использовать для погрузки контейнеров электропогрузчики ЭП-103.

В вагоне контейнеры размещаются в 1 или 2 яруса по высоте (34 или 68 шт. соответственно). После погрузки контейнеры закрепляются, вагон закрывается, пломбируется и подаётся на формирование эшелона.

Упрощение задачи оптимизации позволяет рассматривать её как информационную систему, позволяющую управлять запасами и принимать оперативно оптимальные решения при изменении условий ТП отправки ХБП.

Существует множество алгоритмов, работающих в режиме реального времени и контролируемых постоянные поминутные изменения в физической системе. Однако учитывая проблему соизмерения затрат и результатов при решении вопроса о хранении информации, более приемлемой может оказаться работа методом групповой обработки, при котором данные обновляются ежедневно (или по мере необходимости), но ответ может обеспечиваться с задержкой. Анализируя реальные потребности управления запасами ХБП, необходимо признать преимущества работы алгоритма, построенного по методу групповой обработки данных (запасов ХБП,

подлежащих уничтожению). Поэтому алгоритм программы расчёта вариантов доставки боеприпасов с ОХХО на ОУХО был разработан именно с учётом этого вывода.

Поскольку ХБП должны отправляться на ОУХО в строгой последовательности, то их выборка будет осуществляться с приоритетом рецептуры ОВ: зарин (Р-35) → зоман (Р-55) → Ви-икс (Р-33) → «вязкий» Ви-икс (ВР-33) (операнды 5, 6, 7 и 8); а также с учётом возрастания калибра ХБП: 85 мм → 122 мм → 130 мм → 140 мм → 152 мм → 220 мм (операнды 9, 11, 13, 15, 17 и 19) (рис. 2).

Формирование информационного массива M_n (где n – количество массивов), содержащего данные о запасе ХБП N_i (где i – калибр ХБП), подлежащих отправке со склада, осуществляется исходя из следующих исходных данных:

1) производительности ОУХО, выраженной в количестве ХБП, утилизируемых за сутки, P (операнд 1);

2) необходимого суточного запаса ХБП на складах самого ОУХО, который задаётся сутками, $K_1 = 1, 2, \dots, j$ (операнд 2);

3) необходимого суточного запаса ХБП на отоплении терминала в холодное время года, задаваемого также в сутках, K_2 (операнд 3).

Если запас выбранной номенклатуры ХБП (N_i) будет превышать производительность ОУХО, то количество ХБП, подлежащих уничтожению, в сформированном массиве M_n будет соответствовать производительности P . Например, если выполняется условие операнда 10: $N_{85} \geq P$, то программой будет сформирован массив ХБП калибра 85 мм с рецептурой зарин, соответствующий количеству P ($N_{85} = P$). Количество информационных массивов n будет зависеть от задаваемого запаса ХБП на складах ОУХО и на отоплении в терминале $K_2 = K_1 + K_2$ (операнд 4), т. е. $n(K_2)$. Так, если на складах ОУХО и на отоплении погрузочного участка необходимо иметь по трёхсуточному запасу ХБП, то программа сформирует семь массивов (M_7), количество ХБП в каждом из которых будет соответствовать производительности ОУХО (операнд 21), а номенклатурный состав определяться исходя из его наличия по приоритету рецептуры и калибра.

Если же запас выбранной номенклатуры ХБП (N_i) не будет превышать производительность ОУХО, то программа добавит к нему недостающее количество ХБП другой номенклатуры, выборку которых произведёт в порядке, описанном выше (с приоритетом рецептуры и возрастания калибра), и сформи-

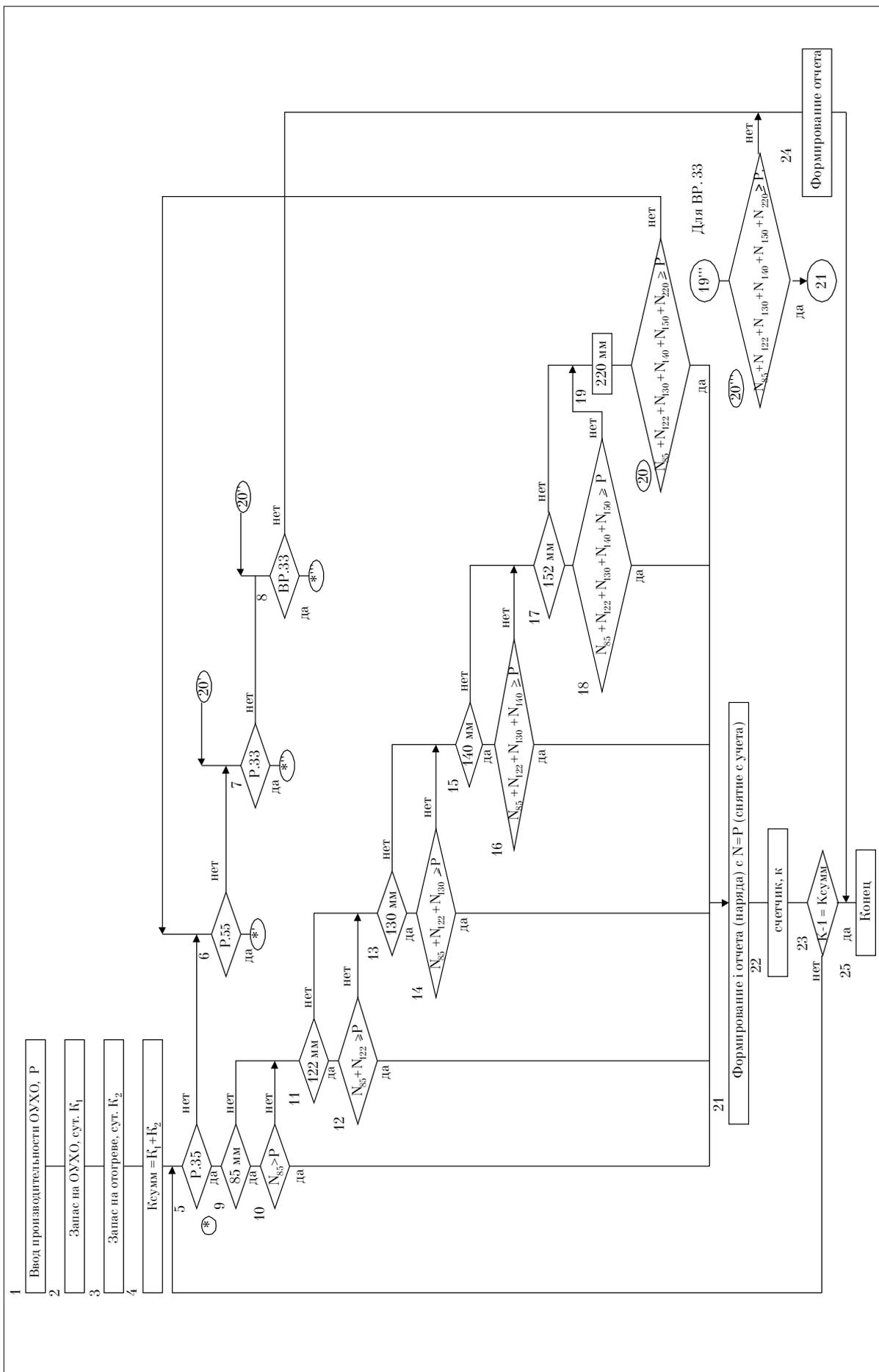


Рис. 2. Алгоритм программы расчёта вариантов доставки ХБП с ОУХО на ОУХО

рует массив M_n с количеством изделий, равным производительности (операнды 12, 14, 16, 18, 20 и 21). Таким образом, организуется цикл работы программы для всех рецептов по возрастанию калибра:

- зарин – операнды 9–20;
- зоман – операнды 9'–20';
- Ви-икс – операнды 9''–20'';
- «вязкий» Ви-икс – операнды 9'''–20'''.

Когда при выполнении операнда 20''' для рецептуры «вязкий» Ви-икс запас выбранной номенклатуры ХБП (N_i) не будет превышать производительности ОУХО, то программа сформирует заключительный массив оставшегося запаса изделий, подлежащих отгрузке для утилизации.

Необходимо отметить, что при данном алгоритмическом обеспечении и наличии достаточных ресурсов и данных обеспечение информацией практически не будет иметь ограничений.

Реализация предложенного алгоритма в полном объёме возможна в качестве приложения к любой типовой системе управления базами данных. В этом случае алгоритм программы будет располагать возможностями проведения детализированного анализа данных с использованием статистических и математических методов и позволит осуществлять любое совершенствование информационного потока. Кроме того, система позволит осуществить решение практически любых задач по внесрочным запросам с проведением документального оформления и формированием соответствующего отчёта.

Выводы

1. Для системы управления запасами ОУХО предпочтительнее выбрать систему управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами. Причём на ОУХО необходимо держать одновременно три комплекта суточной потребности ХБП, обеспечивающих бесперебойную работу ОУХО в случае сбоя в поставках в течение 2-х рабо-

чих дней. Кроме того, на ОУХО желательно иметь дополнительный объём склада, вмещающий один комплект ХБП, для компенсации поставок завышенного объёма или преждевременных поставок.

2. Разработанная на основе теории множеств методика позволяет оптимизировать структуру ТЦ, что выражается в последовательно-параллельном выполнении операций. Оптимизация ТЦ начинается с определения его основных операций.

3. Длительность ТЦ, рассчитанную по методике на основе теории множеств, необходимо корректировать с результатами оптимизации его структуры.

4. Созданные в данной работе алгоритмы могут быть использованы при выполнении расчётов, необходимых для разработки директивного техпроцесса транспортировки ХБП ствольной и реактивной артиллерии с ОХХО на ОУХО.

Литература

1. Федеральная целевая программа «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации», утверждённая постановлением Правительства Российской Федерации от 21 марта 1996 г. № 305.
2. Конвенция о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении, принята в Женеве 13 января 1993 г.
3. Логистика. М.: Инфра-М, 1997. 327 с.
4. Цыпкин А.Г. Справочник по математике. М.: Наука, 1988. 432 с.
5. Козаков И.Е., Артемьев В.М., Бухалев В.А. Анализ систем случайной структуры. М.: Физико-математическая литература, 1993. 272 с.
6. Отчёт в/ч 74889 МО РФ «Разработка технических требований процессу подготовки и доставки боеприпасов с объекта хранения на объект уничтожения химического оружия 1597». Рыбинск. 2004.
7. Отчёт о НИР «Проведение комплекса экспериментально-теоретических исследований по научно-техническому сопровождению работ пуска и ввода в эксплуатацию объекта 1597 в 2007 году». М.: ФГУП «ГосНИИОХТ», 2007.

УДК 615.9 : 614.8

Методические аспекты обоснования ориентировочно безопасных уровней загрязнения помещений токсикантами после деконтаминации

© 2013. Б. Н. Филатов, д.м.н., директор, Н. Г. Британов, к.м.н., зав. лабораторией,
В. Г. Кирюхин, к.м.н., зав. отделом, В. В. Клаучек, д.м.н., зам. директора,
А. А. Масленников, д.б.н., зав. лабораторией, Л. П. Точилкина, к.м.н., зав. лабораторией,
Научно-исследовательский институт гигиены, токсикологии и профпатологии
Федерального медико-биологического агентства
e-mail: filatov@rihtop.ru

Проведено дальнейшее развитие нового методического подхода к оценке эффективности деконтаминации рабочих помещений, загрязнённых хемотоксикантами в результате аварии. В качестве критериев безопасности работников, выполняющих неотложные производственные задания в помещениях после деконтаминации, предложены ориентировочно безопасные уровни загрязнения веществами воздуха и поверхностей стен и оборудования (ОБУЗ) для острых и повторных, постепенно уменьшающихся воздействий. Обоснование ОБУЗ проводится с использованием токсипараметра «относительная условная единица» (RVU). Продемонстрирована возможность применения разработанного методического подхода для определения продолжительности рабочего дня находящихся в помещениях людей (защита временем).

Be further development of a new methodological approach to assessing the effectiveness of decontamination work in the premises contaminated with chemo-toxicants as a result of an accident was fulfilled. As the criteria of safety of workers performing work-related tasks in emergency rooms after decontamination there were offered tentative safety levels of airborne contaminants in the air and on wall surfaces and equipment (OBUZ) for acute and repeated, gradually diminishing effects. Justification of OBUZ is conducted using tocsin-parameter «relative value unit» (RVU). The possibility of application of the developed methodological approach for determining the working day length on the premises (time protection) is shown.

Ключевые слова: химические вещества, аварии, деконтаминация,
ориентировочно безопасные уровни загрязнения, относительная
условная единица, защита временем

Keywords: chemicals, accidents, decontamination, tentative safe levels
of pollution burden, relative value unit, protection time

Аварии, периодически происходящие на промышленных предприятиях и не исключаются на объектах по уничтожению химического оружия, сопровождаются загрязнением окружающей и производственной сред, что побуждает мировое сообщество к поиску мер по их предотвращению и ликвидации последствий. Как показывает практика, в таких случаях в качестве токсикантов могут выступать самые разнообразные химические агенты – от применяемых в быту до современных боевых отравляющих веществ [1].

В перечне мероприятий по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций химического генеза на первое место выдвигается деконтаминация загрязнённых веществами производственных и бытовых сооружений как способ, позволяющий сохранить их для дальнейшего использования. Наряду с воз-

можностью обезвреживания токсикантов путём естественной деградации современные технологии деконтаминации предусматривают физические, химические, механические и биологические методы [2]. Несмотря на различия в способах очистки помещений, все они не гарантируют полного удаления загрязняющих агентов, вследствие чего нельзя исключить вероятность наличия остаточных количеств веществ в воздухе и на поверхностях. В этой связи вопросы обеспечения защиты здоровья работников, находящихся в помещениях после деконтаминации токсиканта, имеют первостепенное значение.

Очевидно, что оценка эффективности деконтаминации должна проводиться на основе сопоставления содержания химических веществ на поверхностях стен, оборудования, мебели и в воздухе помещений с допустимыми

уровнями загрязнения указанных объектов. В качестве последних могли бы приниматься регламенты безопасного содержания веществ, установленные для конкретной среды, то есть предельно допустимые концентрации (ПДК) для воздуха рабочей зоны и предельно допустимые уровни (ПДУ) – для поверхностей [3, 4].

Но руководствоваться указанными гигиеническими нормативами, рассчитанными на длительный срок, можно лишь после нормализации обстановки. В период же, когда они превышены, но с учётом реально существующей потребности в скорейшем использовании производственных площадей, логично руководствоваться аварийными регламентами – аварийными пределами воздействия (АПВ) [5]. Однако последние разрабатываются лишь для отравляющих веществ и компонентов ракетных топлив, причём для строго фиксированных временных интервалов.

Необходимо также учитывать, что при чрезвычайных ситуациях следует ожидать одновременного загрязнения нескольких сред и, как следствие, комплексного воздействия веществ на человека. Поэтому фактический вред здоровью работающих в помещении после деkontаминации должен определяться только на основе оценки указанного воздействия, когда нагрузка может превышать допустимые пределы даже при соблюдении гигиенических нормативов загрязнения для отдельных сред [6, 7].

Становится очевидным, что существующие методические подходы к нормированию содержания химических веществ в объектах окружающей среды мало применимы для установления допустимых уровней загрязнения токсикантами помещений после деkontаминации. Для решения назревшей проблемы необходим определённый отход от принципов традиционного нормирования с развитием новых методических подходов, созвучных развиваемым в экотоксикологии и токсикологии пестицидов [8 – 10]. Ранее были обоснованы необходимость и принципы расчёта нового токсипараметра «относительная условная единица» (relative value unit – RVU) [11 – 13].

Целью настоящей работы является разработка методического подхода по обоснованию ориентировочно безопасных уровней загрязнения (ОБУЗ) рабочих помещений опасными веществами после деkontаминации с применением RVU.

Обоснование методического подхода к разработке ОБУЗ помещений после их деkontаминации

На первом этапе работы с учётом влияния физико-химических свойств веществ, сорбционной ёмкости материалов, метео- и других факторов на уровни загрязнения помещений хемотоксиантами составляются прогнозы снижения их остаточных количеств, что позволяет выработать тактику дальнейших действий, направленных на обеспечение безопасности работающих. Для этого следует провести замеры уровней загрязнения в первый и второй дни после деkontаминации и по описанным ранее формулам [11] разработать ориентировочный прогноз на последующие. На основе данных прогноза, во-первых, принимается решение о целесообразности повторной деkontаминации, во-вторых, определяются перкутанная и ингаляционная дозы веществ, которые получает человек, находящийся в загрязнённом помещении. Решение о повторной деkontаминации принимается в том случае, когда фактические уровни загрязнения значительно (в десять и более раз) превышают установленные значения гигиенических нормативов или процесс естественной деградации вещества до безопасных для человека значений растянут во времени (8 и более дней).

Перкутанная и ингаляционная дозы веществ определяются в связи с необходимостью установления максимальных уровней загрязнения токсикантом воздуха рабочей зоны и поверхностей производственных помещений, которые при одновременном воздействии не оказывают вредного влияния на здоровье человека. Последние могут быть обозначены как ориентировочно безопасные уровни загрязнения химическими веществами производственных помещений после деkontаминации (ОБУЗ), определение которых невозможно, как указывалось выше, без применения нового методического подхода, включающего следующие положения:

- наряду с известным токсикометрическим параметром – максимально недействующей дозой (МНД, мг/кг) при изучении комплексного воздействия веществ на организм человека используется новый – относительная условная единица (RVU);

- относительная условная единица по умолчанию составляет 1/10 часть МНД, определяемой при изолированном воздействии токсиканта (поступлении его из одной среды) на человека;

– являясь частью токсопараметра (МНД), RVU выражается независимо от способа введения вещества в организм в тех же значениях, что и токсопараметр, то есть в мг/кг;

– при одновременном воздействии вещества из разных сред МНД равна 10 RVU;

– RVU, устанавливаемая для одного пути поступления вещества в организм, равноценна (эквивалентна) по биологическому эффекту RVU для другого способа введения.

RVU так же как и ОБУЗ разрабатываются для веществ с известными токсическими свойствами, среди которых кожно-резорбтивные обязательны. В случае недостаточной изученности химического соединения, но аварийная опасность которого велика, проводятся экспериментальные исследования с целью получения релевантной информации. Алгоритм обоснования RVU следующий.

$$\text{Как указано выше: } МНД_{\text{изолир}} = 10 \text{ RVU} \quad (1)$$

Эквитоксичная доза при комплексном воздействии также должна быть равна 10 RVU: $МНД_{\text{компл.лекс}} = a \text{ RVU}^{\text{inh}} + b \text{ RVU}^{\text{cut}} + 10 \text{ RVU}$, (2)

где *a* и *b* – коэффициенты, указывающие на возможность вхождения в состав комплексной дозы разных RVU в различных соотношениях.

Для каждого из путей поступления вещества в организм человека, причём отдельно для острых и хронических воздействий, устанавливаются свои RVU:

$$RVU_{ac}^{\text{inh}} = 0,1 МНД_{ac}^{\text{inh}}(h), \text{ мг/кг} \quad (3)$$

$$RVU_{ac}^{\text{cut}} = 0,1 МНД_{ac}^{\text{cut}}(h), \text{ мг/кг} \quad (4)$$

$$RVU_{ch}^{\text{inh}} = 0,1 МНД_{ch}^{\text{inh}}(h), \text{ мг/кг} \quad (5)$$

$$RVU_{ch}^{\text{cut}} = 0,1 МНД_{ch}^{\text{cut}}(h), \text{ мг/кг} \quad (6)$$

Для вычисления RVU необходимо знание величин максимально недействующих ингаляционных и перкутанных доз для человека, которые могут быть получены при нахождении его в загрязнённой зоне. Расчёт RVU^{inh} проводится с использованием модифицированной формулы Флюри [14], позволяющей определить ингаляционную токсодозу:

$$D^{\text{inh}} = \frac{c \times V}{M} \quad (7)$$

При условии, что *V* – усреднённая величина объёма лёгочной вентиляции человека для работ категории Па-Пб при 8-часовом рабочем дне равна 7 м³ [15, 16], а средняя масса тела человека – 70 кг, формула упрощается до выражения: $D^{\text{inh}} = \frac{c \times 7}{70} = 0,1 c$, мг/кг (8)

Максимально недействующая доза вещества при однократном ингаляционном поступлении в организм как частный случай ингаляционной дозы определяется по формуле:

$$МНД_{ac}^{\text{inh}}(h) = 0,1 МНР_{ac}^{\text{inh}}(h), \text{ мг/кг} \quad (9)$$

Тогда очевидно, что $RVU_{ac}^{\text{inh}} = 0,01 МНР_{ac}^{\text{inh}}(h)$, мг/кг (10)

В качестве $МНР_{ac}^{\text{inh}}(h)$ оптимально использование C_r – действующих отечественных (АПВ) или близких им иностранных стандартов. В их отсутствие на человека экстраполируются данные о величине МНР (или тождественной ей NOAEL), полученной в опытах на животных:

$$МНР_{ac}^{\text{inh}}(h) = \frac{МНР_{ac}^{\text{inh}}(a)}{R_3}, \text{ мг/кг} \quad (11)$$

Выбор коэффициента запаса определяется степенью выраженности меж- и внутривидовых различий, а также способностью вещества вызывать отдалённые последствия. Его величина устанавливается в пределах от 1 до 10.

Если величина $МНР_{ac}^{\text{inh}}(a)$ (или близкого ей NOAEL^{inh}(a)) неизвестна, допустимо использование величины $Lim_{ac}^{\text{inh}}(a)$ или равноценной по значению LOAEL^{inh}(a). Однако для перехода от пороговой концентрации к недействующей необходимо введение к исходному токсикометрическому параметру дополнительного коэффициента запаса (R_3^{don}). Его величина, как и R_3 , устанавливается в зависимости от токсических свойств вещества в пределах от 1 до 10. При этом принимаются во внимание степень кумуляции, абсолютная токсичность вещества, летучесть, величины зон острого и хронического действия:

$$МНР_{ac}^{\text{inh}}(h) = \frac{Lim_{ac}^{\text{inh}}(a)}{R_3 \times R_3^{\text{don}}}, \text{ мг/м}^3 \quad (12)$$

Тогда формулу (10) можно представить как: $RVU_{ac}^{\text{inh}} = 0,01 \frac{Lim_{ac}^{\text{inh}}(a)}{R_3 \times R_3^{\text{don}}}$, мг/кг (10а)

Максимально недействующая доза вещества при длительном ингаляционном поступлении в организм определяется по формуле:

$$МНД_{ch}^{\text{inh}}(h) = 0,1 МНР_{ch}^{\text{inh}}(h), \text{ мг/кг} \quad (13)$$

Из этого следует, что:

$$RVU_{ch}^{\text{inh}} = 0,01 МНР_{ch}^{\text{inh}}(h), \text{ мг/кг} \quad (14)$$

В качестве $МНР_{ch}^{\text{inh}}(h)$ оптимально использование C_r – действующих отечествен-

ных (ПДК, ОБУВ) или близких им зарубежных стандартов для рабочей зоны. То есть:

$$MHR_{ch}^{inh}(h) = C_r, \quad (15)$$

$$MHD_{ch}^{inh}(h) = 0,1 C_r \quad (13a)$$

$$\text{и } RVU_{ch}^{inh} = 0,01 C_r. \quad (14a)$$

В отсутствие утверждённых гигиенических нормативов следует использовать другие данные, которые позволяют вычислить их ориентировочно, например, величины $Lim_{ch}^{inh(a)}$ (или $LOAEL_{ch}^{inh(a)}$) с введением к ним необходимого коэффициента запаса:

$$C_r = \frac{Lim_{ch}^{inh(a)}}{K_3}. \quad (16)$$

Для однократного перкутанного воздействия в соответствии с ранее данным определением $RVU_{ch}^{inh} = 0,1 MHD_{ch}^{inh}(h)$ (4)

$$MHD_{ac}^{cut}(h) = \frac{MHD_{ac}^{cut(a)}}{K_3}, \text{ мг/кг} \quad (17)$$

или, если известна величина порога острого перкутанного действия,

$$MHD_{ac}^{cut}(h) = \frac{Lim_{ac}^{cut(a)}}{K_3 \times K_3^{don}}, \text{ мг/кг} \quad (18),$$

$$\text{тогда: } RVU_{ac}^{cut} = 0,1 \times \frac{Lim_{ac}^{cut(a)}}{K_3 \times K_3^{don}}, \text{ мг/кг} \quad (4a)$$

Для длительного перкутанного контакта в соответствии с ранее данным определением $RVU_{ch}^{cut} = 0,1 MHD_{ch}^{cut}(h)$ (6)

При наличии экспериментальных данных:

$$MHD_{ch}^{cut}(h) = \frac{MHD_{ch}^{cut(a)}}{K_3}, \text{ мг/кг} \quad (19)$$

или

$$MHD_{ch}^{cut}(h) = \frac{Lim_{ch}^{cut(a)}}{K_3 \times K_3^{don}}, \text{ мг/кг} \quad (20)$$

В случае, если проведено гигиеническое нормирование для кожи человека, для вычисления RVU_{ch}^{cut} следует использовать величину ПДУ загрязнения кожных покровов, выражаемую в мг/дм² (D_r).

Если масса тела среднестатистического человека равна 70 кг, а поверхность тела, по данным литературы, колеблется от 162 до 170 дм², в среднем составляя 166 дм² [4, 17], то:

$$MHD_{ch}^{cut}(h) = \frac{D_r \times 166}{70} = 2,4 D_r, \text{ мг/кг} \quad (21)$$

$$\text{Тогда } RVU_{ch}^{cut} = 0,1 \times 2,4 D_r = 0,24 D_r, \text{ мг/кг} \quad (22)$$

Располагая данными о величинах RVU при острых и хронических воздействиях, а также результатами прогноза динамики загрязнения веществом воздуха и поверхностей рабочих помещений, можно перейти непосредственно к определению ОБУЗ.

Вначале с учётом данных, полученных по формуле (8), определяются ингаляционные дозы, которые человек сможет получить при нахождении в рабочем помещении в течение одного дня: $D_1^{ing}; D_2^{ing} \dots D_n^{ing}$.

Далее устанавливаются кожно-резорбтивные дозы, которые получит человек за тот же период: $D_1^{cut}; D_2^{cut} \dots D_n^{cut}$.

Доза вещества при проникновении через кожу составит:

$$D^{cut} = \frac{d \times S \times F \times K_{abc}}{m}, \text{ мг/кг} \quad (23),$$

где: D^{cut} – перкутанная доза, мг/кг; d – плотность загрязнения веществом поверхности, мг/дм²; S – площадь загрязнения кожи, дм²; F – доля вещества, переносимая с загрязнённой поверхности на кожу (при отсутствии данных принимается равной 1); K_{abc} – коэффициент абсорбции (при отсутствии данных принимается равным 1); m – масса тела, кг.

При допущении, что в случае касания загрязнённых рабочих поверхностей ладонями ($S \sim 40 \text{ дм}^2$) [17] перенос вещества на кожу человека массой тела 70 кг составит 100%, то есть оно полностью всасывается ($K_{abc}=1$), формула (23) принимает упрощённый вид:

$$D^{cut} = \frac{d \times S \times F \times K_{abc}}{m}, \text{ мг/кг} \quad (23a)$$

Для того чтобы вычислить общее количество RVU_{ac} , которое человек может получить после деконтаминации за каждый день, члены полученных дозовых рядов последовательно делятся на соответствующие RVU_{ac} :

$$U_{ac}^{inh} = \frac{D^{inh}}{RVU_{ac}^{inh}} \quad (24)$$

$$U_{ac}^{cut} = \frac{D^{cut}}{RVU_{ac}^{cut}} \quad (25)$$

Путем суммирования U_{ac}^{inh} и U_{ac}^{cut} для каждого дня выделяется день x , когда $(U_{ac}^{inh} + U_{ac}^{cut}) \leq 10$.

Аналогично вычисляется общее количество RVU_{ch} , которое человек может получать после деконтаминации за каждый день, для чего члены ранее полученных дозовых рядов последовательно делятся на соответствующие RVU_{ch} :

$$U_{ch}^{inh} = \frac{D^{inh}}{RVU_{ch}^{inh}} \quad (26)$$

$$U_{ch}^{cut} = \frac{D^{cut}}{RVU_{ch}^{cut}} \quad (27)$$

Суммацией U_{ch}^{inh} и U_{ch}^{cut} для каждого дня определяется день y , когда $(U_{ch}^{inh} + U_{ch}^{cut}) \leq 10$.

День x признаётся как день начала проведения неотложных работ в помещении после его деконтаминации, а в день y можно приступать к работам в штатном режиме.

Начиная со дня x до дня y концентрации вещества в воздухе рабочей зоны и уровни загрязнения рабочих поверхностей признаются ОБУЗ для каждого из этих дней. В этот период уровни загрязнения могут незначительно превышать гигиенические нормативы. Для предотвращения ущерба здоровью работающих дополнительно вводится защита временем, то есть сокращается период пребывания человека в помещении. Установленная продолжительность рабочего дня для штатно работающего предприятия (8 часов) сокращается пропорционально соотношению $U_{ch}^{inh+cut}$, определяемому в конкретный день указанного периода, к его максимально допустимой величине, равной 10. Рабочий период от дня x до дня y включительно не может составлять более семи дней. При прогнозируемом превышении этого срока требуется повторная деконтаминация или замена состава работников.

Ниже приводится пример расчёта ориентировочно безопасных уровней загрязнения производственных помещений веществом Б после деконтаминации.

Вещество Б – жидкость со слабым запахом, хорошо растворимая в органических растворителях и жирах;

DL₅₀, крысы, в/ж – 5 000 мг/кг;

DL₅₀, мыши, в/ж – 6 000 мг/кг;

CL₅₀, крысы – 65 000 мг/м³;

Lim_{ghh}^{inh}, крысы – 500 мг/м³;

Lim_{ch}^{inh}, крысы – 50 мг/м³;

Lim_{ac}^{cut}, крысы – 250 мг/кг;

Lim_{ch}^{cut}, крысы – 50 мг/кг;

ПДК_{впрз} – 5 мг/м³;

ПДУ_{кожи} – 3 мг/дм².

Кумулятивность слабая: по Lim R.K.S. et al. [18] $R_{кум} = 7$.

Отдалённые последствия (мутагенное, гонадотоксическое, эмбриотоксическое, тератогенное, канцерогенное действие) не выявлены.

Концентрация вещества Б в воздухе рабочего помещения в первый день после деконтаминации составляла 13 мг/м³ (c_1), во второй день (c_2) – 11,7 мг/м³.

Плотность загрязнения поверхностей помещения веществом Б в первый день равнялась 146 мг/дм², во второй – 122,6 мг/дм².

По известным формулам [11] определяют коэффициенты убывания загрязнения воздуха и поверхностей веществом Б: $K_{dec}^c = 0,1$; $K_{dec}^d = 0,16$ и составляется ориентировочный прогноз (табл. 1, столбцы 2 и 5).

По формулам (8) и (23а) вычисляются дозы вещества, которые может получить человек ингаляционно и перкутанно (столбцы 3 и 6).

Подставляя известные значения C_r и D_r в формулы (14а) и (22), получаем: $RVU_{ch}^{inh} = 0,01 \times 5 = 0,05$ мг/кг; $RVU_{ch}^{cut} = 0,24 \times 3 = 0,72$ мг/кг.

Таблица 1

Расчёт ОБУЗ веществом Б производственных помещений после деконтаминации

Сутки	c , мг/м ³	D^{inh} , мг/кг	$U_{ac}^{inh}/U_{ch}^{inh}$	d , мг/дм ²	D^{cut} , мг/кг	$U_{ac}^{cut}/U_{ch}^{cut}$	$U_{ac}^{inh+cut}$	$U_{ch}^{inh+cut}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	13	1,30	7,6 / 26,0	146,0	8,76	10,6 / 12,2	18,2	38,2
2	11,7	1,17	6,9 / 23,4	122,6	7,36	8,9 / 10,2	15,8	33,6
3	10,5	1,05	6,2 / 21,0	103,0	6,18	7,4 / 8,6	13,6	29,6
4	9,5	0,95	5,6 / 19,0	86,5	5,19	6,3 / 7,2	11,9	26,2
5	8,5	0,85	5,0 / 17,0	72,7	4,36	5,3 / 6,1	10,3	23,1
6	7,7	0,77	4,5 / 15,4	61,1	3,66	4,4 / 5,1	8,9	20,5
7	6,9	0,69	4,1 / 13,8	51,3	3,08	3,7 / 4,3	7,8	18,1
8	6,2	0,62	/ 12,4	43,1	2,58	/ 3,6		16,0
9	5,6	0,56	/ 11,2	36,2	2,17	/ 3,0		14,2
10	5,0	0,50	/ 10,0	30,4	1,82	/ 2,5		12,5
11	4,5	0,45	/ 9,0	25,5	1,53	/ 2,1		11,1
12	4,1	0,41	/ 8,2	21,4	1,29	/ 1,8		10,0
13	3,7	0,37	/ 7,4	18,0	1,08	/ 1,5		8,9

Таблица 2

Ориентировочно безопасные уровни загрязнения воздуха и рабочих поверхностей производственных помещений веществом Б после деконтаминации

Сутки	ОБУЗ ^{inh} _{ac} , мг/м ³	ОБУЗ ^{cut} _{ac} , мг/дм ²
6	7,7	61,1
7	6,9	51,3
8	6,2	43,1
9	5,6	36,3
10	5,0	30,4
11	4,5	25,5
12*	4,1	21,4

Примечание: * – начало работы предприятия в штатном режиме.

Таблица 3

Расчёт продолжительности рабочего дня

Сутки	U ^{inh+cut} _{ac} *	Коэффициент	Продолжительность рабочего дня**
6	20,5	2,05	234 мин. (4 часа)
7	18,1	1,81	265 мин. (4 часа 30 мин.)
8	16,0	1,60	300 мин. (5 часов)
9	14,2	1,42	338 мин. (5 часов 40 мин.)
10	12,5	1,25	384 мин. (6 часов 20 мин.)
11	11,1	1,11	432 мин. (7 часов 15 мин.)
12***	10,0	1,00	480 мин. (8 часов)

Примечание: * – Максимально допустимая величина равна 10; ** – Продолжительность рабочего дня для штатно работающего предприятия составляет 8 часов (480 минут); *** – начало работы предприятия в штатном режиме.

Расчёт RVU_{ac}^{inh} и RVU_{ac}^{cut} в связи с отсутствием данных о $MHR_{ac}^{inh(h)}$ и $MHD_{ac}^{cut(h)}$ проводится по формулам (10а) и (4а) с использованием $Lim_{ac}^{inh(a)}$ и $Lim_{ac}^{cut(a)}$:

$$RVU_{ac}^{inh} = 0,01 \frac{Lim_{ac}^{inh(a)}}{K_3 \times K_3^{don}}, \text{ мг/кг} \quad (10a);$$

$$RVU_{ac}^{cut} = 0,1 \times \frac{Lim_{ac}^{cut(a)}}{K_3 \times K_3^{don}} \text{ мг/кг} \quad (4a)$$

Слабая выраженность внутри- и межвидовых различий воздействия вредного вещества (основано на сопоставлении смертельных доз для разных биообъектов при одном пути поступления в организм), широта зоны острого токсического действия ($CL_{50}/Lim_{ac} = 72$), низкая токсичность, слабая способность к кумуляции и отсутствие отдалённых последствий позволяют установить достаточным величину K_3 , равную 3. При переходе от одного параметра токсичности (Lim_{ac}) к другому (МНД) применён дополнительный коэффициент запаса (K_3^{don}), равный 10.

Введя величины \hat{E}_c и K_3^{don} в формулы (10а) и (4а), получаем:

$$RVU_{ac}^{inh} = 0,01 \frac{500}{3 \times 10} = 0,17 \text{ мг/кг}$$

$$\text{и } RVU_{ac}^{cut} = 0,1 \frac{250}{3 \times 10} = 0,83 \text{ мг/кг.}$$

Зная величины RVU , по формулам (24), (25), (26) и (27) получаем их количество (U_{ac}^{inh} , U_{ac}^{cut} , U_{ch}^{inh} и U_{ch}^{cut}) для каждого дня после деконтаминации (столбцы 4 и 7).

Суммируя по дням количество RVU_{ac} (столбец 8), находим день x , когда их общее число равно или меньше 10. Это день 6 ($U_{ac}^{inh+cut} = 8,9$). Начиная с шестого дня разрешено проведение неотложных работ в режиме сокращённого рабочего дня.

Суммируя по дням количество RVU_{ch} (столбец 9), находим день y , когда их общее число равно или меньше 10. Это день 12 ($U_{ch}^{inh+cut} = 10$). Начиная с данного дня разрешается работа в помещении в штатном режиме.

По данным таблицы 1 определяем уровни загрязнения воздуха (столбец 2) и рабочих поверхностей (столбец 5) веществом Б в дни x и y и квалифицируем их как соответствующие ОБУЗ в данной конкретной ситуации, представленные в таблице 2.

Продолжительность рабочего дня в период с 6 по 12 сутки отражена в таблице 3.

Приведённые выше примеры расчёта ОБУЗ и продолжительности рабочего дня с целью обеспечения безопасности персонала свидетельствуют о возможности применения разработанного методического подхода с использованием нового токсопараметра RVU в

системе регламентации химических агентов в объектах производственной среды. Он позволяет прогнозировать степень загрязнения помещений химическим веществом после деконтаминации, по данным литературы, определять безопасные параметры содержания токсоагента в воздухе и на поверхностях помещений и, что немаловажно для сохранения здоровья работающих, обосновывать сокращение продолжительности рабочего дня, то есть обеспечивать дополнительно защиту временем.

Заключение

Разработаны новые методические подходы обоснования критериев безопасности персонала, выполняющего неотложные работы в производственных помещениях после деконтаминации. В качестве таковых предложены ОБУЗ химическими веществами воздуха и поверхностей стен и оборудования производственных помещений для острых и повторных, постепенно уменьшающихся воздействий при ингаляционном и чрезкожном поступлении в организм. Определение ОБУЗ проводится с использованием токсопараметра «относительная условная единица» – RVU, предложенного для оценки потенциальной опасности химических загрязнений помещений и представляющего собой 1/10 часть предельно допустимых доз острого и хронического воздействия вещества для каждого из изолированных путей поступления. Взаимосвязанные токсикометрические показатели RVU и ОБУЗ рассчитываются с учётом всех традиционных средовых гигиенических нормативов, а также других характеристик токсичности и опасности и предназначены для обеспечения защиты человека от комплексного воздействия вредных веществ после деконтаминации производственных помещений. Продемонстрирована возможность применения разработанного методического подхода, включая обоснование сокращения продолжительности рабочего дня для сохранения здоровья находящихся в помещениях людей (защита временем).

Литература

1. Андреев В. Г. Химический терроризм: возрастающая угроза // Обозреватель – Observer. 2004. № 3. С. 71–79.
 2. Volchek K., Fingas M., Hornof M., Boudreau L., Duncan L., Krishnan J. Review of Decontamination and

Restoration Technologies for Chemical, Biological, and Radiological / Nuclear Counter-terrorism / Environment Protection Service, Environment Canada: Report № EE-176. Ottawa, 2005. 187 p.

3. Основы общей промышленной токсикологии / Под ред. Н. А. Толоконцева, В. А. Филова. Л.: Медицина, 1976. 304 с.

4. Оценка воздействия вредных химических соединений на кожные покровы и обоснование предельно допустимых уровней загрязнения кожи: Методические указания. Утв. зам. Гл. гос. сан. врача СССР 01.11.1979, № 2102-79. М.: Минздрав СССР, 1980. 23 с.

5. МУ 2.1.781-99. Разработка и обоснование аварийных пределов воздействия высокотоксичных химических соединений – отравляющих веществ (ОВ) и компонентов ракетных топлив (КРТ): утв. Гл. гос. сан. врачом РФ 23.07.1999 : введ. в действие 23.07.1999. М.: Минздрав РФ, 1999. 12 с.

6. Проданчук Н. Г., Спыну Е. И. Принципы и пути оценки опасности комплексного и комбинированного действия пестицидов на организм человека // Современные проблемы токсикологии. 2001. № 2. С. 2–8.

7. Жолдакова З. И., Сеницына О. О. Единые подходы к оценке токсичности и опасности химических веществ, поступающих в организм с воздухом, водой и пищей // Российский химический журнал. 2004. Т. XLVIII. № 2. С. 25–33.

8. Каган Ю. С. Способ количественной оценки комбинированного и комплексного действия на организм химических и физических факторов внешней среды // Гигиена и санитария. 1973. № 12. С. 89–91.

9. Спыну Е. И. Принципы и пути оценки профессионального риска комплексного действия пестицидов // Медицина труда и промышленная экология. 1999. № 8. С. 16–20.

10. Курляндский Б. А., Филлов В. А. Общая токсикология. М.: Медицина, 2002. 608 с.

11. Филатов Б. Н., Британов Н. Г., Кирюхин В. Г., Масленников А. А., Точилкина Л. П., Клаучек В. В. Разработка стандартов безопасности после деконтаминации поверхностей помещений, загрязнённых в результате химических чрезвычайных ситуаций // Химическая и биологическая безопасность. 2007. № 6 (36). С. 3–9.

12. Филатов Б. Н., Британов Н. Г., Кирюхин В. Г., Точилкина Л. П., Ходыкина Н. В., Новикова О. Н., Шалагина Т. А., Волчек К. «RVU» как потенциальные стандарты деконтаминации химических загрязнителей зданий после аварий и химических террористических актов // Токсикологический вестник. 2010. № 4(103). С. 35–40.

13. Филатов Б. Н., Британов Н. Г., Точилкина Л. П., Жуков В. Е., Масленников А. А., Игнатенко М. Н., Волчек К. Регламенты деконтаминации поверхностей, загрязнённых в результате химических чрезвычайных ситуаций (концептуальные подходы) // Медицина труда и промышленная экология. 2011. № 7. С. 37–42.

14. Лазарев Н. В. Общие основы промышленной токсикологии. М.-Л.: Медгиз, 1938. 338 с.
15. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений: утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 01.10.1996 № 21. М.: Минздрав России, 1997. 20 с.
16. Руководство Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда: утв. Гл. гос. сан. врачом РФ 29.07.2005 : введ. в действие с 01.11.2005 // Бюллетень нормативных и методических документов Госсанэпиднадзора. М. 2005. № 3 (21). С. 3–144.
17. Владимирова В. Г. Расчёт количества лекарственных препаратов на поверхность тела как один из способов определения равноэффективных доз для животных и человека // Фармакология и токсикология. 1976. № 1. С. 123–128.
18. Lim R. K. S., Rink K. G. , Glass H. G. , Soaje-Echague E. A Method for the Evaluation of Cumulation and Tolerance by the Determination of Acute and Subchronic Median Effective Doses // Arch. Intern. Pharm. Ther. 1961. V. 130. P. 336–352.

УДК 576.8.097.3

Биопрепарат для ремедиации почвы в пределах зоны защитных мероприятий объекта уничтожения химического оружия «Марадыковский»

© 2013. К. К. Стяжкин¹, д.б.н., начальник, С. В. Петров¹, д.т.н., г.н.с., А. С. Туманов², к.м.н., начальник, Н. В. Завьялова¹, д.б.н., г.н.с., К. А. Воробьёв², к.б.н., зам. начальника, В. В. Тетерин², к.б.н., начальник отдела, И. П. Погорельский², д.м.н., в.н.с., А. А. Лещенко², д.т.н., в.н.с., А. Г. Лазыкин², к.б.н., с.н.с., В. С. Менухова², инженер,

¹Научный центр 33 Центрального научно-исследовательского испытательного института Министерства обороны Российской Федерации,

²Научно-исследовательский центр 33 Центрального научно-исследовательского испытательного института Министерства обороны Российской Федерации,
e-mail: biologiavgu@yandex.ru

Представлены результаты исследований по созданию биопрепарата на основе бактерий штамма *Pseudomonas fluorescens EK-5-93*, перспективного для использования при ремедиации почв в районе размещения объекта уничтожения химического оружия «Марадыковский».

The paper presents the results of the study on creation of biopreparation based on *Pseudomonas fluorescens EK-5-93* strain promising to use for soil remediation at chemical weapons demmission plant «Maradikovsky».

Ключевые слова: штамм-биодеструктор, фосфорорганические отравляющие вещества, реакционные массы, биотехнология утилизации

Keywords: biodestructor, organo-phosphorus poisoning substance, reactionary complexes, recycling biotechnology of reactivity complexes

Введение

В соответствии с Федеральной целевой программой «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» для её реализации в стране создана необходимая промышленная база [1]. Одним из объектов, где продолжается уничтожение химического оружия (УХО), является объект «Марадыковский» в Кировской области, на котором на начало 2013 г. уже уничтожено 90,5% (более

6 тыс. т) отравляющих веществ (ОВ), хранившихся в химическом арсенале. В ноябре 2014 г. на объекте «Марадыковский» введена в эксплуатацию линия по уничтожению боеприпасов сложной конструкции. По заявлению начальника Федерального управления по безопасному хранению и УХО В. П. Капашина, при должном финансировании Программы реально завершить уничтожение запасов ХО в РФ к концу 2015 г., как это предусмотрено в её нынешней редакции [2].

Все объекты УХО относятся к опасным промышленным объектам, что предполагает предъявление повышенных требований к их экологической безопасности. Тщательный экологический мониторинг, проводимый независимыми экологическими структурами за все годы работы объекта «Марадыковский», не зафиксировал ни одного случая попадания в атмосферу, на почву или в сточные воды боевых ОВ или продуктов их детоксикации. Тем не менее, несмотря на то, что опасность возникновения чрезвычайных ситуаций на объектах УХО, рассчитанная на основе современной теории рисков, ничтожно мала, принимаются всесторонние меры безопасности на случай внештатных ситуаций [3]. Они включают в себя создание локальных систем оповещения, организацию обеспечения населения индивидуальной защитой органов дыхания, разработку межведомственного плана взаимодействия сил и средств различных министерств и ведомств. К числу рассматриваемых мер, несомненно, следует отнести биопрепараты, обладающие способностью с высокой степенью эффективности осуществлять деструкцию остаточных количеств реакционных масс, образующихся при детоксикации ОВ, при их нахождении на загрязнённых участках почвы.

Другой аспект рассматриваемого вопроса состоит в следующем. В 2015 г. Федеральным центром совместно с региональными властями будут решаться вопросы вывода объекта УХО из эксплуатации и перехода к выпуску востребованной продукции оборонного или гражданского назначения с использованием производственной, инженерной и социальной инфраструктуры ликвидируемого объекта [4]. В этой связи прогноз состояния компонентов природно-техногенной среды является актуальной, но весьма сложной проблемой. От её решения во многом будет зависеть восстановление экологического статуса объекта УХО, в том числе почвы, для которой характерны уникальные черты морфологического строения, почвообразовательных процессов и уровня продуктивности [5].

Для восстановления компонентов природно-техногенной среды объектов УХО предусмотрены следующие экологические мероприятия: ликвидация (санация) загрязнённых территорий; восстановление загрязнённого грунта; обезвреживание почв на загрязнённых участках; рекультивация земельных участков после возвращения обезвреженного грунта (засыпка плодородным слоем почвы, засевание травой, посадка кустарников) [6].

При этом основными требованиями к способам восстановления компонентов природно-техногенной среды являются высокая эффективность и отсутствие вредного влияния на состояние здоровья человека и окружающей среды. По нашему мнению, в полной мере предъявляемым требованиям может отвечать технология биоремедиации почв [7]. К тому же современное состояние разработанности данной проблемы обуславливает возможность рассмотрения её не в начальной – исследовательской стадии, а в практическом плане внедрения созданных технологий. Так, специалистами НИЦ ФГКУ «ЗЗЦНИИ» Минобороны России разработана технология производства экологически безопасного препарата – биодеструктора токсичных фосфорорганических соединений на основе бактерий штамма *Pseudomonas fluorescens EK-5-93*. Оценка экологической безопасности бактерий указанного штамма проведена в острых и хронических экспериментах на лабораторных животных (белых мышах, морских свинках и кроликах). Эксперименты по определению острого общетоксического действия включали определение патогенности, токсигенности и токсичности бактерий, раздражающего действия на слизистые оболочки глаз кроликов. При проведении хронических экспериментов на лабораторных животных исследовали возможность транзитного бактерионосительства, специфическое влияние на иммунную систему, нормальную кишечную микрофлору и инициацию дисбактериоза, развитие диссеминации во внутренние органы организма. По всем исследованным показателям бактерии штамма *P. fluorescens EK-5-93* в концентрациях, не превышающих предельно допустимых значений, являются безвредными для лабораторных животных.

С учётом результатов оценки экологической безопасности бактерий штамма *P. fluorescens EK-5-93*, а также данных о стабильности свойства биодеструкции экотоксикантов, технологичности, неприхотливости по питательным потребностям, невозможности длительно персистировать в объектах окружающей среды при отсутствии субстрата для деструкции бактерии штамма были использованы в качестве основы для конструирования биопрепарата. Согласно имеющимся экспериментальным данным, при уровне загрязнения почвы фосфорорганическими соединениями, равном 70–100 мг/кг, для очистки территории на 82–85% в течение 7–8 суток необходимо 0,7–1,4 мг биопрепарата при условии содержа-

ния в 1 г биопрепарата 150 млрд жизнеспособных бактерий [8].

Биопрепарат предназначен для ремедиации почв в районах размещения объекта УХО «Марадыковский». При этом одним из основных условий приготовления стандартизованного биопрепарата, позволяющих на главном этапе культивирования интенсивно расти и размножаться микробной популяции, является обеспечение при выполнении операции засева биореактора оптимальной посевной дозы микробных клеток.

На практике традиционные способы приготовления посевной микробной культуры, используемой для засева биореакторов, предусматривают серию накопительных пассажей бактериальных клеток на различных плотных и в жидких питательных средах [9, 10]. Данный этап работы характеризуется многостадийностью операций, продолжительностью по времени (от нескольких суток до нескольких недель) и требует высокой квалификации исполнителей. Учитывая тот факт, что микроорганизмы быстро адаптируются к изменениям условий культивирования, любое некачественное исполнение исследовательских операций обуславливает вероятность получения в процессе приготовления посевного материала микробной культуры, не обладающей деструктивными свойствами.

Очевидные преимущества в плане экспрессного получения биопрепарата могут иметь заранее прошедшие контроль стандартизованные и находящиеся на хранении лиофилизированные эталонные посевные микробные культуры. Они предназначены в начальной стадии выпуска биопрепарата для непосредственного засева биореакторов. Поэтому целью работы является разработка биопрепарата, предназначенного для санации территорий объекта УХО «Марадыковский», на основе стандартизованных лиофилизированных эталонных культур микроорганизмов-деструкторов штамма *P. fluorescens* EK-5-93, пригодных для использования в качестве посевного материала.

Материалы и методы

В работе использовали штамм *P. fluorescens* EK-5-93, депонированный в коллекции технофильных микроорганизмов НИЦ ФГКУ «33 ЦНИИИ» Минобороны России. Штамм выделен методом накопительной культуры из мест естественной адаптации к токсичным фосфорорганическим соединениям (ФОС), проявляет к ним в присутствии органических

кислот С–Р-лиазную активность, характеризующуюся расщеплением углерод-фосфорной связи. Штамм способен к накоплению биомассы в процессе культивирования и обладает другими необходимыми свойствами для его использования при переработке остаточных количеств реакционных масс, образующихся при утилизации ФОС.

Выращивание штамма – биодеструктора осуществляли при температуре 27–29°C в течение 48 часов при уровне аэрации и частоте вращения вала перемешивающего устройства, обеспечивающих массообмен 0,9–1,1 мМ дм⁻³ мин.⁻¹ в жидкой минимальной синтетической среде с ФОС следующего состава (г×дм⁻³): трис (гидрокси метил) аминотетан – 12,1; хлорид натрия – 5,4; 0,2; сульфат натрия – 0,01; хлорид кальция – 0,01; глюкоза – 2,0; хлорид железа (III) – 0,00027; ФОС в виде глифосата в составе гербицида «Раундап» (производитель – ЗАО Фирма «Август», Россия по лицензионному соглашению с фирмой «Монсанто Европа С.А.», Бельгия), который содержит 360 г дм⁻³ глифосата в виде изопропиламинной соли – 1,0; вода дистиллированная до 1000 дм³, рН, – 7,2–7,5 ед. рН.

Определение специфической активности штамма в отношении ФОС проводили газохроматографическим методом по количеству образовавшегося метана в тестируемой среде. Токсичность почвы определяли методом биотестирования с помощью биотеста «Эколюм» [11].

Процесс лиофильного высушивания культуры *P. fluorescens* EK-5-93 осуществляли на установке TG-16 (Германия) по технологическому режиму: температура сублиматора – (- 40°C); длительность сублимационного периода – 6 часов; максимальная температура досушивания – (+ 25°C); разрежение в системе – от 200 до 100 мкм; продолжительность высушивания – 24 часа.

Концентрацию живых микробов в суспензиях оценивали методом высева серийных десятикратных разведений на агар Хоттингера в чашках Петри с последующим подсчетом выросших колоний. Общую концентрацию бактерий в культурах и суспензиях определяли по стандарту мутности ГИСК им. Л. А. Тарасевича (ОСО 42-28-29-86П).

Биологические свойства колоний оценивали визуально по характеру роста культуры на агаре и в бульоне Хоттингера, агаре Эндо с лактозой и фуксинолом. Форму и размер клетки изучали при микроскопии окрашенных по Граму мазков.

Таблица 1

Компонентный состав сред высушивания эталонных посевных лиофилизированных культур на основе штамма *P. fluorescens EK-5-93*

Номер прописи среды высушивания	Компонентный состав среды высушивания	Концентрация компонента в растворе, %	Объём раствора в дм ³ среды высушивания, см ³
1	Сахароза	10,0	500
	Желатин	1,5	500
2	Сахароза	13,0	333
	Желатин	2,0	333
	Тиомочевина	2,0	333
3	Сахароза	10,0	400
	Желатин	2,0	200
	Тиомочевина	2,0	200
	Аскорбиновая кислота	1,5	100
	Глицерин	1,0	100

Таблица 2

Эвтектические характеристики культуры *P. fluorescens EK-5-93* для различных сред высушивания

Номер прописи среды высушивания	Температура начала кристаллизации, °С	Минимальная температура начала плавления, °С	Максимальная температура полного затвердевания, °С
1	- 5,0±0,3	- 24,1±0,1	- 26,6±0,2
2	- 7±0,2	- 25,4±0,4	- 30±0,3
3	- 8±0,3	- 25,6±0,6	- 30±0,7

Наличие посторонней микрофлоры устанавливали способом визуального контроля окрашенных по Граму мазков, а также по характеру особенностей выросших на плотной питательной среде в чашках Петри изолированных колоний.

Ферментативную активность определяли по изменению цвета индикатора в процессе культивирования в тесте Хью-Лейфсона и методом идентификации микроорганизмов с использованием миниатюризированных идентификационных систем NEFERM test фирмы PLIVA-Lachema (США).

Электронную микроскопию бактерий проводили с использованием просвечивающего микроскопа JEOLJEM-1200EX (Япония) методом негативного контрастирования растворами солей тяжёлых металлов при следующих контролируемых параметрах: ускоряющее напряжение 15 кВ, рабочее расстояние – 18 мм, размер фокусного пятна – 30%, режим вакуума – глубокий вакуум.

Результаты

Одной из основных задач в процессе приготовления посевных микробных культур, в том числе культуры *P. fluorescens EK-5-93*, является способ поддержания их стабильных биологических свойств [12, 13].

Исходя из вышеизложенного, экспериментальные исследования со штаммом *P. fluorescens EK-5-93* были направлены на:

- подбор компонентного состава защитной среды, обеспечивающей при высушивании стабилизацию культуры и исключаяющей интенсивное отмирание бактериальных клеток в процессе лиофилизации и последующего хранения;
- разработку и оптимизацию режимов «замораживания – высушивания» культуры на лиофильной сушильной установке;
- проведение оценки основных биологических, биохимических, морфологических свойств, приготовленного лиофилизованного препарата.

Отработку условий получения сухих эталонных посевных микробных культур для экспериментальной оценки перспективы их использования осуществляли на коллекторной – ампульной сушильной установке. В дальнейшем отработку технологического процесса приготовления биопрепарата на основе штамма *P. fluorescens EK-5-93* осуществляли с использованием сублимационной камерной сушильной установки [14].

Выбор компонентного состава среды высушивания основывался на применении недорогих, недефицитных и доступных ингредиентов [15]. В ходе экспериментальных работ

по приготовлению эталонных посевных лиофилизированных культур на основе штамма *P. fluorescens* EK-5-93 выбраны прописи сред высушивания, компонентный состав которых представлен в таблице 1.

Определение эвтектических температур бактериальной культуры *P. fluorescens* EK-5-93 проводили путём изучения следующих характеристик: температуры начала кристаллизации, минимальной температуры начинающего плавления и максимальной температуры полного затвердевания высушиваемого препарата. В экспериментах использовались агаровые культуры *P. fluorescens* EK-5-93, приготовленные с использованием сред высушивания, полученных по прописям № 1, № 2 и № 3 (табл. 1). Эвтектические характеристики культуры *P. fluorescens* EK-5-93 представлены в таблице 2.

Эвтектические температуры позволяют установить для каждой защитной среды и культуры *P. fluorescens* EK-5-93 допустимые температуры предварительного замораживания. Последние совпадают с их минимальными температурами полного затвердевания (верхней границы эвтектической зоны). Обращает на себя внимание тот факт, что эвтектические зоны рабочих культур во всех случаях составляют температуры ниже минус 20°C, максимальная температура полного затвердевания составляет минус 30°C.

Таким образом, для штамма *P. fluorescens* EK-5-93 и различных сред высушивания оптимальные значения температур замораживания составляют: для среды № 1 – (– 26,8°C), среды № 2 – (– 30,3°C) и для среды № 3 – (– 30,7°C). С учётом полученных данных в дальнейших исследованиях была использована среда № 1.

В последующем были выполнены исследования по изучению влияния условий лиофильного высушивания на выживаемость бактерий штамма *P. fluorescens* EK-5-93 в составе лиофилизированных эталонных культур, а также на сохраняемость их основных биологических свойств, при хранении в течение 1 и 3 месяцев.

Начальным этапом лиофильного высушивания микробной взвеси является её замораживание. С этой целью замораживание микробной взвеси *P. fluorescens* EK-5-93 проводили способом погружения ампул с микробной взвесью в охлаждающую смесь с температурой минус 40°C. Процесс лиофильного высушивания микробной взвеси *P. fluorescens* EK-5-93 осуществляли на установке TG-16 в течение 24 часов. После окончания высуши-

вания определяли показатели биологической концентрации, остаточной влажности и наличие посторонней микрофлоры в свежеприготовленном биопрепарате.

Три серии приготовленной лиофилизированной эталонной культуры на основе штамма *P. fluorescens* EK-5-93 хранили при следующих температурных режимах: + (20±2)°C, + (4±20)°C и – (20±2)°C. Через 1 и 3 месяца изучали морфологию клеток и оценивали их выживаемость в процессе хранения. Результаты экспериментальных работ представлены на рисунке и в таблице 3.

Как свидетельствуют данные электронно-микроскопического изучения микробных клеток, процесс сублимационного высушивания является физиологичным. Спустя 2 часа после регидратации микробные клетки имеют обычную форму, среднюю электронно-оптическую плотность с хорошо просматриваемыми структурами цитоплазмы. Клеточная стенка волнистая, у единичных клеток есть дефект клеточной стенки. Несколько меньшие размеры (в 1,25 раза) клеток можно объяснить незавершенностью процесса регидратации в течение 2 часов. Как показали последующие наблюдения, для полноценной регидратации и восстановления клеточных структур требуется 12 часов. Живые размножающиеся клетки *P. fluorescens* EK-5-93 имеют ту же форму, что и регидратированные, но несколько крупнее. Их электронно-оптическая плотность меньше, хорошо видны структуры цитоплазмы, клеточная оболочка чёткая, ровная.

Данные, представленные в таблице 3, свидетельствуют о высоком уровне выживаемости микробных клеток в процессе лиофильного высушивания. Максимальные показатели выживаемости бактерий штамма *P. fluorescens* EK-5-93 в процессе хранения лиофилизированной эталонной культуры были достигнуты при температурном режиме – 20,0°C.

В результате проведённых исследований по отработке параметров процесса лиофильного обезвоживания культур *P. fluorescens* EK-5-93 была разработана аппаратурно-технологическая схема (АТС) процесса приготовления сухого биопрепарата. Основные её элементы включают следующие технологические операции:

- высеив эталонной культуры на чашки Петри с плотной синтетической минимальной средой, содержащей глифосат на уровне от 3,1 до 3,3·10⁹ кл./см³, и инкубирование чашек Петри с посевом микробов при температуре 28-30°C в течение 48 часов;

– отбор типичных колоний бактерий и их пассаж в жидкой синтетической минимальной среде с глифосатом в пробирках при температуре 28–30°C в течение 48 часов;
 – пересев культуры на плотную питательную среду с глифосатом, скошенную в пробирках, инкубирование в термостате при температуре 28–30°C в течение 48 часов;
 – смыв микробной культуры с питательной среды в пробирках и пересев на плотную питательную среду с глифосатом, скошенную в матрацах, выращивание при температуре 28–30°C в течение 72 часов;
 – смыв бактерий культуры, выращенной в матрацах жидкой средой № 1 (10%-ной сахарозы и 1,5%-ного желатина), получение полуфабриката биопрепарата;
 – замораживание жидкого полуфабриката биопрепарата до температуры – 30–40°C со скоростью 5–8°C мин.⁻¹ в течение 0,5 часа.

Замораживание проводили во флаконах непосредственно в сублиматоре сушильной установки. Лиофильное обезвоживание жидкого полуфабриката осуществляли по режиму: температура замораживания материала – 40°C; длительность сублимационного периода – 6 часов; максимальная температура досушивания + 25–28°C; разрежение в системе – 100–200 мкн; продолжительность цикла – 20–24 часа.

По данной АТС были приготовлены 3 серии биопрепарата – деструктора на основе штамма *P. fluorescens* EK-5-93. Всестороннее изучение регидратированных культур штамма-деструктора из приготовленных серий лиофильно высушенного биопрепарата показало, что микробные клетки по своим основным биологическим, культурально-морфологическим и биохимическим свойствам соответствуют эталонным микробным культурам и сохраняют эти свойства в течение всего периода хранения.

Таблица 3

Зависимость выживаемости бактерий *P. fluorescens* EK-5-93 от температурных условий хранения лиофилизированной эталонной культуры

Номер серии	Температура хранения, °C	Концентрация живых микробных клеток в препарате, КОЕ · 10 ⁹ в см ³		Остаточная влажность, %	Выживаемость микробных клеток в биопрепарате при хранении, %	
		до высушивания	после высушивания		1 месяц	3 месяца
1	20,0±2	79,6	68,5	3,5	55,0	45,0
	4,0±2				88,0	75,0
	– 20,0±2				100,0	98,0
2	20,0±2	92,5	65,0	3,0	68,0	55,0
	4,0±2				95,0	90,0
	– 20,0±2				100,0	100,0
3	20,0±2	85,2	58,5	3,2	65,0	50,0
	4,0±2				85,0	73,0
	– 20,0±2				100,0	100,0

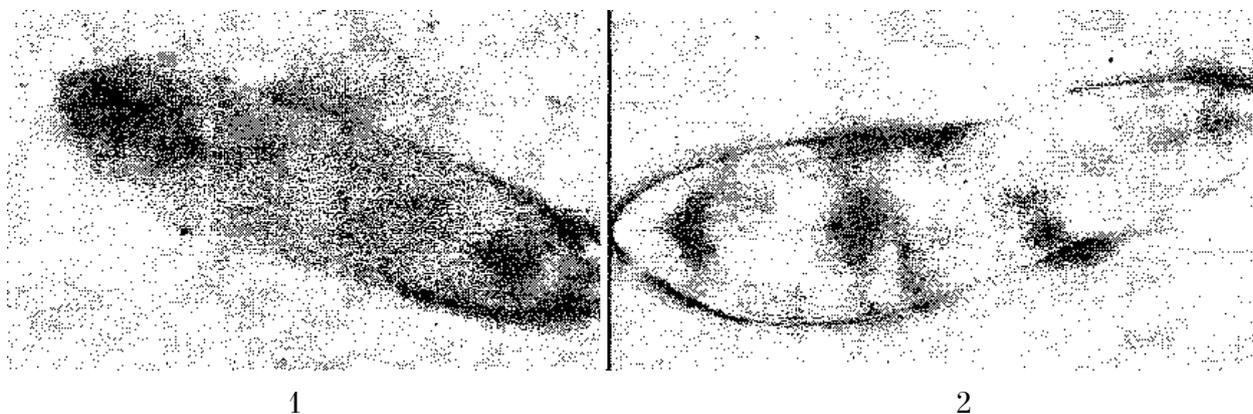


Рис. Электронно-микроскопическая картина бактерий *P. fluorescens* EK-5-93: 1 – после регидратации лиофилизата эталонной культуры, x25000; 2 – нативная бульонная культура, x20000

Таблица 4

Результаты оценки биологических, культурально-морфологических и биохимических свойств бактерий *P. fluorescens* EK-5-93 в составе биопрепарата

№ п/п	Контролируемый показатель	Паспортные характеристики эталонной микробной культуры	Характеристики культуры в составе биопрепарата
1	Морфология окрашенных по Граму бактерий	Крупные грамотрицательные палочки с закруглёнными концами	Крупные грамотрицательные палочки с закруглёнными концами
2	Характер роста в жидкой питательной среде в статических условиях при температуре 27-29°C	Аэроб. Образует равномерное, умеренное помутнение питательной среды. Поверхностная плёнка, осадок умеренный, слизистый	Аэроб. Образует равномерное, умеренное помутнение питательной среды. Поверхностная плёнка, осадок умеренный, слизистый
3	Характер роста колоний на плотной питательной среде при температуре 27-29°C	Колонии округлой формы, блестящие, бледно-жёлтого цвета с ровным краем, диаметр до 1,5 мм	Колонии округлой формы, блестящие, бледно-жёлтого цвета с ровным краем, диаметр до 1,5 мм
4	Биохимические свойства	Ферментирует D-глюкозу, L-арабинозу, D-маннозу, D-маннитол, N-ацетил-глюкозамин, глюконат, капрат, адипат, малат, цитрат, фенилацетат. Слабо ферментирует D-мальтозу. Тест на оксидазу – положительный, в течение 2-4 сек.	Ферментирует D-глюкозу, L-арабинозу, D-маннозу, D-маннитол, N-ацетил-глюкозамин, глюконат, капрат, адипат, малат, цитрат, фенилацетат. Слабо ферментирует D-мальтозу. Тест на оксидазу – положительный, в течение 2-4 сек.
5	Способность к росту на минимальных синтетических средах: – биологическая концентрация на минимальных средах в присутствии фосфат-ионов, 10^9 кл/см ⁻³ ; – биологическая концентрация на минимальных средах в присутствии глифосата, 10^9 кл/см ⁻³	Не менее 1,0 Не менее 1,0	4,0±0,2 3,5±0,4
6	Количество живых микробов, 10^9 кл/см ⁻³	Не менее 25,0	47,9±0,3
7	Наличие посторонней микрофлоры	Отсутствует	Отсутствует
8	Остаточная влажность, %	От 2 до 5	3,8±0,2

Прогноз выживаемости [16] лиофильно высушенных микробных клеток *P. fluorescens* EK-5-93 в составе биопрепарата выполнен в соответствии с Методическими рекомендациями по ускоренному методу прогнозирования выживаемости лиофилизированных культур [17]. Результаты определений показали, что биопрепарат способен храниться без потери эксплуатационных характеристик не менее двух лет при температуре – 20°C.

В таблице 4 представлены данные по оценке основных свойств лиофилизированного биопрепарата на основе штамма *P. fluorescens* EK-5-93.

На основании выполненных исследований по оценке биологических характеристик биопрепарата получено санитарно-эпидемиологическое заключение № 66.МО.01.244.М.000005 01.12 от 26.01.2012 г. на выпуск препарата биодеструктора ФОС (сухая форма).

Работа выполнена при поддержке Государственного контракта № ЦР/07/2085/УЗ07К.

Литература

1. Федеральная целевая программа «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации», утверждённая постановлением Правительства Российской Федерации от 21 марта 1996 года № 305 (в редакции постановления Правительства Российской Федерации от 5 июля 2001 года 510), с изменениями в редакции постановления Правительства Российской Федерации от 24 октября 2005 года № 639.
2. Капашин В.П., Назаров В.Д. Российские объекты по уничтожению химического оружия. Организация деятельности // Российский химический журнал. 2010. № 4. С. 10–12.
3. Холстов В.И. Выполнение Россией обязательств по Конвенции о запрещении химического оружия: состояние и ближайшие задачи // Теоретическая и прикладная экология. 2010. №1. С. 87–95.
4. Чупис В.Н., Растегаев О.Ю., Малишевская А.О. Перспективные подходы к перепрофилированию объектов по уничтожению химического оружия. Реагентные технологии извлечения мышьяка из мышьяксодержащих реакционных масс и отходов // Теоретическая и прикладная экология. 2007. № 2. С. 47–52.
5. Ашихмина Т.Я. Комплексный экологический мониторинг объектов хранения и уничтожения химического оружия. Киров: «Вятка», 2002. 544 с.
6. 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 биodeградация реакционных масс, образующихся при уничтожении фосфорорганических отравляющих веществ // Российский химический журнал. 2010. № 4. С. 19–24.
7. Кочнов Ю.М., Барышева И.В., Мирошкина Л.А. Процессы и аппараты защиты окружающей среды: Оценка воздействия на окружающую среду выбросов загрязняющих веществ. М: МИСиС, 2002. 265 с.
8. Стяжкин К.К., Дармов И.В., Бредихин В.Н., Воробьёв К.А., Погорельский И.П., Лещенко А.А., Лазыкин А.Г. Экспериментальная оценка иммуноотоксического действия штамма *Pseudomonas fluorescens* EK-5-93 // Теоретическая и прикладная экология. 2012. № 2. С. 54–59.
9. Перт С.Дж. Основы культивирования микроорганизмов и клеток. М.: «Мир», 1978. 330 с.
10. Стяжкин К.К., Кузнецов С.Л., Дармов И.В., Живов И.В., Лещенко А.А., Лазыкин А.Г., Погорельский И.П., Ваганов А.В. Оптимизация условий глубинного культивирования штамма *Pseudomonas fluorescens* EK-5-93 – биодеструктора метилфосфонатов // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю. А. Овчинникова. 2010. Т. 6. № 4. С. 19–25.
11. Методические рекомендации 11-1/133-09. Методика экспрессного определения токсичности воды с помощью люминесцентного бактериального теста «Эколюм». Утв. Минздравом РФ 08.06.2000, с изм. и доп. от 01.11.2007. – М.: Изд-во стандартов. 2008. 61 с.
12. Сазыкин Ю.О., Орехов С.Н., Чикалёва И.И. Биотехнология. М.: «Академия», 2008. 256 с.
13. Говорунов И.Г., Пучков Е.О. Низкотемпературная консервация бактерий // Общие вопросы микробиологической промышленности. Вып.4. М: ВНИИСЭНТИ, НПО «Медбиоэкономика», 1982. 19 с.
14. Бирюков В.В. Основы промышленной биотехнологии. М.: «КолосС», 2004. 296 с.
15. Ураков Н.Н., Волков В.Я., Боровик Р.В. Функциональное состояние и механизмы повреждения микроорганизмов в процессе приготовления бактериальных препаратов // Биотехнология. 1988. Т. 4. № 4. С. 420–432.
16. Кошелев А.В., Нестеров А.И. Ускоренный тест прогнозирования выживаемости лиофилизированных культур метанотрофных бактерий // Микробиология. 1987. Т. 56. Вып. 3. С. 492–496.
17. Методические рекомендации. Определение Отраслевых Стандартных Образцов (ОСО) и других МИБП ускоренным методом. ГНИИСиК МИБП им. Л.А. Тарасевича. М: 2003. Введ. 24.12.2002.

**Обоснование выбора соединений, образующихся
в процессе детоксикации зомана, для их использования
в качестве целевых химикатов, подтверждающих
тип уничтожаемого отравляющего вещества**

© 2013. А. Ю. Кармишин¹, к.т.н., начальник, Д. А. Зыгин¹, к.х.н., начальник отдела,
Ю. А. Егорова², к.т.н., с.н.с., М. А. Голышев¹, с.н.с.,
А. Ю. Исаева², к.б.н., начальник лаборатории,

¹Научно-исследовательский центр Федерального управления
по безопасному хранению и уничтожению химического оружия

²1206 объект по уничтожению химического оружия,
e-mail: otdel_isk@mail.ru

Рассмотрены результаты экспериментальных исследований, направленных на разработку процедуры идентификации фосфорорганических отравляющих веществ в процессе уничтожения химических боеприпасов сложной конструкции. Они позволяют достоверно подтвердить факт уничтожения отравляющего вещества в рамках процедур Конвенции.

The results of pilot studies aiming at developing the procedure of phosphorus-organic poison substances identification in the process of complicated design chemical ammunition decommission are considered. They allow to authentically prove the fact of poison substances decommission within the Convention procedures.

Ключевые слова: уничтожение химического оружия, отравляющее вещество,
идентификация, реакционная масса, анализ

Keywords: identification, chemical weapons decommission,
poison substance, reactionary weight, analysis

В соответствии с требованиями «Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении» (Конвенция) деятельность объектов по уничтожению химического оружия (ХО) подвергается систематическим проверкам со стороны инспекционной группы международной организации по запрещению химического оружия (ОЗХО), цель которой заключается в получении объективной информации о количестве уничтоженного ХО и подтверждения факта его уничтожения.

На основании пункта 12 части IV А «Приложения по проверке в рамках процедур Конвенции» деятельность по уничтожению ХО без обеспечения возможности её проверки инспекционной группой ОЗХО не допускается [1]. Инспекционная деятельность ОЗХО на объектах по уничтожению ХО включает в себя наблюдение и контроль процедуры идентификации ОВ путём отбора проб исходного ОВ непосредственно из корпусов уничтожаемых боеприпасов с последующим проведением хромато-масс-спектрометрического анализа отобранной пробы и её идентификацией по существующим библиотекам масс-спектров [2].

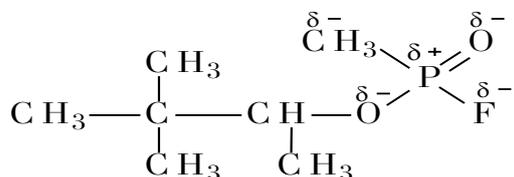
В настоящее время на объекте по уничтожению ХО «Леонидовка» (пос. Леонидовка Пензенской области) осуществляется уничтожение химических боеприпасов сложной конструкции (БСК) в снаряжении фосфорорганическим отравляющим веществом (ФОВ) зоманом. Особенностью БСК является то, что они снаряжены как ОВ, так и взрывчатыми веществами. Промышленное уничтожение БСК проводится впервые в мире и при разработке технологии их уничтожения был решён ряд уникальных прикладных задач, необходимых для выполнения обязательных процедур проверки по Конвенции.

Процесс уничтожения БСК полностью автоматизирован для обеспечения максимальной безопасности и исключения возможности несанкционированного (случайного) аварийного подрыва. Отбор пробы ОВ из корпуса БСК как до его расснаряжения, так и в процессе расснаряжения технологически не предусмотрен, из-за чего идентификация непосредственно по исходному веществу невозможна. В условиях данного технологического процесса подтвердить тип ОВ можно только в реакционной массе (РМ), полученной после

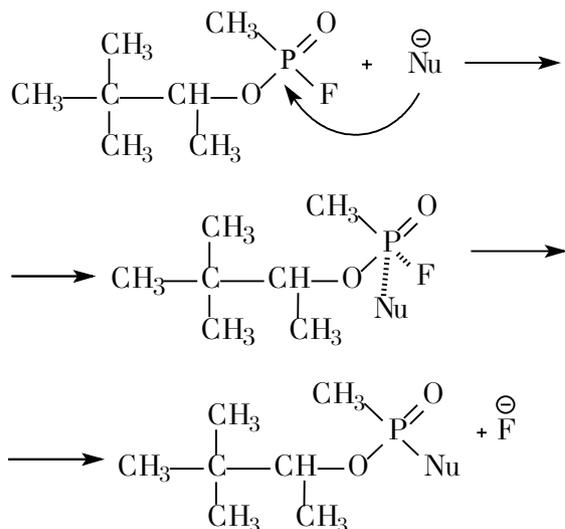
расщепления боеприпаса и детоксикации ОВ [3]. В связи с этим разработан и в дальнейшем оптимизирован способ идентификации зомана по продуктам его деструкции, который позволяет гарантированно обеспечить возможность проверки деятельности по уничтожению ОВ согласно процедурам Конвенции.

Для достижения данной цели был проведён анализ соединений, получающихся в результате детоксикации зомана 80%-ным водным раствором моноэтаноламина (МЭА), образование которых, в свою очередь, определяется реакционной способностью указанного ОВ [4].

Поскольку зоман является типичным представителем галоидангидридов производных алкилфосфоновых кислот, реакционная способность данного вещества в первую очередь определяется распределением электронной плотности в его молекуле [5], представленным на схеме:



Присутствие частичного положительного заряда атома фосфора является следствием комплексного и одновременного воздействия индуктивных и мезомерных эффектов атомов кислорода (связи P=O), эфирного кислорода, углерода метильной группы и фтора. В результате такого взаимодействия атом фосфора является объектом атаки нуклеофилов [5, 6]. Процесс бимолекулярного нуклеофильного замещения, реализующийся в молекуле зомана с разрывом связи P-F [7], указан на схеме:



Скорость и, как следствие, направление подобных реакций зависят от степени ну-

клеофильности реагентов, их концентрации, температуры и характеристик среды, в которой осуществляется реакция, поэтому, учитывая наличие нескольких нуклеофильных центров в 80%-ном водном растворе МЭА, возможно образование различных продуктов деструкции исходного субстрата.

Анализ научной литературы [8, 9] и технологических параметров процесса детоксикации зомана 80%-ным водным раствором МЭА, реализуемым на объекте по уничтожению ХО «Леонидовка», показал, что в ходе уничтожения БСК возможно образование следующих соединений:

- О-пинаколилметилфосфонат (является основным продуктом гидролиза фторангидрида О-пинаколилового эфира МФК, медленно гидролизует до МФК);
- О-(2-амино)этил-О-пинаколилметилфосфонат (при проведении данного технологического процесса является промежуточным аддуктом, обеспечивающим быстрое протекание реакции детоксикации зомана в О-пинаколилметилфосфонат; учитывая данный факт, использование О-(2-амино)этил-О-пинаколилметилфосфоната в качестве целевого химиката не представляется возможным);
- МФК (конечный продукт гидролиза любых эфиров МФК);
- фторгидрат МЭА (соединение, образующееся в результате разрыва связи P-F зомана, в связи с чем может являться веществом, косвенно указывающим на наличие атома фтора в исходном ОВ).

Экспериментальные исследования по возможности идентификации зомана по продуктам его деструкции с использованием указанных веществ показали следующие результаты:

- О-пинаколилметилфосфонат независимо от времени выдержки РМ является наиболее стабильным при газохроматографировании по сравнению с другими компонентами РМ, что позволяет сделать вывод о возможности его использования в качестве основного целевого химиката;
- МФК газохроматографическим методом определяется нестабильно и в большинстве случаев не обнаруживается, в связи с чем её использование в качестве целевого химиката нецелесообразно;
- фторгидрат МЭА стабильно определяется газохроматографическим методом после дополнительной процедуры пробоподготовки, таким образом он может являться целевым химикатом, указывающим на наличие атома фтора в исходном ОВ.

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Совокупность теоретических и экспериментальных данных позволяет утверждать о целесообразности использовать О-пинаколилметилфосфонат и фторгидрат МЭА в качестве основных целевых химикатов для идентификации зомана при уничтожении БСК.

2. Проведённые исследования позволяют осуществить оптимизацию способа идентификации ОВ по продуктам его деструкции применительно к процессу уничтожения БСК в снаряжении зоманом.

3. Область применения предложенного методического подхода к идентификации зомана по продуктам его деструкции при уничтожении БСК может быть расширена применительно к уничтожению БСК в снаряжении отравляющим веществом типа Ви-икс, с учётом особенностей протекания реакции детоксикации данного ОВ.

Литература

1. Конвенция о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении / Международная конференция по подписанию Конвенции. Париж: GE.92-61926, 1993. 133 с.

2. Стандартные операционные процедуры анализов на месте инспекционной группой. Использование

оборудования и процедур ОЗХО. ОЗХО. Технический секретариат. 26 с.

3. Капашин В.П., Кондратьев В.Б., Безруков Г.Н. и др. Химическое разоружение. Научные основы технологии уничтожения фосфорорганических отравляющих веществ и утилизации реакционных масс М.: ФУ БХ УХО, 2010. 79 с.

4. Капашин В.П., Пункевич Б.С., Элькин Г.И. Метрологическое обеспечение уничтожения химического оружия – основа безопасности химического разоружения в Российской Федерации: Монография. М.: ФУ БХУХО, 2010. 174 с.

5. Александров А.Н., Емельянов В.И. Отравляющие вещества: учеб. пособие. М.: Воениздат, 1990. 271 с.

6. Франке З. Химия отравляющих веществ: учебник в 2 т. М.: Химия, 1973. Т. 1. 440 с.

7. Кирби А., Уоррен С. Органическая химия фосфора: учебник. М.: Мир, 1972. 408 с.

8. Отчёт о НИР «Исследования по определению безопасных условий хранения реакционных масс, полученных после детоксикации отравляющих веществ». Шифр «Хранение – РМ». Инв. № 2076-к/3. М. 2004.

9. Савельева Е. И., Зенкевич И. Г., Кузнецова Т. А., Радилов А. С., Пшеничная Г. В. Исследование продуктов превращений фосфорорганических отравляющих веществ методом газовой хроматографии — масс-спектрометрии // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). 2002. Т. XLVI. № 6. С. 82–91.

УДК: 623.459:504.054:661.718

Изучение подвижности арсенита натрия в некоторых образцах почвы при моделировании воздействия атмосферных осадков в виде дождя

© 2013. В. Г. Петров¹, д.х.н., зав. лабораторией, М. А. Шумилова¹, к.х.н., доцент, с.н.с.,
 О. С. Набокова², гл. специалист, Н. Д. Смолина², руководитель,
¹Институт механики УрО РАН,
²Региональный центр по контролю и мониторингу в Удмуртской Республике,
 e-mail: ipm@mail.ru, ninas2905@yandex.ru

В лабораторных условиях проведены исследования подвижности в почве арсенита натрия, который образуется в результате уничтожения мышьяксодержащих отравляющих веществ. Установлено, что при моделировании воздействия атмосферных осадков в виде дождя загрязнение в почве стремится к делокализации. Установлена связь между скоростью выделения арсенита натрия из загрязнённого слоя почвы и содержания в ней гумуса. Это следует учитывать при организации работ по санации загрязнённых территорий и при мониторинге техногенного воздействия.

In laboratory studies of sodium arsenite mobility in soil were conducted, which result from the destruction of the arsenic-containing toxic substances. It is found out that at modeling the effects of precipitation in the form of rain, pollution of the soil tends to delocalization. The connection is stated between the release rate of sodium arsenite from contaminated soil and the amount of humus in the soil. This should be considered in the organization of work on rehabilitation of contaminated areas and of monitoring of anthropogenic impact.

Ключевые слова: арсенит натрия, загрязнение почвы

Keywords: sodium arsenite, soil contamination

Введение

Техногенное воздействие арсенита натрия на почву могло происходить в период работы по уничтожению люизита в г. Камбарке Удмуртской Республики в 2006-2009 гг., так как он является продуктом разложения этого отравляющего вещества (ОВ) методом щелочного гидролиза [1, 2]. Это требует особого внимания, т.к. арсенит натрия является одним из наиболее токсичных и растворимых соединений мышьяка [3–5].

Изучению поведения соединений мышьяка (As) в природных условиях посвящено немало работ [6–9], в которых авторы исследуют процессы их трансформации и миграции, адсорбции и десорбции и т.д. При исследовании влияния свойств почв на процесс сорбции As(III) получено уравнение регрессии, связывающее их со значениями коэффициента Фрейндлиха [6]. Влияние окислительно-восстановительного потенциала среды и величины pH изучалось в работах [7, 8], где отмечена разница в сорбционных процессах для арсенит- и арсенат-ионов в почвах. Процессы миграции и аккумуляции соединений мышьяка в почвах северотаёжной зоны рассмотрены в работе [9]. Однако изучение поведения арсенита натрия в природных

ландшафтах в литературных источниках отсутствует. Поскольку эта соль является конечным продуктом разложения люизита, это и обуславливает повышенный научный интерес к особенностям его поведения в почвах, типичных для региона расположения объекта по уничтожению химического оружия (УХО).

В связи с этим целью представленной работы было исследование в лабораторных условиях подвижности арсенита натрия в образцах типичных региональных почв в рамках разработанной нами кинетической модели. Данная модель была разработана нами для воздействия атмосферных осадков в виде дождя на верхний загрязнённый слой почвы [10], в результате этого были получены данные, которые характеризуют индивидуальное поведение вещества с учётом особенностей загрязнённой почвы. Полученные данные позволяют разработать практические рекомендации по мониторингу техногенного воздействия, а также по санации территорий, загрязнённых в ходе работ по УХО.

В статье приведены результаты исследования подвижности в почвах арсенита натрия в условиях прямой задачи, когда в почву вводится известное количество загрязняющего вещества (ЗВ) и исследуется его подвижность в загрязнённом слое [10]. При этом известно само

ЗВ, имеется характеристика почвы, в частности содержание гумуса, а также моделируется или устанавливается природное воздействие.

Материалы и методы

Подвижность арсенита натрия в почве в лабораторных условиях изучалась на экспериментальном стенде [10], который представляет конструкцию из нескольких колонок и дозирующего устройства. С помощью стенда моделировали воздействие атмосферных осадков в виде дождя на верхнюю загрязнённую часть почвы. Определяли скорость прохождения и объём пропущенной воды через загрязнённый образец, исследования проводили при комнатной температуре. Для расчёта констант скорости выделения арсенита натрия в воду использовали элементы теории гетерогенных химических процессов [11], а также разработанный специально для экспериментального стенда способ расчёта кинетики такого процесса [10, 12]. Полученные в результате эксперимента растворы с высоким содержанием арсенита натрия обезвреживались за счёт выделения низкотоксичного сульфида мышьяка [13].

В ходе исследований использовались различные образцы почвы, типичные для региона, отличающиеся по содержанию гумуса. Различные виды почв Камбарского района были предоставлены Региональным центром по контролю и мониторингу в Удмуртской Республике. Арсенит натрия – NaAsO₂, марки «о.с.ч.», был получен из Карагандинского химико-технологического института (Республика Казахстан). Загрязнение почв проводили различным количеством NaAsO₂, кратным величине ПДК (ПДК As = 2,0 мг/кг воздушно-сухой почвы [4]). В таблице 1 приведены некоторые характеристики исследованных образцов региональных почв.

Определение мышьяка в растворах проводили методом атомно-абсорбционной спектро-

фотометрии на приборе «Shimadzu» – AA7000. Измерение pH осуществляли на иономере «И-120М». Содержание гумуса в почвенных образцах проводили по общепринятой методике [14].

Результаты и их обсуждение

На рисунке 1 приведены зависимости степени выделения NaAsO₂ из некоторых образцов почв, характерных для региона, полученные в лабораторных условиях на экспериментальном стенде.

Для экспериментального стенда наблюдаемую константу скорости процесса выделения ЗВ из образца почвы можно рассчитать при интегрировании формулы:

$$\frac{d\alpha}{(1 - \alpha)^n} = \frac{\kappa_n}{\omega} dV, \tag{1}$$

где α – количество выделенного из почвы загрязнителя в долях от исходного содержания, κ_n – наблюдаемая константа скорости выделения ЗВ из почвы, ω – значение расхода подаваемой на загрязнённый образец воды или скорость прохождения воды через загрязнённый образец (скорость фильтрации), n – порядок взаимодействия, V – объём подаваемой воды.

Значение порядка взаимодействия можно определить по формуле:

$$\frac{V_1 \omega_2}{V_2 \omega_1} = \left(\frac{C_{0,2}}{C_{0,1}} \right)^{n-1}, \tag{2}$$

где V_1, V_2 – объёмы воды, пропущенной через почвенные образцы с разным исходным содержанием ЗВ $C_{0,1}, C_{0,2}$, при которых будет выделено одно и то же количество вещества в долях от исходного содержания – α ; при расходе воды – ω_1, ω_2 .

В таблице 2 приведены данные по расчёту порядка скорости выделения NaAsO₂ из различных образцов почвы. Как видно из таблицы 2,

Таблица 1

Характеристика исследованных образцов почв

Образец почвы	Район отбора	Содержание гумуса, %	pH водной вытяжки	Насыпная плотность, кг. сух/м ³	Удельное объёмное сопротивление фильтрации, М ⁻²
1	Камбарский	1,00	5,64	1312	1,27·10 ¹¹
2	Камбарский	2,22	5,74	1158	3,35·10 ¹¹
3	Камбарский	1,73	5,83	1177	1,73·10 ¹¹
4	Алнашский	3,73	7,30	1076	2,87·10 ¹¹
5	Агрызский	5,96	7,39	1115	5,66·10 ¹²
6	Малопургинский	2,55	7,22	1103	1,80·10 ¹¹

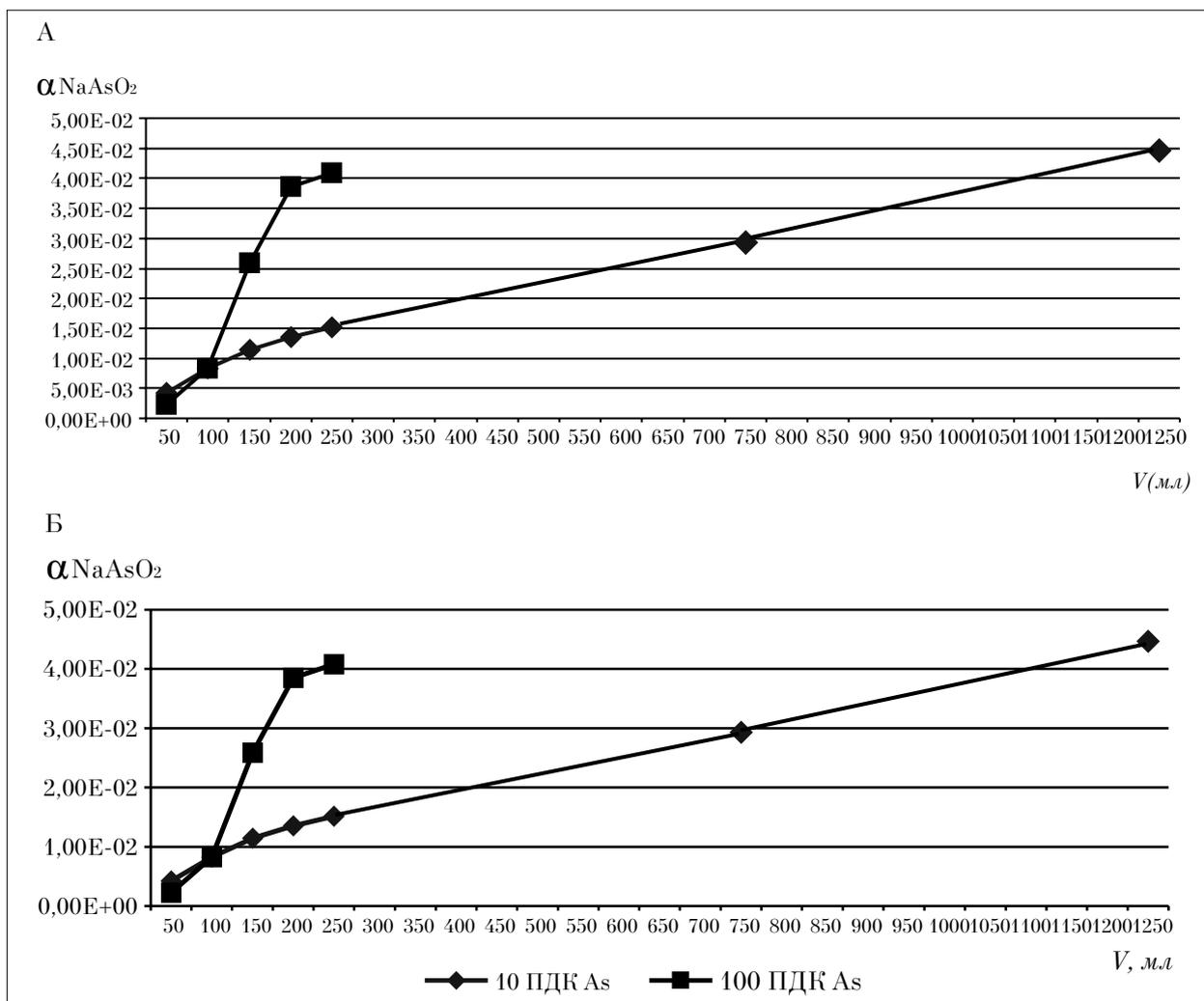


Рис. 1. Зависимость степени выделения α NaAsO₂ (в долях от исходного содержания) от объёма пропущенной воды – V (мл):
 А) через образец почвы № 4 при скорости фильтрации воды $\omega \sim 2,8 \cdot 10^{-2}$ мл/с;
 Б) через образец почвы №6 при скорости фильтрации воды $\omega \sim 2,8 \cdot 10^{-2}$ мл/с

Таблица 2

Порядок выделения NaAsO₂ из загрязнённых образцов почвы

Номер образца почвы	α , доля от исходного содержания NaAsO ₂	n
2	$3,7 \cdot 10^{-2}$	1,400
	$4,0 \cdot 10^{-2}$	1,520
	$4,3 \cdot 10^{-2}$	1,800
4	$2,0 \cdot 10^{-2}$	1,509
	$2,5 \cdot 10^{-2}$	1,587
	$3,0 \cdot 10^{-2}$	1,632
6	$1,5 \cdot 10^{-2}$	1,620
	$2,0 \cdot 10^{-2}$	1,693
	$3,0 \cdot 10^{-2}$	1,903

для всех образцов почвы порядок скорости выделения NaAsO₂ близок ко второму, что отличается от порядка выделения для оксидов тяжёлых металлов, который близок к первому [15]. Таким образом, из формулы (1) для

второго порядка при интегрировании от 0 до α и от 0 до V получим следующее выражение для определения наблюдаемой константы скорости выделения NaAsO₂ из загрязнённых образцов почвы:

Таблица 3

Константы скорости выделения NaAsO_2 из загрязнённых образцов почвы

Номер образца почвы	Район отбора	Почва	Содержание гумуса, %	Загрязнение, ПДК по As	k_n, c^{-1}
1	Камбарский	песчаная	1,00%	12,5	$3,912 \cdot 10^{-5}$
2	Камбарский	песчаная	2,22%	12,5 25	$7,453 \cdot 10^{-6}$ $3,117 \cdot 10^{-5}$
3	Камбарский	песчаная	1,73%	12,5	$4,124 \cdot 10^{-5}$
4	Алнашский	дерново-карбонатная	3,73%	10 100	$1,733 \cdot 10^{-7}$ $7,880 \cdot 10^{-7}$
5	Агрызский	тёмно-серая лесная	5,96%	10 100	$1,677 \cdot 10^{-7}$ $2,772 \cdot 10^{-6}$
6	Мало-Пургинский	дерново-подзолистая	2,55%	10 100	$1,770 \cdot 10^{-7}$ $1,776 \cdot 10^{-6}$

$$k_n = \frac{\omega}{V} \left(\frac{\alpha}{1-\alpha} \right) \quad (3)$$

В таблице 3 приведены результаты расчёта констант скорости выделения NaAsO_2 из загрязнённых образцов почвы. Наблюдается зависимость вычисленной константы скорости выделения NaAsO_2 из загрязнённого слоя почвы от содержания гумуса. Увеличение содержания гумуса в почве снижает константу скорости выделения арсенита натрия при одинаковых условиях эксперимента. Анализ данных таблицы 3 показывает, что подвижность арсенита натрия в почвах Камбарского района близка к значениям для песка, полученным нами ранее [12], что следует учитывать при санации загрязнённых территорий и мониторинге воздействия ЗВ.

Величина рН почвенного фильтрата имеет тенденцию к некоторому возрастанию (рис. 2),

что также может быть обусловлено разными процессами, например, частичным гидролизом арсенита натрия или обменными реакциями в почвах.

Выводы

Изучено поведение арсенита натрия как ЗВ в почвах в лабораторных условиях. Установлено, что это соединение обладает повышенной подвижностью при воздействии атмосферных осадков, и загрязнение стремится к делокализации. Данные процессы следует учитывать при экологическом мониторинге воздействия промышленных объектов и при санации загрязнённых территорий. Определено влияние содержания гумуса на параметры подвижности NaAsO_2 в загрязнённом слое почвы, увеличение содержания гумуса снижает подвижность ЗВ.

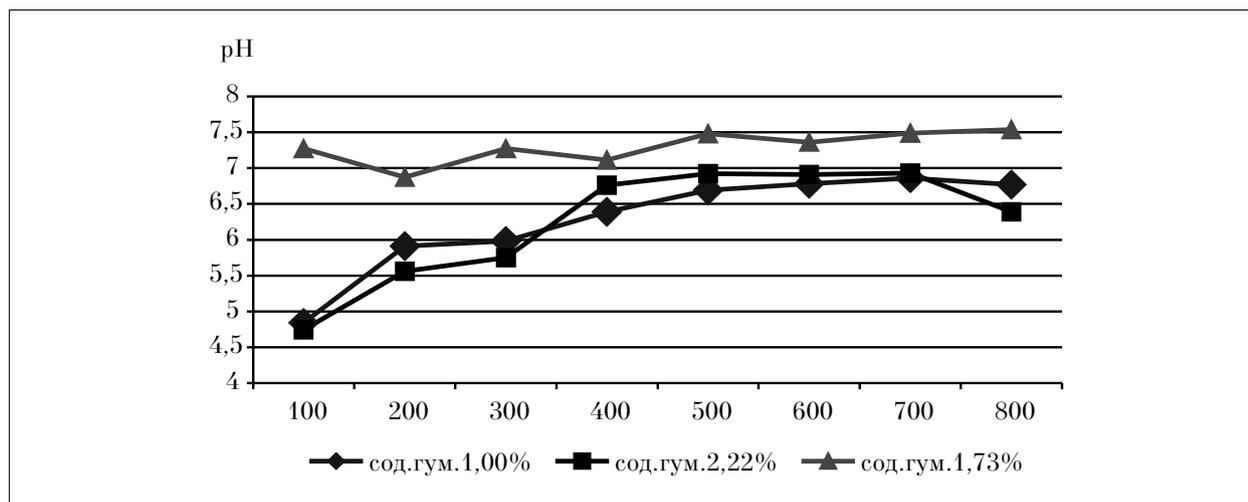


Рис. 2. Значение рН фильтрата после прохождения через загрязнённые почвенные образцы Камбарского района с различным содержанием гумуса, скорость фильтрации воды через загрязнённый образец $\sim 6,94 \cdot 10^{-3}$ мл/с, загрязнение арсенитом натрия 12,5 ПДК по As

Литература

1. Умяров И.А., Кузнецов Б.А., Кротович И.Н. и др. Методы уничтожения и утилизации запасов люизита и иприта // Рос. хим. журн. 1993. Т.37. № 3. С. 25–29.
2. Петрунин В.А., Баранов Ю.И., Кузнецов Б.А. и др. Математическое моделирование процесса щелочного гидролиза люизита // Рос. хим. журн. 1995. Т. 39. № 4. С. 15–17.
3. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. М.: Химия, 1989. 448 с.
4. Вредные химические вещества. Неорганические соединения V–VIII групп. Справ. изд. Л.: Химия, 1989. 592 с.
5. Лазарев А.И., Харламов И.П. Анализ металлов. Справ. изд. М.: Металлургия, 1987. 320 с.
6. Elkhatib, E.A., Bennett O. I., Wright R.G. Arsenite sorption and desorption in soils // Soil Sci. Society of America J. 1984. V. 48. № 5. P. 1025–1030.
7. Печенюк С.И. Сорбция анионов на оксигидроксидах металлов (обзор) / Сорбционные и хроматографические процессы. 2008. Т. 8. Вып. 3. С. 380–429.
8. Водяницкий Ю.М. Тяжёлые и сверхтяжёлые металлы и металлоиды в загрязнённых почвах. М.: ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2009. 95 с.
9. Низовцев А., Кондратенко Б., Безносиков В., Шевченко О. Закономерности накопления мышьяка в почвах северной тайги Республики Коми // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. 2006. № 10. С. 24–25.
10. Петров В.Г., Шумилова М.А. Способ изучения в лабораторных условиях подвижности техногенных загрязнений в почве // Химическая физика и мезоскопия. 2012. Т.14. № 2. С. 257–260.
11. Киреев В.А. Курс физической химии. М.: Химия, 1975. 776 с.
12. Шумилова М.А., Петров В.Г., Набокова О.С. Кинетика выделения арсенита натрия из загрязнённой почвы // Химическая физика и мезоскопия. 2012. Т.14. № 4. С. 626–632.
13. Петров В.Г., Шумилова М.А., Трубочёв А.В. Обезвреживание растворов арсенита натрия в лаборатории // Вестник Удмуртского университета. Серия: физика, химия. 2012. Вып. 1. С. 105–108.
14. Практикум по агрохимии / Под ред. В.Г. Минеева. М.: изд-во МГУ, 2001. 689 с.

**ОБЪЕКТЫ ПО УНИЧТОЖЕНИЮ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ, СОЗДАННЫЕ В РАМКАХ ФЦП
«УНИЧТОЖЕНИЕ ЗАПАСОВ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ В РФ»**



Объект по уничтожению химического оружия «Горный»
(пос. Горный, Саратовская область)



Объект по уничтожению химического оружия «Камбарка»
(г. Камбарка, Удмуртская Республика)

**ОБЪЕКТЫ ПО УНИЧТОЖЕНИЮ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ, СОЗДАННЫЕ В РАМКАХ ФЦП
«УНИЧТОЖЕНИЕ ЗАПАСОВ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ В РФ»**



Объект по уничтожению химического оружия «Марадьковский»
(пос. Мирный, Кировская область)



Объект по уничтожению химического оружия «Леонидовка»
(пос. Леонидовка, Пензенская область)

**ОБЪЕКТЫ ПО УНИЧТОЖЕНИЮ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ, СОЗДАННЫЕ В РАМКАХ ФЦП
«УНИЧТОЖЕНИЕ ЗАПАСОВ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ В РФ»**



Объект по уничтожению химического оружия «Щучье»
(г. Щучье, Курганская область)



Объект по уничтожению химического оружия «Почеп»
(г. Почеп, Брянская область)

19 ДЕКАБРЯ 2013 Г. ВВЕДЁН В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ОБЪЕКТ ПО УНИЧТОЖЕНИЮ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ «КИЗНЕР» (ПОС. КИЗНЕР, УДМУРТСКАЯ РЕСПУБЛИКА)



Эколого-токсикологическая оценка опасности загрязнения заринотом отходов после печей объектов по уничтожению химического оружия

© 2013. Б. Н. Филатов, д.м.н., зав. лабораторией, А. А. Масленников, д.б.н., зав. лабораторией, Н. Г. Британов, к.м.н., зав. лабораторией, С. А. Демидова, к.б.н., с.н. с., Е. В. Дерягина, инженер, Научно-исследовательский институт гигиены, токсикологии и профпатологии Федерального медико-биологического агентства, e-mail: maslennikov@rihtop.ru

Экспериментально определены пороговые и подпороговые концентрации зарино в отходах после печей объектов по уничтожению химического оружия по общесанитарному, транслокационному, миграционному воздушному и водному показателям вредности. Лимитирующие критерии вредного действия вещества – миграционный воздушный и общесанитарный. Предельно допустимая концентрация зарино в отходах после печей установлена на уровне 0,5 мг/кг.

Threshold and subthreshold concentrations of sarin in the waste after furnaces at chemical weapons decommission plants are experimentally determined as for their general sanitary, translocation and migration indicators of air and water hazards. The criteria limiting the harmful effects of substance are air migration and general sanitary ones. Maximum allowable concentration of sarin in the waste after furnace is set at 0,5 mg/kg.

Ключевые слова: зарин, отходы после печей, недействующие концентрации

Keywords: sarin, furnaces waste product, inactive concentration

Введение

Осуществляемое в соответствии с конвенциональными программами поэтапное уничтожение значительных запасов химического оружия представляет потенциальную угрозу как для персонала специальных объектов по его уничтожению, так и для окружающей среды [1–5]. Данное обстоятельство предполагает выполнение необходимых мероприятий по обеспечению безопасного функционирования указанных объектов и последующей ликвидации их деятельности, предотвращение возможного загрязнения основных экосистем хранящимися и уничтожаемыми токсичными химикатами. Важнейшим элементом проводимого комплекса мероприятий является разработка соответствующих гигиенических нормативов ликвидируемых отравляющих веществ.

В процессе уничтожения химического оружия наряду с жидкими образуются твёрдые отходы, которые после термообработки в печах могут содержать указанные токсиканты. При транспортировке, складировании и хранении на открытой местности рассматриваемых отходов загрязняющие их боевые отравляющие вещества (включая зарин) способны мигрировать в окружающую среду и представлять дополнительный источник опасности для контактирующих.

Цель данного исследования – определение допустимого содержания зарино в отходах после печей объектов по уничтожению химического оружия.

Материалы и методы

В процессе выполнения работ использован о-изопропилметилфторфосфонат (зарин) с массовой долей основного вещества 95,0%.

Токсикант представляет собой бесцветную или слегка желтоватую жидкость, без запаха или со слабым фруктовым запахом [6], с плотностью $d_4^{20} = 1,094$ г/см³. Молекулярная масса – 140,11; летучесть при 20°C – 12,0 мг/л [6–11]. Хорошо растворяется в органических растворителях (спирте, ацетоне, дихлорэтане и др.). Жидкий зарин и его пары легко сорбируются пористыми материалами [6].

В почве гидролизует медленнее. Стойкость на местности: летом в жидком виде до 5 часов и в парообразном состоянии до 20 часов, зимой – до 2-х суток [6].

В качестве модельных твёрдых отходов после печей (ОПП) использовали золу, образующуюся в результате сжигания в НИИГТП ветоши, фильтровальной бумаги, пластиковой спецодежды, загрязнённых заринотом в процессе выполнения различных экспериментов.

На момент выполнения работ отсутствовали утверждённые в законодательном порядке инструктивно-методические документы по экспериментальному обоснованию предельно допустимой концентрации токсиканта при его содержании в ОПП. В этой связи в процессе проведения исследований использовали действующие санитарные правила, методические рекомендации и соответствующее руководство [12–14].

В процессе выбора методов исследований исходили из общеизвестного факта о том, что данный токсикант наиболее опасен при ингаляционном воздействии, в связи с чем в настоящей работе особо важным показателем являлся воздушно-миграционный [9–11]. Учитывая при этом, что разрабатываемый гигиенический норматив направлен на обеспечение безопасности контактирующих, занятых в работах по ликвидации объектов уничтожения химического оружия. Критериально значимым определён уровень хемотоксиканта, не превышающий его ПДК в воздухе рабочей зоны ($2,0 \cdot 10^{-5}$ мг/м³) [15].

Помимо указанного принимали во внимание тот факт, что зарин, содержащийся в отходах после печей, при их складировании и хранении на открытой местности способен мигрировать в подземные воды и оказывать негативное влияние на общесанитарное состояние грунта и растения. Основываясь на этом, выполняли водно-миграционные исследования, а также оценивали состояние микробоценоза почвы и влияние отравляющего вещества на рост и развитие корневой системы высших растений.

Характеристику миграционной водной опасности ОПП, контактировавших с токсическим веществом, проводили, используя в качестве модельного почвенного эталона (МПЭ) предварительно подготовленный средне-мелкозернистый карьерный песок, отобранный с глубины не менее 3-х метров от поверхности почвы, который помещали в миграционные колонки [13, 14]. В качестве критериально значимого принимали уровень содержания тестируемого вещества в отходах, при котором оно мигрирует из МПЭ в грунтовые воды в количествах, не превышающих ПДК_{в.в.} зарины – $5,0 \cdot 10^{-5}$ мг/л [16].

В опытах по воздействию загрязнённых веществом ОПП на микробоценоз почвы определяли степень угнетения численности микроорганизмов основных групп (бактерии и грибы). Статистически значимым считали подавление развития всех исследуемых групп

микроорганизмов, а также стимуляцию роста образования клеток *E. coli* и микромицетов на 50% и более [13, 14].

В ходе выполнения исследований фитотоксичности ОПП, содержащих оцениваемое соединение, использовали семена ячменя и овса [13, 14, 17]. Достоверными принимали отклонения всхожести семян и развития корневой системы растений в опытных группах относительно аналогичных показателей в контроле более чем на 20% [13, 14].

Позитивным контролем во всех опытах служил водный экстракт оцениваемого отхода, не содержащий токсикант. Негативным контролем являлась отстоянная дехлорированная вода.

Перед началом экспериментов определяли основные физико-химические характеристики почвы, МПЭ и их смеси общепринятыми методами [13, 14].

Соотношение количества песка и модельной почвы в смеси подбирали таким образом, чтобы общий углерод по Тюрину (показатель, характеризующий наличие почвенного углерода, пригодного для питания микроорганизмов) не превышал 0,5% [13, 14]. Вследствие этого выбрано соотношение МПЭ и модельной почвы 2:1. При указанном соотношении создавали экстремальные условия (обеднённая почвенная органика) для проведения экспериментов по изучению воздействия веществ на микробоценоз [13, 14].

В исследованиях использовали почву (верхний слой 0 – 25 см), отобранную в районе размещения одного из объектов по уничтожению ФОВ, расположенного в пос. Кизнер Удмуртской Республики, не загрязнённую рассматриваемым токсикантом.

Результаты и обсуждение

При постановке экспериментов по оценке воздушно-миграционной опасности с целью равномерного распределения в модельных отходах токсикант в концентрациях: 1,0, 0,5 и 0,25 мг/кг вносили в экспериментально установленный объём дистиллированной воды, необходимый для минимального увлажнения 1,0 кг измельчённой золы (190,0 мл).

Химагент в пробах воздуха определяли колориметрическим методом [16].

Анализ полученных данных позволил установить, что длительность миграции вещества прямо зависела от уровня его содержания в отходах. Так, при загрязнении ОПП зарином в концентрациях 1,0 и 0,5 мг/кг в течение 2 часов обнаружено его присутствие в воздухе

(табл. 1). При понижении уровня содержания вещества до 0,25 мг/кг химагент в пробах воздуха отсутствовал.

Минимальная концентрация вещества в отходах, обеспечивающая его миграцию в воздух, превышая уровень ПДК_{р.з.}, составила 1,0 мг/кг, которая определена как пороговая. Соответственно в качестве подпороговой (недействующей) концентрации зарина в ОПП по миграционному воздушному показателю вредности, установлена величина 0,5 мг/кг.

В процессе выполнения опытов по оценке водно-миграционной опасности токсиканта в верхний слой сборных секционных колонок, содержащий сухие отходы, вносили водные растворы вещества в концентрациях 2,0, 1,0 и 0,5 мг/кг.

В ходе выполнения опыта выход соединения в фильтрационные воды во всех уровнях не зарегистрирован. Объяснением данному факту может служить то обстоятельство, что вещество в настоящих исследованиях продолжительный период времени находилось в сильно щелочной среде (рН = 11,2).

На основании представленных данных можно сделать следующий вывод. В рамках проведённого эксперимента по водно-миграционному показателю вредности минимально действующая концентрация вещества не определена, с учётом чего подпороговым уровнем по рассматриваемому критерию следует признать максимальную в данном опыте величину зарина – 2,0 мг/кг, обеспечивающую его миграцию в фильтрационные воды ниже уровня ПДК воды водоёмов.

Общезвестно, что загрязнение почвы различными химическими соединениями вызывает изменения в составе её микронаселения и основных биохимических процессах. Исходя из этого, а также требований действующих инструктивно-методических документов [8–10] проведены экспериментальные исследования по влиянию зарина, содержащегося в водных экстрактах из отходов после печей, на микрофлору почвы.

При постановке опытов в качестве основных групп тест-организмов использовали: *E. coli*, микромицеты, актиномицеты и сапрофитные бактерии.

Токсическое влияние химагента изучали в следующих концентрациях: 1,0, 0,5 и 0,25 мг/кг.

Анализ полученных данных указывает на то, что наличие в грунте водных вытяжек из ОПП с заринем негативно влияет на его микробоценоз, вызывая разнонаправленный характер изменений численности почвенной микрофлоры в зависимости от продолжительности опыта. В частности, при содержании в золе данного токсиканта на уровне 1,0 мг/кг в первые сутки опыта установлен достоверный активный рост *E. coli* (57,68%), свидетельствующий об определённой стрессовой реакции у данного вида на влияние химагента и о повышенном содержании в почве фосфорной «подкормки» (табл. 2). Кроме того, отмеченный факт указывает на вероятностный сдвиг биологического равновесия в соотношении микробных сообществ. В то же время на третьи сутки исследований вследствие естественного снижения содержания фосфора в почве при воздействии вещества в этой же концентрации выявлено достоверное угнетение численности данных бактерий (66,36%). При снижении содержания токсиканта в ОПП до 0,5 мг/кг и ниже отличий от контроля не обнаружено.

Помимо указанного выявлено токсическое влияние вещества на наиболее распространённую в почве группу сапрофитных бактерий. В частности, установлено угнетение развития данной микрофлоры до 66,06% в первые сутки опыта при воздействии химагента только в концентрации 1,0 мг/кг (табл. 3).

Следует отметить, что на протяжении всего эксперимента численность колоний микромицетов и актиномицетов не имела межгрупповых отличий (табл. 4, 5).

С учётом изложенного сделан вывод о том, что зарин при его содержании в ОПП на уровне 1,0 мг/кг является пороговым, а концентрация 0,5 мг/кг – подпороговой (максимально допустимой).

Таблица 1

Динамика поступления паров зарина в воздух из отходов после печей

Содержание зарина в ОПП, мг/кг	Сроки отбора проб воздуха из камеры		
	1 час	2 час.	3 час.
	Концентрация зарина в воздухе, мг/м ³		
1,0	2,8·10 ⁻⁵	1,7·10 ⁻⁶	–
0,5	1,3·10 ⁻⁵	1,0·10 ⁻⁶	–
0,25	–	–	–

Примечание: – не обнаружено.

Таблица 2

Влияние зарина, содержащегося в водном экстракте отходов после печей, на численность *E. coli* (колониобразующие единицы / 1 г почвы с учётом влажности)

Период посева, сутки	Негативный контроль		Позитивный контроль						
	M±m	эффект воздействия, %	1,0		0,5		0,25		
			M±m	эффект воздействия, %	M±m	эффект воздействия, %	M±m	эффект воздействия, %	
0 (фон)	45,17 ± 3,34	-	-	-	-	-	-	-	
1	107,50 ± 6,98	135,83 ± 7,35	26,37	214,17 ± 17,43	57,68*	180,83 ± 11,56	33,13	193,33 ± 16,79	42,33
3	74,25 ± 4,67	89,17 ± 5,98	20,09	30,00 ± 3,96	66,36*	65,00 ± 4,97	27,11	72,50 ± 4,45	18,69
7	1,92 ± 0,08	2,17 ± 0,09	13,02	2,50 ± 0,06	13,02	1,83 ± 0,12	15,67	2,75 ± 0,07	26,73

Примечание: * – отлится, выходящие за пределы соответствующих критерияльных значений.

Таблица 3

Численность сапрофитной микрофлоры под воздействием зарина, содержащегося в водном экстракте отходов после печей (колониобразующие единицы / 1 г почвы с учётом влажности)

Период посева, сутки	Негативный контроль		Позитивный контроль						
	M±m	эффект воздействия, %	1,0		0,5		0,25		
			M±m	эффект воздействия, %	M±m	эффект воздействия, %	M±m	эффект воздействия, %	
0 (фон)	1382,32 ± 97,03	-	-	-	-	-	-	-	
1	1238,34 ± 84,54	1323,34 ± 103,84	6,86	449,17 ± 34,35	66,06*	1908,33 ± 97,34	44,21	1723,33 ± 93,67	30,23
3	1833,33 ± 105,34	1526,66 ± 97,21	16,73	1935,00 ± 138,93	26,75	1908,33 ± 97,91	25	1543,33 ± 99,23	1,09
7	1641,66 ± 108,34	1415,00 ± 97,52	13,81	1296,66 ± 85,87	8,36	1105,00 ± 82,56	21,91	1366,66 ± 77,91	3,42
10	826,67 ± 75,51	880,00 ± 43,62	6,45	1086,66 ± 75,68	23,48	1081,66 ± 96,67	22,92	1154,99 ± 75,97	31,25

Примечание: * – отлится, выходящие за пределы соответствующих критерияльных значений.

Таблица 4

Численность микромицетов под воздействием зарина, содержащегося в водном экстракте отходов после печей (колонообразующие единицы / 1 г почвы с учётом влажности)

Период посева, сутки	Негативный контроль	Содержание зарина в почвенной смеси, мг/кг							
		Позитивный контроль		1,0		0,5		0,25	
		M±m	эффект воздействия, %	M±m	эффект воздействия, %	M±m	эффект воздействия, %	M±m	эффект воздействия, %
0 (фон)	1,83±0,08	-	-	-	-	-	-	-	-
1	3,42±0,23	2,58±0,17	24,56	3,00±0,15	16,28	2,75±0,14	6,59	2,33±0,14	9,69
3	3,42±0,14	3,17±0,19	7,31	2,25±0,21	29,02	2,97±0,08	6,31	2,87±0,16	9,46
7	2,25±0,07	2,50±0,14	11,11	2,08±0,17	16,8	2,75±0,11	10	2,50±0,17	0
10	3,42±0,18	2,75±0,12	19,59	2,75±0,11	0	2,67±0,13	2,91	3,08±0,15	12

Таблица 5

Численность актиномицетов под воздействием зарина, содержащегося в водном экстракте отходов после печей (колонообразующие единицы / 1 г почвы с учётом влажности)

Период посева, сутки	Негативный контроль	Содержание зарина в почвенной смеси, мг/кг							
		Позитивный контроль		1,0		0,5		0,25	
		M±m	эффект воздействия, %	M±m	эффект воздействия, %	M±m	эффект воздействия, %	M±m	эффект воздействия, %
0 (фон)	1774,99±123,67	-	-	-	-	-	-	-	-
1	2445,00±154,94	2583,33±175,76	5,66	2583,33±190,07	0	1746,66±105,89	32,39	2155,00±120,79	16,58
3	1800,00±179,67	1670,00±141,05	7,22	1738,00±137,93	4,07	1643,16±134,71	1,61	1686,67±149,94	1,06
7	931,66±79,67	910,00±66,05	2,32	945,00±84,82	3,85	931,00±81,04	2,31	997,50±87,54	9,61
10	708,83±67,64	789,31±65,69	11,35	801,45±77,73	1,54	704,33±63,02	10,77	802,38±67,96	1,66

симально недействующей) по воздействию на микробоценоз почвы.

При выполнении опытов по оценке фитотоксичности использовали водные вытяжки из отходов после печей, загрязнённые заринном в концентрациях: 4,0, 2,0 и 1,0 мг/кг.

В процессе выполнения эксперимента выявлено, что содержащийся в ОПП химагент в концентрациях 4,0 и 2,0 мг/кг оказывал негативное влияние на способность семян овса к прорастанию, о чём свидетельствуют статистически значимые межгрупповые различия культуры от контроля (табл. 6).

Помимо указанного токсикант при содержании в отходах в концентрации 4,0 мг/кг проявлял токсические свойства только в отношении корневой системы ячменя, угнетая (до 23,2%) её рост и развитие (табл. 7).

Однако при загрязнении химагентом в концентрациях 2,0 мг/кг и ниже достоверных отличий в формировании корней тест-

растений в течение всего эксперимента не выявлено.

С учётом полученных данных сделан вывод о том, что концентрация зарина – 2,0 мг/кг является пороговой, а уровень 1,0 мг/кг – недействующим по транслокационному показателю вредного действия токсиканта, содержащегося в золе.

Обобщая результаты проведённых исследований, можно констатировать тот факт, что отходы после печей, загрязнённые заринном, приводят к весьма существенным изменениям биогеоценологических функций почвы: миграции высокотоксичного вещества в воздух, токсическому воздействию на микробоценоз, негативному влиянию на высшие растения (табл. 8).

Наиболее опасными являются миграционный воздушный и общесанитарный показатели вредности, которые и приняты в качестве лимитирующих факторов при обосновании гигиенического норматива.

Таблица 6

Влияние зарина, содержащегося в водном экстракте отходов после печей, на всхожесть семян

Период наблюдения, сутки	Концентрация зарина в водном экстракте ОПП, мг/кг	Ячмень		Овёс	
		всхожесть, %	отличие от контроля, %	всхожесть, %	отличие от контроля, %
3	Негативный контроль	90,00	-	54,48	-
	Позитивный контроль	89,29	0,79	63,33	16,24
	4,0	80,00	10,4	48,28	23,77*
	2,0	82,76	7,31	46,67	26,31*
	1,0	83,33	6,67	56,67	10,52

Примечание: * – отличия, выходящие за пределы соответствующих критериальных значений.

Таблица 7

Влияние зарина, содержащегося в водном экстракте отходов после печей, на развитие корней тест-растений, см

Период наблюдения, сутки	Концентрация зарина в водном экстракте ОПП, мг/кг	Ячмень		Овёс	
		M±m	отличие от контроля, %	M±m	отличие от контроля, %
7	Негативный контроль	13,16±0,94	-	11,80±0,78	-
	Позитивный контроль	15,39±1,12	16,94	13,69±0,96	16,02
	4,0	11,82±0,85	23,20*	14,33±0,84	4,67
	2,0	14,01±0,76	8,97	13,99±1,07	2,19
	1,0	15,43±0,94	0,26	14,21±0,78	3,8

Примечание: * – отличия, выходящие за пределы соответствующих критериальных значений.

Таблица 8

Комплексная оценка воздействия зарина, содержащегося в ОПП, на почву

Показатели вредности	Недействующие концентрации вещества в ОПП, мг/кг
Миграционный водный	2,0
Транслокационный	1,0
Общесанитарный (микробоценоз)	0,5
Миграционный воздушный	0,5

Экспериментально обоснованная предельно допустимая концентрация зарина в отходах после печей составляет 0,5 мг/кг.

Литература

- Петров С.В. Основные проблемы уничтожения химического оружия в Российской Федерации // Рос. хим. ж. им. Д.И. Менделеева. 1993. Т. 37. № 3. С. 5–7.
- Агаджанов Г.Л., Коновалов Е.Н., Кушнер П.Ф., Никулин А.В. Международные соглашения в области химического разоружения и проблема обеспечения безопасного уничтожения химического оружия // Рос. хим. ж. им. Д.И. Менделеева. 1993. Т. 37. № 3. С. 8–10.
- Горский В.Г., Курочкин В.К., Дюмаев К.М., Новосельцев В.Н., Браун Д.Л. Анализ риска – методологическая основа обеспечения безопасности химико-технологических объектов // Рос. хим. журнал. 1994. № 2. С. 54–61.
- Буслаев Н.Ю., Иванов Ю.А., Козяков В.П., Маркин Б.А. Концептуальные проблемы разработки системы медицинского обеспечения Государственной программы уничтожения химического оружия // Рос. хим. ж. им. Д.И. Менделеева. 1994. Т. 38. № 2. С. 85–87.
- Холстов В.И., Тарасевич Ю.В., Григорьев С.Г. Пути решения проблемы безопасности объектов по уничтожению химического оружия // Рос. хим. ж. им. Д.И. Менделеева. 1995. Т. 39. № 4. С. 65–73.
- Справочник №3 (86) – 4 по свойствам веществ Списка 1 Конвенции по запрещению химического оружия / Федеральное управление медико-биологических и экстремальных проблем при Министерстве здравоохранения Российской Федерации НИИ «Медстатистика». М. 1999. С. 21–24.
- Чиж И. М. Указания по военной токсикологии. Министерство обороны РФ, Главное военно-медицинское управление. М. 2000. 300 с.
- Франке З., Франц П., Варнке В. Химия отравляющих веществ. М.: Химия, 1973. Т. 1. 236 с.
- Лошадкин Н. А., Полумисков Ю. М. Военная токсикология и вопросы медицинской защиты от химического оружия. М.: Издание академии, 1985. 188 с.
- Голиков С. Н., Саноцкий И. В., Тиунов Л. А. Общие механизмы токсического действия. Л.: Медицина, 1986. 280 с.
- Александров В. Н., Емельянов В. Н. Отравляющие вещества. М.: Воениздат, 1991. Ч. 1. С. 117–161.
- СП 2.1.7.1386-03. Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления: утв. гл. гос. сан. врачом РФ Г.Г. Онищенко 20 апреля 2003 г., введены в действие 30 апреля 2003 г. Регистр. № 4755, М.: 25 с.
- Методические рекомендации по обоснованию ПДК химических веществ в почве. М.: 1982. Изд. 2-е. Гос. № 2609 – 82. 57с.
- Гончарук Е. И., Сидоренко Г. И. Гигиеническое нормирование химических веществ в почве. Руководство. М.: Медицина, 1986. 132 с.
- Экспериментальное обоснование предельно допустимых концентраций зарина и зомана в воздухе рабочей зоны: отчёт о НИР. НИИГТП; рук. Калинин Н. И. Волгоград. 1984. Т. 1. 173 с. Инв. № 54.
- Экспериментальное обоснование предельно допустимой концентрации зарина в воде водоемов: отчёт о НИР. НИИГТП; рук. П. Е. Шкодич. Волгоград. 1980. 127 с. Инв. № 59.
- Методические рекомендации. Обоснование класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности. М. 2007. МР 2.1.7.142.7. 16 с.

УДК 623.459

Нормативно-правовые аспекты в сфере обеспечения экологической и промышленной безопасности при уничтожении химического оружия

© 2013. С. В. Сербин, зам. начальника управления,
А. И. Поляков, начальник отдела, В. Д. Назаров, г.н.с.,
Федеральное управление по безопасному хранению и уничтожению химического оружия,
e-mail: fubhuho@yandex.ru

В статье изложено содержание основных правовых актов, нормативно-разрешительных документов российского законодательства в области обеспечения экологической безопасности функционирования объектов уничтожения химического оружия.

The article presents the content of basic legal acts, regulatory authorization documents of Russian legislation on environmental safety of operation of facilities chemical weapons decommission plants.

Ключевые слова: правовые акты, нормативно-разрешительные документы
в области обеспечения экологической безопасности

Keywords: legal acts, regulatory authorization documents in the sphere
of environmental safety

Российское законодательство в области обеспечения безопасности функционирования Объектов и охраны окружающей среды (ОС) основывается на Конституции Российской Федерации, федеральных законов (ФЗ), а также принятых в соответствии с ними иных нормативных правовых актов Российской Федерации [1].

Конституцией Российской Федерации признаются и гарантируются права граждан на жизнь, на безопасные условия труда, на охрану здоровья и медицинскую помощь, на благоприятную ОС.

Правовой режим в области обеспечения безопасности функционирования Объектов, охраны ОС при проектировании, строительстве, эксплуатации Объектов и выводе их из эксплуатации как промышленных предприятий определён следующими основными ФЗ: «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», «Об охране окружающей среды», «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», «Об отходах производства и потребления», «Об охране атмосферного воздуха», «Об экологической экспертизе», «Об обеспечении единства измерений» и другими законами [2–10].

В соответствии с ФЗ [2] объекты относятся к категории опасных производственных объектов, на которых перерабатываются (уничтожаются) высокотоксичные вещества, а также вещества, представляющие опасность

для работающего персонала, населения, а также ОС.

ФЗ «Об охране окружающей среды» определяет правовые основы государственной политики в области охраны ОС, в том числе и при проведении работ в области уничтожения химического оружия (ХО). В соответствии с этим законом на Объектах должен осуществляться государственный экологический контроль и мониторинг ОС, а также производственный экологический контроль и мониторинг ОС. Для данных Объектов в соответствии с ФЗ «Об охране окружающей среды», а также ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» устанавливаются нормативы предельно допустимых выбросов вредных веществ в атмосферу, нормативы допустимого сброса загрязняющих веществ, лимиты на образование и размещение отходов.

ФЗ «Об экологической экспертизе» направлен на реализацию конституционного права граждан РФ на благоприятную ОС в части, касающейся организации и проведения экспертизы с целью предварительного рассмотрения и анализа проектных и иных материалов на новые технологические процессы, новые устройства и агрегаты, способные негативно воздействовать на ОС в процессе дальнейшей эксплуатации. ФЗ определяет и предписывает правовые аспекты оценки воздействия хозяйственной деятельности будущего процесса на экспертном уровне.

ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» предусматривает проведение санитарно-гигиенического мониторинга состояния здоровья населения и среды обитания, в том числе в районах расположения Объектов.

ФЗ «Об обеспечении единства измерений» устанавливает правовые основы обеспечения единства измерений в РФ в интересах защиты жизни и здоровья граждан, охраны ОС.

Учитывая особые условия труда при хранении и уничтожении ХО как на объектах с особо опасными производственными процессами, действующее российское законодательство было дополнено и усилено специфическими законами (ФЗ): «О ратификации Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении», «О социальной защите граждан, занятых на работах с химическим оружием», «Об уничтожении химического оружия».

В соответствии с ФЗ «О ратификации Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении» Правительство Российской Федерации определяет мероприятия, необходимые для обеспечения безопасности населения и охраны ОС в ходе уничтожения ХО.

ФЗ «О социальной защите граждан, занятых на работах с химическим оружием» устанавливает: «...правовые основы социальной защиты граждан, работающих с химическим оружием по трудовому договору (контракту), военнослужащих Вооружённых Сил Российской Федерации..., занятых на работах с химическим оружием..., а также граждан, получивших профессиональные заболевания в результате проведения указанных работ» [10].

В соответствии с ФЗ «Об уничтожении химического оружия» ХО объекты по хранению ХО и Объекты находятся в федеральной собственности, управление которой осуществляется Правительством Российской Федерации. Данным ФЗ для Объектов было введено новое понятие – «зона защитных мероприятий».

В целях реализации функций Объекта по осуществлению отдельных видов деятельности и выполнения требований законодательных актов для эксплуатации Объекта разработаны следующие документы [11-13]:

– утверждённые, зарегистрированные в Минюсте России и введённые в действие гигиенические нормативы содержания ОВ и других контролируемых веществ в различных

средах (ПДК, ОБУВ, ПДУ, аварийные пределы воздействия);

– перечни контролируемых ОВ и других загрязнителей, подлежащих контролю на Объекте.

Для эффективного проведения всех видов контроля и мониторинга разработаны и утверждены главным санитарным врачом РФ гигиенические нормативы (стандарты безопасности) содержания ОВ и других контролируемых веществ в объектах ОС (атмосферный воздух, вода водоёмов, почва), а также в воздухе производственных помещений и на поверхностях технологического оборудования и кожи.

На Объекте определён перечень приоритетных загрязнителей, включающий в себя как вещества остронаправленного действия (ОВ), подлежащие детоксикации на Объекте, так и приоритетные общепромышленные загрязнители, характерные для данного Объекта. Содержание указанных приоритетных загрязнителей в объектах ОС подлежит обязательному контролю.

В целях обеспечения требований промышленной безопасности все опасные производственные объекты зарегистрированы в государственном реестре опасных производственных объектов (свидетельство о регистрации от 29.12.2012 № А01-11433, выданное Межрегиональным технологическим управлением Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору).

Для осуществления метрологического обеспечения получен аттестат аккредитации в области обеспечения единства измерений (аттестат от 30.11.2012 № РОСС СОБ 3.00014.2012, выдан Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии, действует до 30 ноября 2014 года).

Для выполнения отдельных видов деятельности получены лицензии:

– на осуществление деятельности по хранению и уничтожению химического оружия (лицензия от 1.10.2012 № 11934-УХ-ПУ, выданная Министерством промышленности и торговли Российской Федерации, действующая бессрочно);

– на эксплуатацию химически опасных производственных объектов (лицензия от 9.07.2010 № ЭХ-00-011750, выданная Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору, действующая бессрочно);

– на эксплуатацию взрывопожароопасных производственных объектов (лицензия от 9.07.2010 № ВП-00-011749, выданная Феде-

ральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору, действующая бессрочно);

- на осуществление деятельности в области гидрометеорологии и смежных с ней областях (за исключением указанной деятельности, осуществляемой в ходе инженерных изысканий, выполняемых для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства) (лицензия от 31.10.2012 № Р/2012/2184/100/Л, выданная Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, действующая бессрочно);

- на осуществление деятельности по обезвреживанию и размещению отходов I–IV класса опасности (лицензия от 31.07.2012 № 077 187, выданная Федеральной службой по надзору в сфере природопользования, действующая бессрочно);

- на осуществление деятельности по обезвреживанию и размещению отходов I–IV класса опасности (лицензия от 31.07.2012 № 077 188, выданная Федеральной службой по надзору в сфере природопользования, действующая бессрочно);

- на осуществление погрузочно-разгрузочной деятельности применительно к опасным грузам на железнодорожном транспорте (лицензия от 10.12.2012 серия ПРД № 7706164, выдана Федеральной службой по надзору в сфере транспорта Министерства транспорта Российской Федерации, действующая бессрочно);

- на осуществление деятельности в области использования источников ионизирующего излучения (генерирующих) (за исключением случая, если эти источники используются в медицинской деятельности) (лицензия от 13.08.2013 № 77.99.15.002.Л.000062.08.13, выдана Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, действующая бессрочно);

- на проведение работ с использованием сведений, составляющих государственную тайну (лицензия от 29.06.2012 № 903, выдана 8 управлением генерального штаба ВС РФ, действующая до 16 ноября 2016 года);

- на пользование недрами (лицензии выданы региональными управлениями Федеральной службы по недропользованию для каждого объекта по уничтожению химического оружия).

Для эксплуатации объектов уничтожения химического оружия в рамках законодатель-

ного поля, качественного и количественного отслеживания наличия вредных химических примесей в окружающей среде района расположения Объекта разработаны, согласованы и при необходимости постоянно корректируются установленным порядком нормативные и иные документы [11–13]:

- разрешение на выброс вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух для административно-хозяйственной зоны;

- разрешение на выброс вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух для промышленной зоны;

- разрешение на сброс загрязняющих веществ в окружающую среду (водные объекты);

- лицензия на право пользования недрами (добыча подземных вод для питьевого, хозяйственно-бытового водоснабжения);

- решение о предоставлении водного объекта в пользование;

- лицензия на право пользования поверхностными водными объектами;

- санитарно-эпидемиологическое заключение (проект нормативов предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (административно-хозяйственная зона);

- санитарно-эпидемиологическое заключение (проект нормативов предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (промышленная зона)»;

- санитарно-эпидемиологическое заключение (проект нормативов допустимого сброса (НДС) веществ и микроорганизмов);

- санитарно-эпидемиологическое заключение (регламент производственного аналитического контроля и мониторинга окружающей среды на Объекте);

- санитарно-эпидемиологическое заключение (проект зон санитарной охраны водозаборной скважины);

- документ об утверждении нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (административно-хозяйственная территория);

- документ об утверждении нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (зона международных инспекторов);

- документ об утверждении нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (техническая территория);

- документ об утверждении нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (промышленная зона);

- проект нормативов предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (промышленная зона);

- проект нормативов предельно допустимых выбросов (административно-хозяйственная территория);

- проект нормативов допустимого сброса (НДС) веществ и микроорганизмов в водные объекты;

- проект нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (ПНООЛР) (административно-хозяйственная территория);

- проект нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (ПНООЛР) (зона международных инспекций);

- проект нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (ПНООЛР) (техническая территория);

- проект нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (ПНООЛР) промзоны;

- материалы обоснования класса опасности отхода для объекта;

- регламент производственного экологического контроля Объекта (промышленная зона);

- экологический паспорт природопользователя Объекта;

- положение о производственном экологическом контроле;

- инвентаризация источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу;

- договор (демеркуризация ртутных ламп);

- договор (утилизация отработанных масел);

- договор (утилизация ТБО методом высокотемпературного сжигания);

- договор (утилизация отработанных свинцовых аккумуляторов);

- договор (утилизация твёрдых бытовых отходов).

К настоящему времени в России и за рубежом создано множество химических производств, на которых действуют системы обеспечения безопасности. На многих из них эффективно функционируют системы управления химической безопасностью, поэтому формирование системы комплексной безопасности Объектов базировалось на уже имеющемся отечественном и зарубежном опыте.

При создании систем химической, экологической безопасности уничтожения ХО в Российской Федерации в соответствии с федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании» реализованы основные принципы технического регулирования:

- применение единых правил установления требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации;

- применение единой системы и правил аккредитации;

- единство правил и методов исследований (испытаний) и измерений при проведении процедур обязательной оценки соответствия.

Это позволяет оценить функционирование комплекса по требованиям национальных и международных стандартов.

При создании комплекса обеспечения химической, экологической безопасности был решён ряд фундаментальных задач, начиная от создания нормативно-методической базы процессов хранения и уничтожения ХО, функционирования систем производственного, санитарно-гигиенического и экологического контроля и мониторинга и заканчивая разработкой специального метрологического обеспечения, включая создание и аккредитацию на техническую компетентность сети аналитических лабораторий, разработку и аттестацию методик измерений содержания ОБ и других загрязнителей, разработку и создание государственных стандартных образцов состава токсичных химикатов, разработку, изготовление и сертификацию различных типов автоматических средств газоаналитического контроля состояния производственной среды Объектов, разработку инструкций и методических указаний по охране труда и ОС на Объектах [11–13].

Для эффективного проведения всех видов контроля и мониторинга разработаны и утверждены главным санитарным врачом РФ гигиенические нормативы (стандарты безопасности) содержания ОБ и других контролируемых веществ в объектах ОС (атмосферный воздух, вода водоёмов, почва), а также в воздухе производственных помещений и на поверхностях технологического оборудования, средствах защиты и коже.

Концепция метрологического обеспечения уничтожения ХО в Российской Федерации разработана межведомственной группой специалистов-участников Программы и утверждена приказом Госстандарта России от 11 марта 2001 г. № 78.

К моменту введения в действие Программы нормативно-методическая и техническая база в области метрологического обеспечения уничтожения ХО не удовлетворяла предъявляемым требованиям, и её развитие являлось проблемой, требующей решения с использованием совре-

менных достижений науки и техники. При этом в первую очередь в целях формирования основы обеспечения единства измерений необходимо было провести ряд работ, таких, как:

- разработка нормативных документов, правил и мероприятий в целях обеспечения единства и требуемой точности количественного химического анализа ОБ и продуктов их деструкции;

- создание государственных стандартных образцов ТХ и контролируемых продуктов их деструкции, их аттестация и внедрение;

- обоснование единых методических подходов к приготовлению аттестованных смесей, градуировочных растворов и рабочих проб;

- разработка, метрологическая экспертиза и аттестация методов измерения (МИ) содержания ОБ и других контролируемых веществ в различных средах;

- создание и аккредитация на техническую компетентность и независимость специализированных аналитических лабораторий для проведения количественного химического анализа ОБ, продуктов их деструкции и других контролируемых веществ.

Организационную и техническую основу комплекса составляют развитые системы контроля и мониторинга, базирующиеся на проведении многочисленных измерений физико-химических параметров, характеризующих состояние ОС и обеспечивающих оценку состояния здоровья персонала на объектах по хранению и уничтожению ХО, а также граждан, проживающих и работающих в зонах влияния этих Объектов.

Уничтожение ХО в настоящее время ведётся на Объектах в пос. Мирный Кировской области, пос. Леонидовка Пензенской области, г. Щучье Курганской области, г. Почеп Брянской области. Уничтожение промышленных отходов проводится на Объекте в г. Камбарка Удмуртской Республики. Кроме того, ведётся строительство Объекта в пос. Кизнер Удмуртской Республики. Сведения о количестве уничтоженного ОБ на объектах представлены в таблице.

В настоящее время все введённые в эксплуатацию объекты уничтожения химического оружия работают в штатном режиме. Ни в одной пробе, отобранной из внешней среды в пределах промплощадок, санитарно-защитных зон, зон защитных мероприятий обоих Объектов, превышений гигиенических нормативов не зарегистрировано, что подтверждает правильность технических, технологических и проектных решений, положенных в основу строительства Объектов, а также надёжное функционирование их научно-технических комплексов обеспечения безопасности для персонала Объектов, населения, проживающего в районе расположения Объектов и ОС.

Вопросы безопасности хранения и уничтожения ХО постоянно находятся в поле зрения Президента Российской Федерации, Правительства Российской Федерации, Совета Безопасности, соответствующих контрольных и надзорных органов всех уровней, других федеральных, региональных и местных органов власти.

Таблица

Сведения о количестве уничтоженного ОБ по состоянию на 1 сентября 2013 г. (по данным ОЗХО), тонн

Объект	Тип ОБ		Количество ОБ до начала уничтожения	Количество уничтоженного ОБ	Количество оставшегося ОБ	Доля уничтоженного ОБ, %
«Горный»	КНОВ*	Иприт, люизит, ипритно-люизитные смеси	1143,202	1143,202	0	100
«Камбарка»	КНОВ	Люизит	6349	6349	0	100
«Щучье»	ФОВ**	Ви-икс, Ви-икс вязкий, зарин, зоман	5456,55	4596,28	860,27	84,2
«Марадыковский»	ФОВ	Ви-икс, зарин, зоман, зоман вязкий,	6890,14	6766,79	123,35	98,2
«Почеп»	ФОВ	Ви-икс, зарин, зоман, зоман вязкий	7498,155	4762,04	2736,115	63,5
«Леонидовка»	ФОВ	Ви-икс, зарин, зоман, зоман вязкий	6884,797	6844,22	40,577	99,4
«Кизнер»	ФОВ	Ви-икс, зарин, зоман	5744,742	0	5744,742	0
Всего:			39966,586	30461,532	9505,054	76,2

Примечание: *КНОВ – кожно-нарывные отравляющие вещества; **ФОВ – фосфорорганические отравляющие вещества.

Литература

1. Химическое разоружение: природа, человек, право // Сб. нормат. актов / Сост.: В.Н. Яковлев, С.Д. Бунтов и др. Ижевск: Детективинформ, 1999. 844 с.
2. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Постановление Правительства РФ от 21.07.1997 № 116-ФЗ.
3. Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха». Постановление Правительства РФ от 4.05.1999. № 96-ФЗ.
4. Федеральный закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера». Постановление Правительства от 21.12.1994. № 68-ФЗ.
5. Федеральный закон «Об охране окружающей среды». № 7-ФЗ от 10 января 2002 г.
6. Федеральный закон «Об экологической экспертизе». № 174-ФЗ, 1995 с изм. От 15 апреля 1998 г.
7. Федеральный закон «О ратификации Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении» // Собрание законодательства РФ. 1997. 5 ноября.
8. Федеральный закон «Об уничтожении химического оружия» // Сборник законодательства РФ. 1997. № 18. 5 мая.
9. Федеральный закон «О техническом регулировании». 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ.
10. Федеральный закон «О социальной защите граждан, занятых на работах с химическим оружием» 7 ноября 2000 г. № 136-ФЗ.
11. Калинина Н.И. О нормативно-правовом обеспечении процесса уничтожения химического оружия // Федеральные и региональные проблемы уничтожения химического оружия. М.: ВИНТИ, 1999. С. 15–23.
12. Калинина Н.И. Комментарии к Федеральной целевой программе «Уничтожение запасов химического оружия в РФ» в новой редакции // Федеральные и региональные проблемы уничтожения химического оружия. М.: ВИНТИ, 2003. Вып. 3. С. 36–52.
13. Калинина Н.И. Вопросы социальной защиты в процессе химического разоружения // Федеральные и региональные проблемы уничтожения химического оружия. М.: ВИНТИ, 2003. Вып. 4. С. 31–51.

УДК 57.083.3

Потенцирующий синергизм ксенобиотиков – как негативный фактор в системе обеспечения безопасности экологии

© 2013. Э. Т. Гайнуллина¹, д.х.н., с.н.с., Д. К. Гуликова², с.н.с., С. В. Керко², н.с., В. Н. Фатеенков¹, к.х.н., начальник отдела, ¹27 научный центр Министерства обороны Российской Федерации, ²Научно-исследовательский центр Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия, e-mail: fubhuho@yandex.ru

В данном обзоре приведены примеры проявления потенцирующего синергизма соединениями антихолинэстеразного действия, а также механизма, по которому достигается увеличение скорости их взаимодействия с ацетилхолинэстеразой. Также рассматривается перспективность использования феномена синергизма для модификации ферментативного метода определения ингибиторов холинэстеразы.

In the given review examples of display of potentiation synergism by some anticholinesterase active compounds, and also the mechanism, on which the increase in speed of their interaction with acetylcholinesterase is reached, are considered. Also perspectivity of use of a synergism phenomenon for updating an enzymatic method of definition cholinesterase inhibitors assay is considered.

Ключевые слова: синергизм, ксенобиотики, ингибиторы, холинэстераза

Keywords: synergism, xenobiotics, inhibitors, cholinesterase

Понятие синергизм (от греч. *synergos* – вместе действующий) представляет собой взаимодействие двух или более факторов, характеризующееся тем, что их действие существенно превосходит эффект каждого отдельного компонента в виде их простой суммы [1]. В химии синергистами называют вещества, действующие таким образом, что активность их смеси превышает сумму активностей компонентов [2].

С древних времён известно проявление синергизма биологически активными соединениями. Например, при составлении лечебных сборов из трав наши предки учитывали, какие из них усиливают терапевтические свойства друг друга. В настоящее время в аннотации к любому лекарственному препарату указывается его совместимость с другими лекарственными препаратами. Особенно важно учитывать синергизм лекарственных препаратов, кото-

рые необходимо принимать пожизненно, например, для пациентов, страдающих болезнью Альцгеймера.

Известны случаи, когда совместный эффект ксенобиотиков существенно ниже суммы эффектов каждого из веществ вплоть до полного устранения эффектов. Классификация синергизма приведена в таблице 1.

Явление синергизма лежит в основе разработки медицинских средств защиты: антидотов и лечебных препаратов при терапии отравлений.

Для решения проблемы загрязнения окружающей среды, прежде всего воды и продуктов сельского хозяйства, необходимо не только использовать чувствительные методы определения конкретных биологически активных соединений, но и учитывать возможность проявления ими потенцирующего синергизма. Потенцирующий синергизм проявляют многие

Таблица 1

Классификация синергизма по [3]

Аддитивный синергизм	Совместный эффект ксенобиотиков А и В равен сумме эффектов каждого из веществ. Вещества имеют либо близкую структуру, либо одинаковый механизм действия
Потенцирующий синергизм	Совместный эффект ксенобиотиков А и В больше суммы эффектов каждого из веществ. Вещества имеют различные механизмы действия
Антагонизм	Совместный эффект ксенобиотиков А и В существенно ниже суммы эффектов каждого из веществ вплоть до полного устранения эффектов

биологически активные соединения, в том числе и фосфорорганические токсиканты.

В данном обзоре рассмотрены примеры проявления потенцирующего синергизма некоторыми соединениями антихолинэстеразного действия и известные из литературных источников механизмы их воздействия на ферменты класса холинэстераз прежде всего с точки зрения перспективности использования феномена синергизма для повышения чувствительности методов определения соединений антихолинэстеразного действия.

В соответствии с «Правилами номенклатуры ферментов», опубликованными в 1972 году Комиссией по номенклатуре биохимических соединений Международного союза теоретической и прикладной химии (IUPAC), холинэстеразы относятся к классу гидролаз. Холинэстеразы, преимущественно гидролизующие ацетилхолин, по номенклатуре ферментов получили название ацетилхолин-ацетилгидролаза (КФ 3.1.1.7). Однако в научной литературе чаще используют его тривиальное название ацетилхолинэстераза. Гидролазы, преимущественно гидролизующие холиновые эфиры других карбоновых кислот (пропионилхолин, бутирилхолин и др.), по номенклатуре ферментов получили название ацилхолин-ацилгидролаза (КФ 3.1.1.8); тривиальное название холинэстераза. В данном обзоре используются тривиальные названия ацетилхолинэстераза (АХЭ) и холинэстераза (ХЭ).

Потенцирующий синергизм соединений антихолинэстеразного действия

В качестве примера следует привести двойное ингибирующее действие *in vitro* экстрактов чая *Camellia sinensis* L. на холинэстеразу (ХЭ) и β -секретазу [4]. Показано, что экстракты зелёного и чёрного чая данного вида ингибировали АХЭ человека на 50% при концентрации 0,03 и 0,06 мг/мл соответственно, а также бутирилхолинэстеразу (БХЭ) человека – на 50% при концентрации 0,05 мг/мл для каждого вида чая. Зелёный чай при конечной концентрации 0,03 мг/мл ингибировал β -секретазу на 38%. Столь высокую ингибирующую способность экстракта чая по отношению к ХЭ и β -секретазе авторы объясняют содержанием в чае биологически активных соединений, являющихся синергистами. Выявленные зависимости авторы [4] предлагают использовать для лечения болезни Альцгеймера, поскольку первичная цель лицензионных лекарств для лечения болезни

Альцгеймера как ингибирование АХЭ, так и защита от амилоидоза.

Антихолинэстеразную активность проявляют многие инсектициды, используемые в сельском хозяйстве, в том числе фосфорорганические инсектициды (ФОИ) и карбаматы. Бесконтрольное применение пестицидов и других биологически активных соединений приводит к серьёзным экологическим последствиям.

Экологические нарушения приводят к реальному содержанию в почве, воде и продуктах сельского хозяйства смесей вместо индивидуальных пестицидов. Известны примеры проявления синергизма ФОИ и карбаматами [5] при совместном воздействии на ХЭ.

Так, исследования *in vivo* на крысах на примере смеси из пяти ФОИ (хлопирифоса, диазинона, диметоата, ацефата и малатиона) показали проявление ими синергизма [5].

Для построения модели аддитивности авторы предварительно исследовали характеристики отклика крыс на дозы индивидуального ФОИ. Оценивали в качестве отклика поведение крыс при воздействии определённых доз индивидуального ФОИ (сердечная деятельность, счёт походки и др.). При воздействии орально летальной дозы оценивали активность АХЭ мозга и крови. Данные исследования были статистически оценены для построения модели аддитивности. Построенная модель аддитивности использовалась для предсказания эффекта воздействия смеси ФОИ на подопытных крыс в интервалах концентраций 10–450 мг/кг и 1,75–78,8 мг/кг. Аналогично была построена модель аддитивности для опытных смесей ФОИ с целью сравнения с полученной ранее моделью для индивидуального ФОИ. Анализ модели аддитивности смеси из пяти ФОС показал существенное отклонение от аддитивности для всех откликов. Так, потенцирующий синергизм наблюдался и при более низких дозах в смеси из ФОИ, которые при индивидуальном воздействии вовсе не влияли на отклик крысы. Кроме того, эффективные дозы ФОИ (LD_{20} , LD_{50}) для АХЭ мозга и сердечной деятельности составляли приблизительно половину той, которая предсказана моделью аддитивности [5].

Проявление синергизма ФОИ установлено *in vivo* и по отношению к рыбе *Gambusia yucatanana* [6]. В указанной работе представлены результаты исследования влияния в естественных условиях коммерческих ФОИ хлорпирифоса, карбофурана и глифосата на ХЭ, глута-

тион S-трансферазу и лактат дегидрогиназу рыбы *G. yucatanana*, выбранных в качестве биомаркеров. На первой стадии изучения активности ХЭ головы и мышцы с использованием различных субстратов тиохолиновых эфиров карбоновых кислот, а также ряда селективных ингибиторов было установлено, что в голове и мышцах *G. yucatanana* главным образом содержится АХЭ. Рыбу подвергали воздействию как индивидуальными ФОИ (хлорпирифосом и глифосатом), так и их смесью. Установлено проявление потенцирующего синергизма смесью хлорпирифоса и глифосата по отношению к *G. yucatanana*. Механизм этого феномена авторами работы не предложен.

Высокую чувствительность ХЭ рыбы *G. yucatanana* предложено использовать в качестве биомаркера для диагностики наличия в воде пестицидов, обладающих антихолинэстеразным действием [6].

Потенцирующий синергизм некоторых фосфорорганических пестицидов и карбаматами установлен по отношению к АХЭ насекомых, в частности к АХЭ моли дикого яблока [7].

Известны примеры проявления синергизма ФОИ и по отношению к человеку. Так, совместное воздействие хлорпирифоса и никотина ведёт к патологии для ребёнка в утробе матери [8].

Существенное проявление синергизма фосфорорганическими соединениями антихолинэстеразного действия установлено в присутствии некоторых гетероциклических соединений [9, 10]. Так, усиление синергического влияния на скорость взаимодействия АХЭ с ФОИ достигается в присутствии обратимых ингибиторов d-тубокурарина и галламина [10].

В таблице 2 приведены результаты исследования влияния ряда гетероциклических обратимых ингибиторов на скорость взаимодействия АХЭ мыши с О,О-диэтил-О-(4-нитрофенил) фосфатом (параоксоном) [10].

Из представленных в таблице 2 данных следует, что наибольшее увеличение скорости

взаимодействия АХЭ с параоксоном более чем на порядок наблюдается в присутствии d-тубокурарина.

Механизм проявления синергизма ФОИ параоксоном в присутствии обратимых ингибиторов, приведённых в таблице 2, установлен на основе современных представлений о структуре активного центра АХЭ.

Исследованиями методом рентгеноструктурного анализа ацетилхолинэстераз из ряда природных источников показано, что активный центр (АЦ) расположен на внутренней поверхности глобулы фермента в канале глубиной примерно 20 Å. Каталитический гидролиз субстрата ацетилхолина (АХ) осуществляется с участием каталитической триады His-447, Glu-334, Ser-203 (для млекопитающих), расположенной на «дне» АЦ. Каталитическая триада окружена структурными участками полипептидной цепи АЦ, важными для каталитической активности: это участок ацилирования (А-участок), в его состав входят аминокислотные остатки Phe-295, Phe-297, Phe-338, и участок связывания триметиламиногруппы АХ (Trp-86 и Tyr-337) [11, 12]. У входа в АЦ на расстоянии 12–15 Å от каталитической триады расположен аллостерический участок. Этот участок упоминается в литературе как анионный периферический участок (Р-участок) [12]. Р-участок вносит вклад в каталитическую эффективность фермента кратковременным селективным связыванием субстрата на его пути к А-участку, в котором осуществляется биокатализ гидролиза АХ с участием каталитической триады His-447, Glu-334, Ser-203 [12].

В основе необратимого ингибирования холинэстераз фосфорорганическими токсикантами лежит реакция фосфорилирования гидроксильной группы Ser каталитической триады АЦ по механизму нуклеофильного замещения у атома фосфора фосфорильной группы молекулы ингибитора, что приводит к разрушению каталитической триады и потере ферментом каталитической активности к субстрату [11, 12].

Таблица 2

Значения отношения констант скорости первого порядка ингибирования АХЭ мыши параоксоном в присутствии (k_A) и отсутствии (k) гетероциклического обратимого ингибитора [10]

Название гетероциклического соединения	k _A /k
d-Тубокурарин	12,8
Галламин	4,0
Пропидиум	2,5
Атропин	1,0

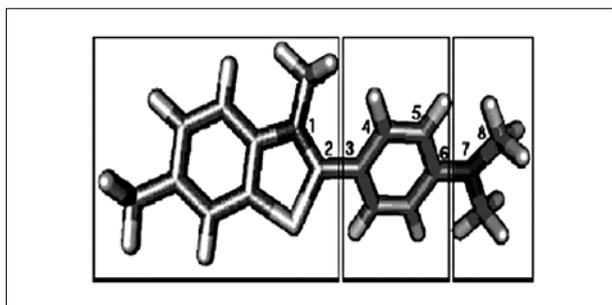


Рис. 1. Структурная формула тиюфлавина Т [14]

И конкурентные фосфорорганические ингибиторы, и обратимые ингибиторы специфично связываются на первом этапе с Р-участком с образованием соответствующих комплексов с последующим перемещением необратимых ингибиторов к А-участку. Следовательно, конкурентные фосфорорганические ингибиторы и обратимые ингибиторы, специфично связывающиеся с Р-участком, взаимодействуют с АХЭ по различным механизмам. И именно в их совместном присутствии в Р-участке следует ожидать проявление синергизма по отношению к АХЭ.

Таким образом, данные об увеличении скорости ингибирования АХЭ мыши параксоном в присутствии обратимых ингибиторов, приведённых в таблице 2, согласуются с данными о потенцирующем синергизме из ранее приведённой классификации синергизма.

Для объяснения механизма проявления синергизма ФОИ в присутствии гетероциклических ингибиторов, представленных в таблице 2, предложена гипотеза, согласно которой их связывание с Р-участком ведёт к изменению конформации каталитического участка АХЭ, что, в свою очередь, ведёт к увеличению скорости фосфорилирования Ser-203 каталитической триады [10]. Изменение конформации, в частности, проявляется через ориентацию уходящей группы ФОИ в его комплексе с АХЭ, благоприятную для её гидролиза. Данная гипотеза предусматривает конформационное взаимодействие между А-участком активного центра и Р-участком АХЭ [10].

С целью подтверждения данной гипотезы проведены исследования с применением метода флуоресцентного зондирования активного центра рекомбинантной АХЭ эритроцитов человека. В качестве флуоресцентного зонда использовали обратимый флуорогенный ингибитор тиюфлавин Т (ТНТ), интенсивность флуоресценции которого возрастает более чем в 1000 раз на длине волны 490 нм при возбуждении длиной волны 448 нм в результате свя-

зывания с Р-участком АХЭ [13]. Структурная формула ТНТ представлена на рисунке 1.

ТНТ относится к группе индикаторов «молекулярные роторы». Интенсивность флуоресценции индикаторов «молекулярные роторы» зависит от полярности растворителя: с увеличением его полярности интенсивность флуоресценции возрастает, что объясняется снижением торсионной подвижности в средах с высокой полярностью в результате сольватации молекулы [14].

Увеличение интенсивности флуоресценции ТНТ при связывании с Р-участком активного центра АХЭ можно объяснить замедлением взаимного вращения бензотиазольного и аминокбензольного колец относительно друг друга в молекуле ТНТ вокруг оси, обозначенной на рисунке 2 цифрами 2–3 и 6–7, в результате комплементарного соответствия функциональных групп ТНТ и полипептида Р-участка АХЭ. При этом достигается планарность молекулы ТНТ, фиксируется система сопряжённых связей и достигается повышение интенсивности флуоресценции [13].

При добавлении хлорида этил-(3-гидроксибензил)диметиламмония (ЭД), селективно взаимодействующего с А-участком, к раствору комплекса АХЭ с ТНТ наблюдается существенное снижение интенсивности флуоресценции. Например, при концентрации ЭД 1 мкМ интенсивность флуоресценции раствора, содержащего АХЭ (182±20 нМ) и ТНТ (1 мкМ), интенсивность флуоресценции снижается на 58%. При этом ЭД селективно связывается с А-участком с образованием тройного комплекса [13].

Снижение интенсивности флуоресценции комплекса АХЭ с ТНТ в присутствии ЭД, очевидно, обусловлено увеличением торсионной подвижности связанной молекулы ТНТ, что можно объяснить изменением локальной конформации Р-участка [13].

Предложенное объяснение механизма потенцирующего синергизма, проявляющегося в существенном увеличении скорости фосфорилирования АХЭ в присутствии гетероциклических обратимых ингибиторов d-тубокурарина и галламина [10], подтверждается результатами рентгеноструктурных исследований комплекса ТНТ с АХЭ рыбы *Torpedo californica* [15]. На рисунке 2 приведён кадр распределения электронной плотности в комплексе ТНТ-АХЭ.

Из приведённого кадра видно, что молекула ТНТ планарна и расположена в пределах Р-участка, осуществляя несвязывающее взаимодействие с ароматическими участками

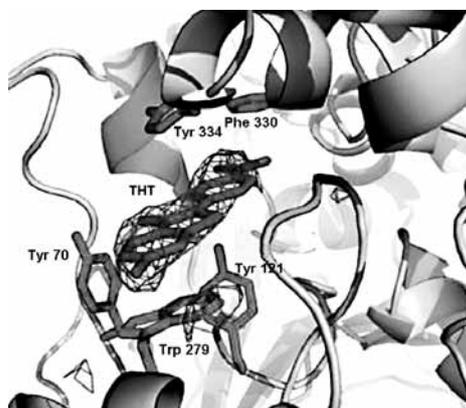


Рис. 2. Кадр распределения электронной плотности в двойном комплексе ТНТ-АХЭ [15]

полипептидной цепи активного центра АХЭ. Все участки полипептидной цепи комплекса ТНТ-АХЭ соответствуют их конфигурации активного центра в природном ферменте в отсутствие ТНТ, и молекула последнего занимает пространство в пределах АЦ, которое ранее было занято четырьмя молекулами воды [15]. При этом бензтиазольное кольцо ТНТ расположено напротив Trp-279, а диметиламинофенильное кольцо практически планарно фенильной группе Phe-330 и расположено от него на расстоянии 3,5 Å. Также имеют место взаимодействия диметиламинофенильного кольца ТНТ с Tyr-121 на расстоянии 3,2 Å и взаимодействие бензтиазольного кольца ТНТ с Tyr-70 и Tyr-334 на расстоянии 3,4 и 3,7 Å соответственно. Именно достижение такой устойчивой планарности и обеспечивает столь высокую интенсивность флуоресценции комплекса ТНТ-АХЭ.

На рисунке 3 представлен кадр распределения электронной плотности в тройном комплексе ТНТ-АХЭ-ЭД [15].

Если участок полипептидной цепи фермента, в который включён Phe-330, в комплексе ТНТ-АХЭ аналогичен конформации в природной АХЭ и планарен с диметиламинофенильной группой ТНТ, то Phe-330 в структуре тройного комплекса ТНТ-АХЭ-ЭД повернут примерно на 115° от позиции в природном ферменте. Как видно из рисунка 3, такая позиция Phe-330 создавала бы его столкновение с ближайшим кольцом ТНТ, если бы последний занимал ту же позицию, что и в комплексе ТНТ-АХЭ. Следовательно, фенильное кольцо Phe-330 не может занять ту же позицию в предполагаемом тройном комплексе ТНТ-АХЭ-ЭД и должно вращаться. Это вращение может разрешить некоторую релаксацию строгой планарности ароматических

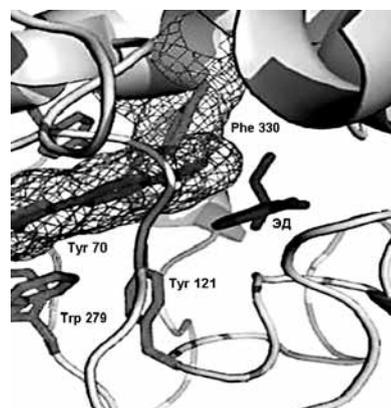


Рис. 3. Кадр распределения электронной плотности в тройном комплексе ТНТ-АХЭ-ЭД [15]

колец связанного ТНТ, что и приводит к частичному тушению флуоресценции ТНТ в составе комплекса ТНТ-АХЭ-ЭД. Следовательно, ключевую роль в тушении флуоресценции комплекса ТНТ-АХЭ в присутствии лиганда, связывающегося с А-участком, играет остаток Phe-330, вовлечённый во взаимодействие ТНТ с АХЭ [15].

Таким образом, приведённые рентгеноструктурные исследования подтверждают механизм синергического действия приведённых выше гетероциклических обратимых ингибиторов на скорость ацилирования Ser 203 активного центра АХЭ, предусматривающий взаимное конформационное взаимодействие А-участка активного центра и Р-участка фермента.

Результаты анализа литературных данных синергизма ксенобиотиков использованы для разработки и предложения экспресс-способа определения активности АХЭ эритроцитов крови человека на основе увеличения интенсивности флуоресценции ТНТ в присутствии этого фермента [16], а также высокочувствительного способа определения фосфорорганических токсикантов на основе синергического эффекта влияния галламина на скорость фосфорилирования ацетилхолинэстеразы [16].

Заключение

На производстве, в быту или в природных условиях на человека, как правило, одновременно действует большое количество химических веществ. Поскольку существует явление синергизма, практически никогда эффект такого действия не является простой суммой эффектов, наблюдаемых при изолированном воздействии каждого из токсикантов в отдельности. Это существенно затрудняет нормирование химических воздействий (определение

ПДК и т.д.) и вообще снижает ценность токсиметрических данных, полученных применительно к одному токсиканту, для принятия экспертных решений. Явление синергизма – одна из основных причин значительной неопределённости суждений при оценке риска, связанного с действием вредных факторов на организм, популяцию, экосистему [3].

Таким образом, анализ литературных данных о проявлении синергизма многими биологически активными соединениями позволяет сделать заключение о том, что потенцирующий синергизм ксенобиотиков является негативным фактором в системе обеспечения безопасности окружающей среды.

Литература

1. Советский энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1990. 1632 с.
2. Химический энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1983. 791 с.
3. Куценко С.А. Основы токсикологии. Санкт-Петербург. 2002. 119 с.
4. Okello E.J., Savelev S.U., Perry E.K. In vitro anti-beta-secretase and dual anti – cholinesterase activities of *Camellia sinensis* L. (tea) relevant to treatment of dementia // *Phytother Res.* 2004. V. 18. C. 624–627.
5. Moser V.C., Casey M., Hamm A., Carter W.H.Jr., Simmons J.E., Gennings C. Neurotoxicological and statistical analyses of a mixture of five organophosphorus pesticides using a ray design // *Toxicol. Sci.* 2005. V. 86. C. 101–115.
6. Rend n-von Osten J., Ort z-Arana A., Guilhermino L., Soares A.M. In vivo evaluation of three biomarkers in the mosquitofish (*Gambusia yucatanana*) exposed to pesticides // *Chemosphere.* 2005. V. 58. C. 627–636.
7. Cohen H. and E. Evaluation of mechanisms of azinphos-methyl resistance in the codling moth *Cydia pomonella* (L.) // *Arch. Insect Biochem.* 2004. V. 57. C. 92–100.
8. Abdel-Rahman A., Dechkovskaia A.M., Mehta-Simmons H., Sutton J.M., Guan X., Khan W.A., Abou-Donia M.B. Maternal exposure to nicotine and chlorpyrifos, alone and in combination, leads to persistently elevated expression of glial fibrillary acidic protein in the cerebellum of the offspring in late puberty // *Arch. Toxicol.* 2004. V. 78. C. 467–476.
9. Mallender W.D., Szegletes T., Rosenberry T. L. Organophosphorylation of Acetylcholinesterase in the Presence of Peripheral Site Ligands // *J. Biol. Chem.* 1999. V. 274. C. 8491–8499.
10. Radic Z. Taylor P. The influence of peripheral site ligands on the reaction of symmetric and chiral organophosphates with wildtype and mutant acetylcholinesterases // *Chemico-biological interac.* 1999. V. 119–120. C. 111–117.
11. Hornberg A., Tunemalm A., Ekstrom F. Crystal structures of acetylcholinesterase in complex with organophosphorus compounds suggest that the acyl pocket modulates the aging reaction by precluding the formation of the trigonal bipyramidal transition state // *Biochem.* 2007. V. 46. C. 4815–4825.
12. Rosenberry T.L., Johnson J.L., Cusack B., Thomas J.L., Emani S., Venkatasubban K.S. Interaction between the peripheral site and the acylation site in acetylcholinesterase // *Chem. Biol. Interact.* 2005. V. 157–158. C. 181–189.
13. De Ferrari G.V., Mallender W.D., Inestrosa N.C., Rosenberry T.L. Thioflavin T is a fluorescent probe of the acetylcholinesterase peripheral site that reveals conformational interactions between the peripheral and acylation sites // *J. Biol. Chem.* 2001. V. 276. C. 23282–23287.
14. Maskevich A.A., Stsiapura V.I., Kuzmitsky V.A., Kuznetsova I.V., Uversky V.N., Turoverov K.K. Spectral properties of thioflavin T in solvents with different dielectric properties and in a fibril-incorporated form // *J. of proteome research.* 2007. V. 6. C. 1392–1401.
15. Harel M., Sonoda L.K., Silman I., Sussman J.L., Rosenberry T.L. Crystal structure of thioflavin T bound to the peripheral site of *Torpedo californica* acetylcholinesterase reveals how thioflavin T acts as a sensitive fluorescent reporter of ligand binding to the acylation site // *J. Am. Chem. Soc.* 2008. V. 130. C.7856–7861.
16. Антохин А.М., Гайнуллина Э.Т., Таранченко В.Ф., Яваева Д.К. Перспективы разработки экспресс-метода определения фосфорорганических отравляющих веществ // Научно-технические аспекты обеспечения безопасности при уничтожении, хранении и транспортировке химического оружия: Материалы четвёртой научно-практической конференции. 2008. С. 207–213.

УДК 623. 459.8.006.014

Многоуровневая система производственного экологического контроля и мониторинга при уничтожении запасов химического оружия в Российской Федерации

© 2013. В. И. Холстов¹, д.х.н., директор, О. Ю. Растегаев², д.х.н., зам. директора, Т. Я. Ашихмина^{3,4}, д.т.н., научный руководитель, зав. лабораторией,

¹Департамент реализации конвенционных обязательств Министерства промышленности и торговли Российской Федерации,

²Государственный научно-исследовательский институт промышленной экологии,

³Региональный центр государственного экологического контроля и мониторинга по Кировской области,

⁴Лаборатория биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и Вятского государственного гуманитарного университета, e-mail: ecolab2@gmail.com

В статье содержится материал о структуре, формах организации, содержании многоуровневой системы производственного экологического контроля и мониторинга на объектах уничтожения химического оружия. Приведены данные по организации систем контроля и мониторинга на всех действующих объектах РФ.

The article contains material on the structure, organization forms, and content of multilevel industrial environmental control and monitoring at chemical weapons decommission plants. The data on the organization of control and monitoring systems at all the existing facilities of the Russian Federation is given.

Ключевые слова: производственный контроль и мониторинг, система государственного экологического мониторинга, объект уничтожения химического оружия

Keywords: production control and monitoring, state environmental monitoring system, chemical weapons decommission plant

На каждом российском объекте уничтожения химического оружия (Объект) создана система производственного экологического мониторинга (ПЭМ), которая является ключевым элементом в общей системе обеспечения химической безопасности функционирования Объекта [1–8].

Система ПЭМ выполняет следующие задачи:

- обеспечение аварийного (автоматического) контроля воздуха рабочей и промышленной зон объекта по уничтожению химического оружия (ХО) с возможностью определения концентраций отравляющих веществ (ОВ) на уровне 100-1000 ПДК_{р.з.} и оповещение о появлении таких концентраций;

- обеспечение санитарно-гигиенических норм труда работающего персонала путём непрерывного автоматического контроля воздуха рабочей и промышленной зон Объекта на уровне ПДК отравляющих веществ (1 ПДК_{р.з.}) и оповещение о появлении таких концентраций;

- обеспечение санитарно-гигиенических норм труда работающего персонала путём

определения заражённости поверхностей технологического оборудования на уровне предельно допустимых плотностей заражения ОВ;

- обеспечение соответствия Объекта требованиям экологических и гигиенических нормативов путём определения ПДК отравляющих веществ и нормируемых веществ (продуктов детоксикации ОВ и общепромышленных загрязнителей) в воздухе санитарно-защитной зоны (СЗЗ) и зоны защитных мероприятий (ЗЗМ) путём ежедневного отбора проб, с последующим их анализом в химико-аналитической лаборатории мониторинга окружающей среды (ХАЛ МОС);

- химико-аналитическое обеспечение контроля параметров технологического процесса уничтожения ХО (анализ промежуточных продуктов технологического процесса, входной контроль (анализ) используемого сырья, выходной контроль (анализ) продуктов детоксикации ОВ и сточных вод) осуществляется технологической лабораторией и лабораторией контроля безопасности производства Объекта;

– обработка, систематизация и протоколирование полученной информации, прогноз изменения химической обстановки на Объекте; передача этой информации в заинтересованные инстанции (органы исполнительной власти субъекта Российской Федерации, такие, как Росприроднадзор, Роспотребнадзор, Ростехнадзор, Росгидромет, правительство субъекта Российской Федерации и другие учреждения, уполномоченные в сфере экологического контроля) осуществляется по факсу ежедневно.

Основные элементы системы ПЭМ:

- информационно-аналитический центр (ИАЦ) системы ПЭМ;
- ХАЛ Объекта, оснащённая высокочувствительными и специфичными отечественными и зарубежными химико-аналитическими приборами и оборудованием;
- ХАЛ МОС, оснащённая высокочувствительными и специфичными отечественными и зарубежными химико-аналитическими приборами и оборудованием;
- передвижные лаборатории контроля воздушной среды;
- передвижные лаборатории контроля воды и почвы;
- стационарные посты контроля воздушной среды;
- пробоотборные машины;
- автоматические газоанализаторы и сигнализаторы ОВ;
- стационарные пробоотборные устройства;
- тест-наборы;
- анализаторы-течеискатели;
- индикаторы локальной заражённости;
- автоматизированная система отбора и транспортировки проб («Пневмопочта»);
- сеть подземных скважин;
- сеть площадок для проведения биомониторинга.

К подсистемам производственного экологического контроля и мониторинга Объекта относятся:

- подсистема мониторинга технологического процесса;
- подсистема мониторинга рабочей и промышленной зон Объекта;
- подсистема мониторинга СЗЗ;
- наблюдения за метеорологической обстановкой;
- подсистема мониторинга за пределами СЗЗ, но в пределах ЗЗМ;
- подсистема наблюдения за подземными и грунтовыми водами;
- подсистема мониторинга животного и растительного мира;

– подсистема сбора, хранения, анализа, обработки информации о состоянии ОС в районе расположения Объекта;

– подсистема прогнозирования, поддержки и принятия управленческих решений на Объекте.

Данные подсистемы позволяют осуществлять:

- производственный контроль санитарно-гигиенических нормативов рабочей зоны и на промышленной площадке, а также в СЗЗ и ЗЗМ;
- экологический контроль за соблюдением нормативов, установленных для данного Объекта;
- непрерывный мониторинг состояния атмосферного воздуха с помощью автоматического стационарного поста контроля (АСПК), установленных в населённых пунктах ЗЗМ. Отслеживанию подлежат ОВ, продукты детоксикации и общепромышленные загрязнители;
- периодический контроль загрязнителей с помощью технических средств передвижных лабораторий в зоне, попадающей под техногенное влияние объекта;
- сбор и представление соответствующим службам Объекта информации о результатах определения ЗВ в атмосферном воздухе, воде и почве, проводимых с помощью технических средств системы;
- представление по соответствующим формам и регламентам информации надзорным органам;
- оперативную поддержку принятия руководством Объекта решений при возникновении ЧС;
- обеспечение предупреждения возникновения аварийных ситуаций и ликвидации их последствий;
- оценку эффективности и достаточности мероприятий, направленных на минимизацию выбросов и сбросов в ОС.

Система производственного экологического мониторинга представляет собой многоуровневую систему наблюдений, с учётом особенностей каждого объекта [1, 4, 7–14].

На Объекте «Горный» в пос. Горный Саратовской области на первом уровне осуществляется контроль воздуха рабочей зоны посредством автоматических газоанализаторов санитарно-гигиенического и аварийного контроля, а именно КАСКАД в количестве 32 шт. (96 измерений в сутки каждый), ГАИ-1 в количестве 56 шт. (86400 измерений в сутки каждый), что позволяло выполнять ежедневно более 4,841 млн измерений с дублирова-

нием показателей посредством отбора проб в рабочей зоне (смывов с технологического оборудования, поверхностей и т.д.) специалистами многопрофильной лаборатории. На следующем уровне происходит анализ вентиляционных выбросов с помощью ручного отбора проб с последующим анализом в химико-аналитической лаборатории МОС, здесь же происходит периодический анализ проб почвы, снежного покрова, подземных и грунтовых вод промышленной площадки Объекта. На последующем уровне система контролирует состояние ОС в районе расположения населённых пунктов и в особо неблагоприятных местах ЗЗМ, где с высокой степенью вероятности возможно максимальное загрязнение ОС. На этом уровне осуществляется автоматический контроль состояния атмосферного воздуха с помощью автоматизированных стационарных постов контроля атмосферного воздуха (АСПК) в количестве 3 шт., на каждом из которых находятся автоматические приборы контроля, а именно ГАММА-ЕТ (на контроль СО, СОх) в количестве 1 шт. (2880 измерений в сутки), ЕТ-909 (на контроль NO, NO₂, NOх) в количестве 1 шт. (2880 измерений в сутки), К-100 (на контроль SO₂) в количестве 1 шт. (2880 измерений в сутки), С-310 (на контроль СО₂) в количестве 1 шт. (2880 измерений в сутки), Икар-Мини-2 (на контроль пыли) в количестве 1 шт. (96 измерений в сутки) и периодический отбор проб исследуемых сред с последующим анализом их в ХАЛ МОС.

В период проведения работ по уничтожению химического оружия среднее суточное количество инструментальных анализов ХАЛ Объекта составляло 211, в настоящее время среднее количество проводимых анализов составляет 120. По состоянию на 1 сентября 2013 г. с начала функционирования Объекта автоматическими средствами произведено более 5533 млн измерений, инструментальных анализов ХАЛ Объекта – более 565 400.

На Объекте «Камбарка» в г. Камбарка Удмуртской Республики на первом уровне осуществлялся контроль воздуха рабочей зоны посредством автоматических газоанализаторов санитарно-гигиенического и аварийного контроля, а именно КАСКАД в количестве 30 шт. (96 измерений в сутки каждый), ГАИ-1 в количестве 61 шт. (86400 измерений в сутки каждый), что позволяло выполнять ежедневно более 5 млн измерений с дублированием показателей посредством отбора проб в рабочей зоне (смывов с технологиче-

ского оборудования, поверхностей и т.д.) специалистами многопрофильной лаборатории. На следующем уровне проводился анализ вентиляционных выбросов с помощью ручного отбора проб с последующим анализом в химико-аналитической лаборатории МОС, здесь же выполнялся периодический анализ проб почвы, снежного покрова, подземных и грунтовых вод промышленной площадки Объекта. На последующем уровне система контролировала состояние ОС в районе расположения населённых пунктов и в особо неблагоприятных местах ЗЗМ, где с высокой степенью вероятности возможно максимальное загрязнение ОС. На этом уровне осуществлялся автоматический контроль состояния атмосферного воздуха с помощью автоматизированных стационарных постов контроля атмосферного воздуха (АСПК) в количестве 3 шт., на каждом из которых находятся автоматические приборы контроля, а именно ГАММА-ЕТ (на контроль СО, СОх) в количестве 1 шт. (2880 измерений в сутки), ЕТ-909 (на контроль NO, NO₂, NOх) в количестве 1 шт. (2880 измерений в сутки), К-100 (на контроль SO₂) в количестве 1 шт. (2880 измерений в сутки), С-310 (на контроль СО₂) в количестве 1 шт. (2880 измерений в сутки), ГАНГ (на контроль пыли) в количестве 1 шт. (96 измерений в сутки) и периодический отбор проб исследуемых сред с последующим анализом их в ХАЛ МОС.

В период проведения работ по уничтожению химического оружия среднее суточное количество инструментальных анализов ХАЛ Объекта составляло 220, в настоящее время среднее количество проводимых анализов составляет 125. По состоянию на 1 сентября 2013 г. с начала функционирования Объекта автоматическими средствами произведено более 8009 млн измерений, инструментальных анализов ХАЛ Объекта – более 498 750.

На Объекте «Марадыковский» в пос. Мирный Кировской области на первом уровне осуществляется контроль воздуха рабочей зоны посредством автоматических газоанализаторов санитарно-гигиенического и аварийного контроля, а именно ГСБ-М в количестве 50 шт. (96 измерений в сутки каждый), СИП-100 в количестве 10 шт. (86400 измерений в сутки каждый); что позволяет выполнять ежедневно более 800 тыс. измерений с дублированием показателей посредством отбора проб в рабочей зоне (смывов с технологического оборудования, поверхностей и т.д.) специалистами многопрофильной лаборатории.

На следующем уровне происходит анализ вентиляционных выбросов как с помощью автоматических средств контроля, таких, как MIR-9000 (на контроль NO, NO₂, O₂, HF, CO, SO₂, H₂O) в количестве 2 шт. (86400 измерений в сутки каждый), так и с помощью ручного отбора проб с последующим анализом в химико-аналитической лаборатории МОС, здесь же происходит периодический анализ проб почвы, снежного покрова, подземных и грунтовых вод промышленной площадки Объекта. На последующем уровне система контролирует состояние ОС в районе расположения населённых пунктов и в особо неблагоприятных местах ЗЗМ, где с высокой степенью вероятности возможно максимальное загрязнение ОС. На этом уровне осуществляется автоматический контроль состояния атмосферного воздуха с помощью автоматизированных стационарных постов контроля атмосферного воздуха (АСПК) в количестве 3 шт., на каждом из которых находятся автоматические приборы контроля, а именно ГАММА-ЕТ (на контроль CO, COx) в количестве 1 шт. (2880 измерений в сутки), ЕТ-909 (на контроль NO, NO₂, NOx) в количестве 1 шт. (2880 измерений в сутки), К-100 (на контроль SO₂) в количестве 1 шт. (2880 измерений в сутки), С-310 (на контроль CO₂) в количестве 1 шт. (2880 измерений в сутки), Икар-Мини-2 (на контроль пыли) в количестве 1 шт. (96 измерений в сутки), Терминатор-ФОВ (на контроль специфических загрязнителей) в количестве 1 шт. (96 измерений в сутки) и периодический отбор проб исследуемых сред с последующим анализом их в ХАЛ МОС.

Среднее суточное количество инструментальных анализов ХАЛ Объекта составляет 400. По состоянию на 1 сентября 2013 г. с начала функционирования Объекта автоматическими средствами произведено более 2744 млн измерений, инструментальных анализов ХАЛ Объекта – более 1 020 000.

На Объекте «Леонидовка» в пос. Леонидовка Пензенской области на первом уровне осуществляется контроль воздуха рабочей зоны посредством автоматических газоанализаторов санитарно-гигиенического и аварийного контроля, а именно ГСБ-М в количестве 100 шт. (96 измерений в сутки каждый), СИП-100 в количестве 21 шт. (86400 измерений в сутки каждый); ГАИ-1 в количестве 11 шт. (86400 измерений в сутки каждый), ГАИ-Д1 в количестве 11 шт. (5760 измерений в сутки каждый), что позволяет выполнять ежедневно более 2,837 млн измерений

с дублированием показателей посредством отбора проб в рабочей зоне (смывов с технологического оборудования, поверхностей и т.д.) специалистами многопрофильной лаборатории. На следующем уровне происходит анализ вентиляционных выбросов как с помощью автоматических средств контроля, таких, как MIR-9000 (на контроль NO, NO₂, O₂, HF, CO, SO₂, H₂O) в количестве 2 шт. (86400 измерений в сутки каждый), так и с помощью ручного отбора проб с последующим анализом в химико-аналитической лаборатории МОС, здесь же происходит периодический анализ проб почвы, снежного покрова, подземных и грунтовых вод промышленной площадки Объекта. На последующем уровне система контролирует состояние ОС в районе расположения населённых пунктов и в особо неблагоприятных местах ЗЗМ, где с высокой степенью вероятности возможно максимальное загрязнение окружающей среды. На этом уровне осуществляется автоматический контроль состояния атмосферного воздуха с помощью автоматизированных стационарных постов контроля атмосферного воздуха (АСПК) в количестве 2 шт., на каждом из которых находятся автоматические приборы контроля, а именно ГАММА-ЕТ (на контроль CO, COx) в количестве 1 шт. (2880 измерений в сутки), ЕТ-909 (на контроль NO, NO₂, NOx) в количестве 1 шт. (2880 измерений в сутки), К-100 (на контроль SO₂) в количестве 1 шт. (2880 измерений в сутки), С-310 (на контроль CO₂) в количестве 1 шт. (2880 измерений в сутки), Икар-Мини-2 (на контроль пыли) в количестве 1 шт. (96 измерений в сутки), Терминатор-ФОВ (на контроль специфических загрязнителей) в количестве 1 шт. (96 измерений в сутки) и периодический отбор проб исследуемых сред с последующим анализом их в ХАЛ МОС.

Среднее суточное количество инструментальных анализов ХАЛ Объекта составляет 250. По состоянию на 1 сентября 2013 г. с начала функционирования Объекта автоматическими средствами произведено более 1933 млн измерений, инструментальных анализов ХАЛ Объекта – более 450 000.

На Объекте «Почеп» в г. Почеп Брянской области в рамках многоуровневой системы на первом уровне осуществляется контроль воздуха рабочей зоны посредством автоматических газоанализаторов санитарно-гигиенического и аварийного контроля, а именно ГСБ-М в количестве 76 шт. (96 измерений в сутки каждый), СИП-100 в количестве 16 шт. (86400 измерений в сутки каждый), ГАИ-1 в количестве 54

шт. (86400 измерений в сутки каждый). Это позволяет выполнять ежедневно более 6 млн измерений с дублированием показателей посредством отбора проб в рабочей зоне (смывов с технологического оборудования, поверхностей и т.д.) специалистами многопрофильной лаборатории. На следующем уровне происходит анализ вентиляционных выбросов как с помощью автоматических средств контроля, таких, как MIR-9000 (на контроль NO, NO₂, O₂, HF, CO, SO₂, H₂O) в количестве 1 шт. (86400 измерений в сутки), так и с помощью ручного отбора проб с последующим анализом в химико-аналитической лаборатории МОС. В данной лаборатории проводится периодический анализ проб почвы, снежного покрова, подземных и грунтовых вод промышленной площадки Объекта. На последующем уровне система контролирует состояние ОС в районе расположения населённых пунктов и в особо неблагоприятных местах ЗЗМ, где с высокой степенью вероятности возможно максимальное загрязнение ОС. На этом уровне осуществляется автоматический контроль состояния атмосферного воздуха с помощью автоматизированных стационарных постов контроля атмосферного воздуха (АСПК) в количестве 4 шт., на каждом из которых находятся автоматические приборы контроля, а именно АС-32М (на контроль NO, NO₂) в количестве 1 шт. (86400 измерений в сутки), СО12МА (на контроль СО) в количестве 1 шт. (86400 измерений в сутки), АF22МА (на контроль SO₂) в количестве 1 шт. (86400 измерений в сутки), НС51А (на контроль СОх) в количестве 1 шт. (86400 измерений в сутки), VOC71М (на контроль пыли) в количестве 1 шт. (86400 измерений в сутки), Терминатор-ФОВ (на контроль специфических загрязнителей) в количестве 1 шт. (96 измерений в сутки) и периодический отбор проб исследуемых сред с последующим анализом их в ХАЛ МОС.

Среднее суточное количество инструментальных анализов ХАЛ Объекта составляет 438. По состоянию на 1 сентября 2013 г. с начала функционирования Объекта автоматическими средствами произведено более 8027 млн измерений, инструментальных анализов ХАЛ Объекта – более 446 760.

На Объекте «Щучье» в г. Щучье Курганской области на первом уровне осуществляется контроль воздуха рабочей зоны посредством автоматических газоанализаторов санитарно-гигиенического и аварийного контроля, а именно ГСБ-М в количестве 72 шт. (96 измерений в сутки каждый), Терминатор-ФОВ

в количестве 96 шт. (96 измерений в сутки каждый), Терминатор-ФОВ100 в количестве 31 шт. (96 измерений в сутки каждый), что позволяет выполнять ежедневно более 19 104 измерений с дублированием показателей посредством отбора проб в рабочей зоне (смывов с технологического оборудования, поверхностей и т.д.) специалистами многопрофильной лаборатории. На следующем уровне происходит анализ вентиляционных выбросов как с помощью автоматических средств контроля, таких, как MIR-9000 (на контроль NO, NO₂, O₂, HF, CO, SO₂, H₂O) в количестве 2 шт. (86400 измерений в сутки каждый), так и с помощью ручного отбора проб с последующим анализом в химико-аналитической лаборатории МОС, здесь же происходит периодический анализ проб почвы, снежного покрова, подземных и грунтовых вод промышленной площадки Объекта. На последующем уровне система контролирует состояние ОС в районе расположения населённых пунктов и в особо неблагоприятных местах ЗЗМ, где с высокой степенью вероятности возможно максимальное загрязнение ОС. На этом уровне осуществляется автоматический контроль состояния атмосферного воздуха с помощью автоматизированных стационарных постов контроля атмосферного воздуха (АСПК) в количестве 11 шт., на каждом из которых находятся автоматические приборы контроля, а именно АС-32М (на контроль NO, NO₂) в количестве 1 шт. (86400 измерений в сутки), СО12МА (на контроль СО) в количестве 1 шт. (86400 измерений в сутки), АF22МА (на контроль SO₂) в количестве 1 шт. (86400 измерений в сутки), НС51А (на контроль СОх) в количестве 1 шт. (86400 измерений в сутки), VOC71М (на контроль пыли) в количестве 1 шт. (86400 измерений в сутки), Терминатор-ФОВ (на контроль специфических загрязнителей) в количестве 1 шт. (96 измерений в сутки) и периодический отбор проб исследуемых сред с последующим анализом их в ХАЛ МОС.

Среднее суточное количество инструментальных анализов ХАЛ Объекта составляет 600. По состоянию на 1 сентября 2013 г. с начала функционирования Объекта автоматическими средствами произведено более 7550,6 млн измерений, инструментальных анализов ХАЛ Объекта – более 918 000.

На Объекте «Кизнер» в пос. Кизнер Удмуртской Республики запуск планируется на декабрь 2013 г. На первом уровне планируется проведение контроля воздуха рабочей зоны посредством автоматических газоанализато-

ров санитарно-гигиенического и аварийного контроля, а именно ГСБ-М в количестве 69 шт. (96 измерений в сутки каждый), СИП-100 в количестве 25 шт. (86400 измерений в сутки каждый), ЛОЗА в количестве 3 шт. (86400 измерений в сутки каждый), что позволит выполнять ежедневно большое количество измерений с дублированием показателей посредством отбора проб в рабочей зоне (смылов с технологического оборудования, поверхностей и т.д.) специалистами многопрофильной лаборатории. На следующем уровне планируется осуществлять анализ вентиляционных выбросов с помощью ручного отбора проб с последующим анализом в химико-аналитической лаборатории МОС, здесь же планируется осуществлять периодический анализ проб почвы, снежного покрова, подземных и грунтовых вод промышленной площадки Объекта. На последующем уровне планируется осуществлять контроль состояние ОС в районе расположения населённых пунктов и в особо неблагоприятных местах ЗЗМ, где с высокой степенью вероятности возможно максимальное загрязнение ОС. На этом уровне планируется автоматический контроль состояния атмосферного воздуха с помощью автоматизированных стационарных постов контроля атмосферного воздуха (АСПК) в количестве 5 шт., на каждом из которых находятся автоматические приборы контроля, а именно АС-32М (на контроль NO, NO₂) в количестве 1 шт. (86400 измерений в сутки), СО12МА (на контроль СО) в количестве 1 шт. (86400 измерений в сутки), АF22МА (на контроль SO₂) в количестве 1 шт. (86400 измерений в сутки), НС51А (на контроль СОх) в количестве 1 шт. (86400 измерений в сутки), ВОС71М (на контроль пыли) в количестве 1 шт. (86400 измерений в сутки), Терминатор-ФОВ (на контроль специфических загрязнителей) в количестве 1 шт. (96 измерений в сутки) и периодический отбор проб исследуемых сред с последующим анализом их в ХАЛ МОС.

По состоянию на 1 сентября 2013 г. на Объекте осуществляются строительные-монтажные и пусконаладочные работы.

Как следует из вышесказанного, все уровни многоуровневой системы наблюдений действуют параллельно, независимо друг от друга и защищают от вероятных ошибок и отказов на предыдущих уровнях.

Основными целями работы в рамках данной многоуровневой системы наблюдений являются: постоянное получение оперативной информации о содержании ОВ, продук-

тов их детоксикации и общепромышленных загрязнителей в контролируемых зонах Объекта; оценка и прогноз изменения состояния ОС; предупреждение о создающихся критических ситуациях, вредных или опасных для здоровья людей и ОС.

Созданные системы ПЭМ функционируют в двух режимах.

Первый режим предназначен для использования при нормальном (проектном) режиме функционирования Объекта и обеспечивается автоматическими газоанализаторами и газосигнализаторами с чувствительностью на уровне ПДКр.з, которые устанавливаются на территории Объекта в местах возможных утечек ОВ (производственная зона, зона хранения); набором аналитических методик для определения загрязнителей в атмосферном воздухе, воде, почве и других контролируемых средах на уровне ПДК (ОБУВ) населённых мест; средствами дистанционного определения метеопараметров на контролируемом участке; средствами сбора, обработки, анализа и передачи информации.

Второй режим системы ПЭМ предназначен для оперативного анализа ситуации в аварийной обстановке и принятия решений. Он обеспечивается непрерывно функционирующими автоматическими газоанализаторами и газосигнализаторами аварийного контроля, блоком передачи данных от средств контроля в центр обработки информации – лабораторию информационно-аналитическую (ИАЦ системы), блоком передачи данных от метеодатчиков в центр обработки информации, набором программно-технических средств (моделей) для прогнозирования распространения облака токсичных веществ в атмосфере с учётом имеющихся метеоданных, набором моделей для оценки характеристик источника загрязнения, управляющей информационно-аналитической системой по ликвидации последствий аварийных ситуаций.

Мобильные и стационарные элементы системы имеют возможность передачи информации по радиоканалам. Сбор, обработка и накопление информации внутри системы ПЭМ организуются в виде локальной информационной сети. Сеть имеет возможность информационного взаимодействия с автоматизированной системой управления технологическим процессом.

Система ПЭМ функционирует в соответствии с согласованным с контрольными и надзорными органами и утверждённым регламентом. Регламент функционирования

системы ПЭМ является по своей сути совокупным документом, который определяет такие основополагающие показатели, как перечень приоритетных загрязнителей, подлежащих контролю; точки и регламент отбора проб; перечень приборно-технических средств, МИ и многое другое.

Химико-аналитические лаборатории укомплектованы высокочувствительными и специфичными отечественными и зарубежными современными приборами и оборудованием. Все лаборатории Объекта аккредитованы, а методики измерений (МИ) ОБ, продуктов их детоксикации и общепромышленных загрязнителей аттестованы в системе Ростехрегулирования. Государственные стандартные образцы ОБ и продуктов их детоксикации, применяемые для аттестации МИ и градуировки приборов, поставляются на Объект.

Для формирования метеорологической обстановки в районе Объекта непосредственно на Объекте оборудован метеорологический наблюдательный пост, позволяющий в реальном масштабе времени получать информацию о погодных и климатических изменениях в воздушных массах на территории промышленной площадки Объекта.

В ЗЗМ Объекта установлены АСПК для проведения непрерывного автоматического контроля воздушной среды на предмет наличия в ней общепромышленных и специфических ЗВ, для которых имеются аттестованные МИ и сертифицированные средства непрерывного автоматического инструментального контроля.

Автоматический стационарный пост контроля воздушной среды предназначен для контроля и оценки состояния атмосферного воздуха в точке его расположения (в пределах ЗЗМ) и автоматизированной передачи полученной информации в ИАЦ. В ЗЗМ Объектов расположено до 11 стационарных постов.

Оборудование, установленное на каждом стационарном посту, осуществляет следующие функции:

- измерение приземных концентраций общепромышленных и специфических примесей, загрязняющих атмосферу;
- контроль за содержанием ОБ в атмосфере;
- измерение метеопараметров в месте отбора проб;
- автоматизированный сбор и обработка зарегистрированной информации с приборно-аналитических средств измерений концентраций, средств измерений метеопараметров ана-

лизируемого воздуха и передача информации в ИАЦ системы ПЭМ.

АСПК комплектуются приборами для проведения контроля заражённости воздуха ОБ на уровне санитарно-гигиенических нормативов, установленных для населённых мест.

Мониторинг на маршрутных постах осуществляется с помощью передвижных лабораторий, которые проводят периодический автоматический контроль общепромышленных и специфических ЗВ.

Передвижные лаборатории атмосферного воздуха на базе автомобиля КамАЗ (в количестве до 3 штук на Объекте) предназначены для контроля и оценки состояния атмосферного воздуха в районе расположения Объекта и автоматизированной передачи полученной информации в ИАЦ. Они используются для выполнения экспресс-анализа атмосферного воздуха (аммиак, оксид углерода, пыль, сумма углеводородов, диоксид серы, хлороводород, мышьяк), а также для периодического отбора проб воздуха с последующим их анализом в стационарной лаборатории.

Оборудование, установленное в лаборатории, осуществляет следующие функции:

- измерение приземных концентраций общепромышленных и специфических примесей, загрязняющих атмосферу;
- контроль содержания в атмосфере ОБ;
- измерение метеопараметров в месте отбора проб;
- автоматизированный сбор и обработку зарегистрированной информации с приборно-аналитических средств измерений концентраций, средств измерений метеопараметров анализируемого воздуха и передачи её в ИАЦ;
- ручной отбор проб воздуха для его последующего лабораторного анализа на содержание ОБ, продуктов их деструкции и на содержание установленных общепромышленных примесей.

Лаборатория рассчитана на эксплуатацию в макроклиматических районах с умеренным и холодным климатом в любое время года и суток. Передвижная лаборатория оснащена автоматизированной подсистемой контроля функционирования измерительной аппаратуры, системой регистрации хранения и передачи результатов измерений в ИАЦ системы ПЭМ Объекта.

Передвижные лаборатории контроля воды и почвы на базе автомобиля КамАЗ (ГАЗ) предназначены для автономного и оперативного исследования гидрохимического и санитарно-микробиологического состоя-

ния водоисточников, проведения текущего лабораторно-производственного контроля качества воды и почвы района расположения Объекта.

Пробоотборные машины, изготовленные на базе автомобиля ГАЗ (УАЗ), предназначены для отбора проб воздуха, почвы, воды и последующей доставкой их в химико-аналитическую лабораторию Объекта для осуществления исследований с целью получения информации о количественном и качественном составе природных сред в районе расположения Объекта [1, 4, 7–14].

Общий регламент проведения мониторинга состояния растительного и животного мира в ЗЗМ Объекта включает в себя [12–16]:

- оценку современного (фоновое) состояния растительного и животного мира;
- инвентаризацию флористического и фаунистического состава экосистем;
- выбор стационарных площадок наблюдения за состоянием растительного и животного мира;
- закладку стационарных площадок, геоботаническое и фаунистическое их описание;

- определение параметров флористической и фаунистической диагностики стационарных площадок;

- установление алгоритма фенологических наблюдений;

- составление прогноза динамических процессов развития растительного и животного мира;

- разработку мероприятий по минимизации возможного ущерба растительному и животному миру в процессе создания и функционирования Объекта.

В пределах ЗЗМ предусмотрено проведение мониторинга геологической среды. Для этого создаётся сеть наблюдательных скважин.

Сбор и обработка информации осуществляется в ИАЦ системы ПЭМ.

ИАЦ решает следующие задачи:

- приём, обработка и накопление информации от стационарных и подвижных постов контроля и средств метеоконтроля, обработка и отображение результатов анализов с привязкой их к точкам контроля;

- обработка информации, формирование отчётов и сводок, подготовка прогнозов

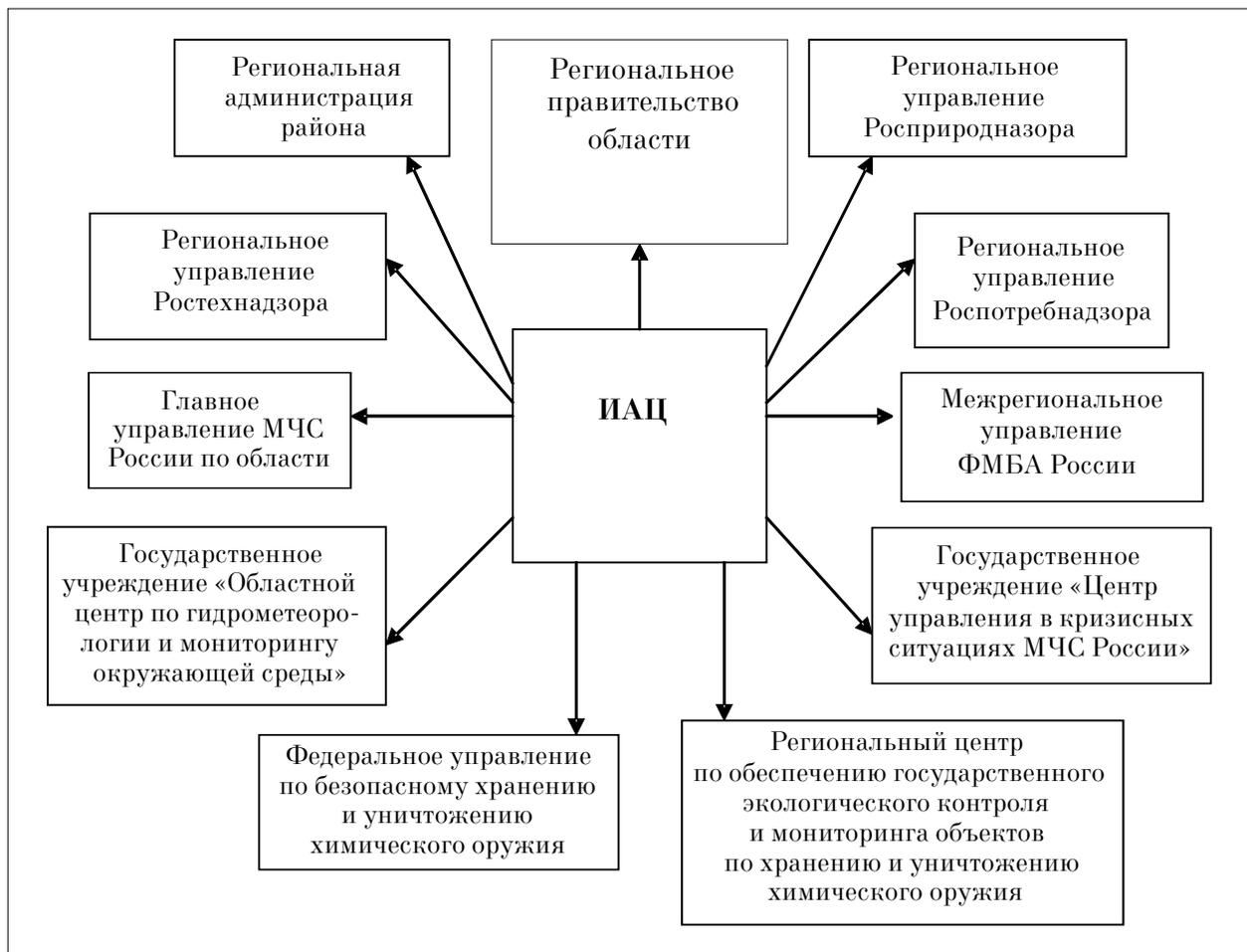


Схема передачи данных в надзорные органы

на основе моделей распространения загрязняющих веществ в атмосфере, отображение результатов прогноза на карте местности.

ИАЦ представляет собой вычислительный центр с необходимым программным обеспечением, банком данных и каналами передачи информации от технических элементов подсистем (схема).

Автоматизированная информационно-измерительная система предназначена для:

- автоматического измерения значений метеовеличин с помощью датчиков, входящих в состав системы;
- приёма измеренных значений метеовеличин от датчиков;
- ручного ввода значений метеовеличин, не измеряемых автоматически;
- обработки значений метеовеличин, поступивших от датчиков и введённых вручную;
- дистанционной передачи информации;
- автоматического формирования массива данных за месяц в специальном коде и записи этой информации на технический носитель для последующей передачи в центр обработки данных ИАЦ.

Обеспечение проведения государственного экологического контроля и мониторинга окружающей среды в районах уничтожения химического оружия [12–19].

В силу высокой специфичности Объектов, уникальности приборной и методической базы, а также специального характера решаемых проблем по контролю и мониторингу ОВ и продуктов их деструкции в объектах ОС, создание систем государственного экологического контроля и мониторинга (СГЭЖиМ) Объектов и окружающей среды в СЗЗ и ЗЗМ входит в состав мероприятий Программы (раздел «Разработка и реализация государственной системы мер по охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности при проведении работ по хранению и уничтожению химического оружия, демилитаризации или уничтожению объектов по его производству»).

Исходя из этого, государственным заказчиком Программы в лице Российского агентства по боеприпасам (Росбоеприпасы) и МПР России (соисполнитель Программы) в период с 2002-го по 2004 год выполнялся взаимосогласованный комплекс работ по созданию СГЭЖиМ, включающий в себя обеспечение необходимым кадровым и научным потенциалом, а также современной лабораторной базой. Для обеспечения функциони-

рования СГЭЖиМ привлекаются специализированные организации и специализированный учебно-методический центр для развития и сопровождения работ в сфере контроля и мониторинга Объектов, на базе которого проводится работа по разработке и апробации методического обеспечения и обучению кадров для создаваемых региональных систем. В ходе работы для всех регионов разработаны и согласованы с надзорными органами проекты региональных СГЭЖиМ. Согласованы структура и порядок функционирования СГЭЖиМ, решены вопросы о выделении помещений, необходимых для размещения лабораторных комплексов. Созданы нормативно-правовые, нормативно-технические и инструктивно-методические документы, регламентирующие функционирование СГЭЖиМ, создана необходимая лабораторная база, которая оснащена приборно-техническими средствами и имеет методическое и программно-техническое обеспечение.

Создание СГЭЖиМ осуществлялось на основе требований ФЗ и других нормативных правовых актов в области охраны ОС и обеспечения безопасного хранения и уничтожения ХО в Российской Федерации. Исходя из их требований, региональные СГЭЖиМ строились таким образом, чтобы обеспечивалось участие в проведении государственного контроля и мониторинга за Объектами всех заинтересованных федеральных органов исполнительной власти и органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации.

В 2002–2004 гг. была создана и введена в эксплуатацию система государственного экологического контроля и мониторинга первого опытно-промышленного Объекта в пос. Горный Саратовской области. Были разработаны технические и методологические подходы к обеспечению государственного экологического контроля и мониторинга, методология оценки влияния Объекта на ОС. Создан и аккредитован в системе Госстандарта России современный лабораторный комплекс для контроля общепромышленных и специфических загрязнителей (иприт, люизит и их производные) на Объекте (на источниках загрязняющих веществ), в СЗЗ и в ЗЗМ. Разработана и согласована с контролирующими органами нормативная документация, регламентирующая функционирование СГЭЖиМ. В течение всего срока функционирования Объекта проводился регулярный мониторинг ЗВ на его территории, в СЗЗ и в ЗЗМ. Была создана специализированная геоинформаци-

онная система для обеспечения государственного экологического контроля и мониторинга Объектов, обеспечивающая оценку и долгосрочный прогноз воздействия ЗВ на ОС. В Управлении экологической безопасности в МПР России был установлен компьютерный терминал информационной системы, на который поступала текущая и оперативная информация по воздействию Объекта на ОС. В настоящее время терминалы с доступом к оперативной информации о состоянии окружающей среды в районе расположения Объектов установлены во всех территориальных управлениях органов исполнительной власти. Информация по каналам связи Интернет по согласованным программам информирования поступает непосредственно в государственный орган, уполномоченный на принятие решения о влиянии Объектов на ОС.

С учётом сложившегося распределения полномочий государственным заказчиком Программы в 2006 году были заключены Соглашения о взаимодействии по реализации Программ в части реализации государственной системы мер по охране ОС и обеспечению экологической безопасности при проведении работ по хранению и уничтожению ХО с Ростехнадзором (от 21.06.2006, № 1) и Росгидрометом (от 21.06.2006, № 2). Соглашения определяли содержание и порядок взаимодействия Роспрома, Ростехнадзора и Росгидромета по обеспечению экологической безопасности при проведении работ по уничтожению ХО и использованию РЦ СГЭКиМ для обеспечения деятельности Ростехнадзора и Росгидромета в области государственного экологического надзора, контроля и мониторинга Объектов. Также была откорректирована и согласована с Ростехнадзором и Росгидрометом общая концепция развития и обеспечения функционирования СГЭКиМ.

В 2006 году была завершена работа по созданию, государственной аккредитации и вводу в эксплуатацию во всех регионах Российской Федерации, на территории которых проводится уничтожение химического оружия, региональных центров по обеспечению государственного контроля и мониторинга Объектов.

В настоящее время контроль и надзор за экологически безопасным функционированием Объектов входит в сферу обязанностей Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор), а при осуществлении функций государственного строительного надзора – в сферу деятельно-

сти Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). Государственный мониторинг состояния ОС входит в сферу компетенции Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) и по отдельным специальным видам мониторинга (мониторинг земель и водных объектов) – ряда других федеральных органов.

В состав каждого РЦ СГЭКиМ входят [12–19]:

- центральная аналитическая лаборатория по контролю экологических нормативов на Объектах и мониторингу природных объектов в санитарно-защитных зонах и зонах защитных мероприятий (ОВ и продуктов их деструкции, специфических и общепромышленных веществ);

- лаборатория биомониторинга и биотестирования для количественной оценки токсичности объектов природной среды, а также отходов, образующихся при функционировании Объектов;

- информационный центр.

Основные виды выполняемых РЦ СГЭКиМ работ включают:

- на территории (промплощадке) Объекта – контроль за соответствием выбросов, сбросов, параметров специального оборудования и очистных систем установленным экологическим и техническим нормативам, идентификацию (контроль соответствия паспортным данным) состава реакционных масс, специфических и общепромышленных отходов и оценку их воздействия на ОС;

- в СЗЗ и в ЗЗМ Объектов – мониторинг состояния основных компонентов природной среды (атмосферный воздух, почва, природная вода, снежный покров, донные отложения) для определения воздействия Объектов на ОС.

Функционирование РЦ СГЭКиМ осуществляется в двух основных режимах:

- в штатном режиме проводятся экологический контроль и мониторинг на основании согласованных Росприроднадзором, Ростехнадзором и Росгидрометом планов-графиков (программ) проведения экологического контроля и мониторинга;

- в нештатном режиме по конкретным заданиям (на основании предписаний) территориального органа Росприроднадзора, Ростехнадзора или Росгидромета – в данном режиме обеспечивается проведение контроля и мониторинга при вводе в эксплуатацию новых технологических линий Объекта, при выявлении превышения Объектом установ-

ленных нормативов или при возможном наступлении нештатных ситуаций.

В составе центров созданы не только химико-аналитические лаборатории, но и биологические лаборатории, проводящие прямой анализ токсичности природных объектов [12–16]. В данном случае анализы проводятся на простейших, наиболее чувствительных микроорганизмах, не обладающих адаптационными возможностями высших организмов, в том числе человека. РЦ СГЭКиМ обеспечивают комплексный анализ химических веществ на Объектах и в объектах ОС в СЗЗ и ЗЗМ, включающий в себя экоаналитические исследования распределения загрязняющих химических веществ в объектах ОС и проведение биологических исследований (токсикологических испытаний объектов ОС на стандартных тест-объектах). В составе центров созданы информационно-вычислительные комплексы, на базе которых реализуется система управления мониторингом. В автоматическом режиме рассчитываются поля рассеивания ЗВ и строятся карты, диаграммы, графики, автоматически составляется план проведения исследований во всех режимах (как в штатных, так и в нештатных). Это обеспечивает оперативное реагирование на любые ситуации, связанные с функционированием Объекта. Фактически вся система мониторинга автоматизирована и соответствует современным экологическим требованиям.

Все лабораторные комплексы РЦ СГЭКиМ прошли государственную аккредитацию на выполнение работ по контролю и мониторингу специфических (ОВ и продукты их детоксикации) и общепромышленных ЗВ. В настоящее время уполномоченным органом Ростехрегулирования проводится регулярный инспекционный контроль их деятельности. Во всех регионах проведён фоновый мониторинг для оценки исходного состояния ОС на Объектах, а также в их СЗЗ и ЗЗМ. Работа РЦ СГЭКиМ осуществляется на основании согласованных с территориальными органами Росприроднадзора, Ростехнадзора и Росгидромета программ проведения регулярного экологического контроля и мониторинга и на основании предписаний территориальных органов. На Объектах проводится плановый контроль источников ЗВ (выбросов, сбросов, технологических вод, отходов и реакционных масс), а также мониторинг основных объектов ОС (атмосферный воздух, почвенный покров, природная и грунтовая вода, снежный покров). Природная вода, грунтовые воды, снеж-

ный покров контролируются по 26 показателям, атмосферный воздух – по 8 показателям, почвенный покров, донные отложения – по 13 показателям. В соответствии с результатами биомониторинга точки, в которых выявлена высокая токсичность, контролируются с более высокой периодичностью. Средние валовые показатели объёма проводимых экоаналитических и биологических исследований в рамках экологического контроля и мониторинга Объекта в среднем составляют около 240 точек и объектов контроля, 110 показателей.

Созданная система государственного экологического контроля и мониторинга обеспечивает контроль химической, экологической безопасности Объектов со стороны специально уполномоченных органов государственной исполнительной власти: Ростехнадзора, Росприроднадзора, Росгидромета, администраций регионов и других органов, в чьём ведении находятся вопросы химической, экологической безопасности. За период реализации ФЦП «Уничтожение запасов химического оружия в РФ» угроз химического загрязнения окружающей среды не выявлено, экологическая обстановка остаётся стабильной, случаев превышения нормативов качества окружающей среды по специфическим показателям и общепромышленным загрязнителям не зафиксировано, аварий и инцидентов не произошло.

Литература

1. Толстых А.В., Капашин В.П., Воронин Б.Н. Система производственного экологического мониторинга – неотъемлемая часть объекта по уничтожению химического оружия // Федеральные и региональные проблемы уничтожения химического оружия. М.: ВИНТИ. 2000. Вып. 2. С. 115–125.
2. Воронин Б.Н., Иванов К.Н., Толстых А.В. Система производственного экологического мониторинга объектов уничтожения химического оружия. М.: ВИНТИ. 2003. Вып. 4. С. 94–104.
3. Поляков А.И., Фирсов Ю.В. Организация производственного экологического мониторинга на объекте по уничтожению химического оружия. Щучье: ГРСО ОУХО, 2005.
4. Толстых А.В. Опыт создания систем экологической безопасности объектов уничтожения химического оружия // Теоретическая и прикладная экология. 2007. №2. С. 42–49.
5. Капашин В.П. Экологическая безопасность уничтожения химического оружия – основа государственной политики по защите населения и окружающей среды // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 4. С. 11–15.

6. Холстов В.И. О состоянии работ по уничтожению химического оружия в Российской Федерации в 2008 году // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 4. С. 5–10.
7. Новойдарский Ю.В. Реализация системы производственного экологического контроля и мониторинга на объекте по хранению и уничтожению химического оружия п. Марадыковский Кировской области // Теоретическая и прикладная экология. 2012. № 3. С. 68–75.
8. Ашихмина Т.Я. Комплексный экологический мониторинг объектов хранения и уничтожения химического оружия. Киров: Вятка, 2002. 544 с.
9. Методическое пособие по охране окружающей природной среды в воинской части / Под ред. В. П. Капашина. М.: ООО «Агентство Ракурс Продакшн», 2001.
10. Кургузкин М.Г., Корепанов М.А., Тенев В.А. Проектирование системы экологического мониторинга особо опасных промышленных объектов // Теоретическая и прикладная экология. 2010. № 1. С. 51–56.
11. Чупис В.Н., Мартынов В.В., Быстренина В.Н., Шляпин В.В., Бардина Т.В. Единая система сбора, обработки и анализа информации в интересах государственного и производственного экологического мониторинга объектов по хранению, перевозке и уничтожению химического оружия // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 4. С. 16–23.
12. Ашихмина Т.Я. Научно-методические основы комплексного экологического мониторинга окружающей среды в районе объектов хранения и уничтожения химического оружия // Теоретическая и прикладная экология. 2007. № 2. С. 23–34.
13. Ашихмина Т.Я., Рудой Б.Н. Система государственного экологического мониторинга объектов хранения и уничтожения химического оружия в Кировской области // Федеральные и региональные проблемы уничтожения химического оружия. М.: ВИНТИ. 2003. С. 90–96.
14. Чупис В.Н. Экологический мониторинг объектов уничтожения химического оружия – опыт создания и перспективы развития // Теоретическая и прикладная экология. 2007. № 2. С. 35–41.
15. Шляхин Г.В., Завьялов Е.В., Первозникова Т.В. Некоторые проблемы функционирования систем биологического мониторинга вокруг объектов по уничтожению химического оружия // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 4. С. 83–85.
16. Ашихмина Т.Я., Домрачева Л.И., Домнина Е.А., Кантор Г.Я., Кочурова Т.И., Кондакова Л.В., Огородникова С.Ю., Олькова А.С., Панфилова И.В. Система биологического мониторинга компонентов природной среды в районе объекта хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский» Кировской области // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 4. С. 32–38.
17. Чупис В.Н. Система экологического мониторинга объектов уничтожения химического оружия. Опыт эксплуатации и основные направления развития // Теоретическая и прикладная экология. 2010. № 1. С. 27–34.
18. Ашихмина Т.Я., Менялин С.А., Мамаева Ю.Н., Новикова Е.А., Кантор Г.Я. Экологический контроль и мониторинг окружающей природной среды в районе объекта уничтожения химического оружия «Марадыковский» Кировской области // Теоретическая и прикладная экология. 2010. № 1. С. 57–64.
19. Растегаев О.Ю., Чупис В.Н. Методология и основные направления экоаналитического обеспечения системы государственного экологического контроля и мониторинга объектов по хранению и уничтожению фосфорорганического химического оружия // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 4. С. 77–82.

УДК 631.46:58.051

**Динамика актиномицетных комплексов в почвах
лесных фитоценозов вблизи объекта по уничтожению
химического оружия «Марадыковский»**

© 2013. Е. В. Товстик¹, аспирант, С. Ю. Огородникова², к.б.н., с.н.с.,
Е. А. Домнина², к.б.н., н.с., И. Г. Широких^{1,2}, зав. лабораторией, в.н.с., д.б.н.,

¹Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого Россельхозакадемии,

²Лаборатория биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН
и Вятского государственного гуманитарного университета,
e-mail: irgenal@mail.ru

Рассмотрена динамика численности, разнообразия и структуры актиномицетных комплексов в почвах лесных фитоценозов, расположенных вблизи объекта хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский». Показаны количественные и качественные изменения в структуре актиномицетных комплексов за период деятельности объекта в режиме уничтожения химического оружия с 2007-го по 2013 г.

The dynamics of abundance, diversity and structure of actinomycete complexes in soils in forest phytocenoses soils near the chemical weapons decommission plant «Maradykovsky» is considered. Quantitative and qualitative changes in the structure of actinomycete complexes are shown over the lifetime of the chemical weapons decommission plant from 2007 to 2013.

Ключевые слова: химическое оружие, хранение и уничтожение,
биодиагностика, почвенные актиномицеты, структура комплекса

Keywords: chemical weapons, storage and decommission,
biodiagnostics, soil actinomycetes, complex structure

Введение

Расположенный на территории Кировской области объект хранения и уничтожения химического оружия (ОХУХО) «Марадыковский» относится к категории высшей степени опасности для природных комплексов и экосистем вследствие использования в технологических процессах высокотоксичных отравляющих веществ: зарина, зомана, Vx, смеси иприта с люизитом [1, 2]. Штатный режим работы ОХУХО исключает прямое загрязнение почвы, однако за счёт рассеивания и осадения малых и сверхмалых количеств уничтожаемых веществ и продуктов их деструкции (мышьяк, ртуть, свинец) [3] из воздушных выбросов объекта возможно косвенное загрязнение почвы.

Основным ориентиром при оценке степени загрязнённости почв в настоящее время выступает система предельно допустимых концентраций (ПДК). Однако нахождение в почве веществ порознь в концентрациях, значительно меньше ПДК, в комплексе может оказывать более выраженное токсическое действие, сказывающееся в первую очередь на развитии

почвенных микроорганизмов и структуре их сообществ. Продукты, выбрасываемые в атмосферу химическими предприятиями, специализирующимися на уничтожении химического оружия (ХО), относятся как раз к числу таких загрязнителей [4–6]. Оценить степень воздействия ксенобиотиков на почвенный покров при низком уровне загрязнения возможно используя наряду с физико-химическими методами анализа методы биодиагностики, заключающиеся в выявлении реакций биологических систем на воздействие комплекса загрязняющих веществ [7].

Благодаря наличию у микроорганизмов большой площади соприкосновения со средой обитания, а также высокой скорости их размножения, по состоянию микробного сообщества почвы возможно в короткий срок выявлять изменения, возникающие под влиянием различных экологических факторов [8]. При этом более отчётливо изменения микробных сообществ прослеживаются в естественных почвах, чем в почвах, уже подвергшихся окультуриванию или какой-либо другой антропогенной трансформации [9]. По данным геэкологического мо-

ниторинга также было установлено, что к наиболее уязвимым к техногенному загрязнению вблизи объекта «Марадыковский» относятся лесные почвы лёгкого гранулометрического состава [10].

В связи с этим целью настоящей работы являлось исследование динамики численности и структуры комплексов актиномицетов в почвах лесных фитоценозов, находящихся вблизи ОХУХО «Марадыковский», для оценки степени трансформированности почвенных микробных сообществ за период работы объекта в режиме уничтожения ХО.

Объекты и методы

Объектами исследования служили образцы почв, отобранные на площадках системы государственного экологического мониторинга (ГЭМ) в санитарно-защитной зоне ОХУХО «Марадыковский». Отбор образцов произведён из верхних почвенных горизонтов, исключая толщу подстилки, в 2007, 2012 и 2013 гг. Площадки отбора почвенных образцов располагались в радиусе 3 км в восточном и северо-восточном направлениях от ОХУХО (табл. 1).

Правомерность использования данных образцов для сопоставительной оценки определялась тем, что они все относятся к подзолистому типу почвы, имеют лёгкий механический состав и сформированы в фитоценозах, в которых берёза выступает в качестве вида-эдикатора.

Родовую структуру актиномицетных комплексов характеризовали на среде с пропионатом натрия [11], видовую структуру рода *Streptomyces* – на казеин-глицериновом агаре [12]. Для селективного ограничения роста немиецелиальных бактерий и грибов в среды дополнительно вводили налидиксовую кислоту (1 мкг/мл) и нистатин (50 мкг/мл). Чашки с посевами инкубировали в термостате при 27°С в течение 10–12 сут. и далее – при комнатной температуре до 3-х недель. Проводили диф-

ференцированный подсчёт колоний, выделяя по морфологическим признакам четыре морфотипа, соответствующих родам *Streptomyces*, *Micromonospora*, *Streptosporangium* и группе олигоспоровых актиномицетов.

К роду *Streptomyces* предварительно относили представителей, имеющих цепочки спор на воздушном мицелии и нефрагментирующийся мицелий. Культуры, имеющие одиночные споры на субстратном мицелии, отсутствие или слабое развитие стерильного воздушного мицелия, нефрагментирующийся мицелий предварительно относили к роду *Micromonospora*. Культуры, принадлежащие к роду *Streptosporangium*, определяли по наличию ветвящегося, нефрагментированного субстратного мицелия, не несущего споры, и воздушных гиф с цепочками спор и спорангиями. В группу олигоспоровых актиномицетов объединяли представителей, образующих одиночные споры на воздушном мицелии, либо короткие цепочки более крупных по размеру спор на ветках воздушного мицелия [13]. Видовую идентификацию представителей рода *Streptomyces* проводили в соответствии с определителем [12].

Для характеристики структуры актиномицетного комплекса определяли частоту встречаемости и долевое участие видов и родов в комплексе [14]. За частоту встречаемости принимали отношение числа образцов, в которых таксон встречается, к общему числу проанализированных образцов. В зависимости от частоты встречаемости комплекс дифференцировали на группы видов: доминирующие ($\geq 85\%$), типичные частые ($\geq 60\%$), типичные редкие ($\geq 40\%$) и случайные ($< 40\%$). Для характеристики родового и видового разнообразия актиномицетов использовали индекс Шеннона (H) [15].

Статистическая обработка результатов проведена стандартными методами дисперсионного анализа и методом сравнения долей [16] с использованием программ EXCEL и STATGRAFICS.

Таблица 1

Характеристика участков отбора образцов почвы для анализа [7]

№ участка в системе ГЭМ	От объекта		Тип фитоценоза	Тип почвы
	Расстояние, км	Направление		
7	1,63	В	Сероольхово – березняк кисличный	Слабо-подзолистая песчаная
36	2,75	С-В	Елово – березняк мертвopoкpoвный	Сильно-подзолистая супесчаная
34	3,12	С-В	Сосново – березняк вейниковый	Средне-подзолистая песчаная

Таблица 2

Численность и структура комплексов актиномицетов в почвах лесных фитоценозов в зависимости от срока отбора образцов

№ участка	Слой, см	Год	Общая численность, тыс. КОЕ/г	Долевое участие /частота встречаемости родов, %				H, бит/г
				1	2	3	4	
7	0-20	2007	49,9±4,1	20,0/100	79,0/100	1,0/60	0/0	0,73±0,22
	0-5	2013	948,1±105,1	68,5/100	30,2/100	0,2/40	1,1/100	0,98±0,60
36	0-10	2007	18,0±2,3	7,7/100	65,2/100	9,9/100	17,2/100	1,40±0,16
	0-10	2012	290,5±65,4	66,8/100	20,0/100	13,1/100	0,1/40	1,23±0,13
	0-5	2013	587,8±251,9	65,7/100	33,9/100	0,4/40	0/0	0,91±0,11
34	0-8	2007	104,7±49,3	9,1/80	46,1/100	44,2/100	0,6/20	1,33±0,22
	0-10	2012	435,0±144,1	53,7/100	28,0/100	16,9/100	1,4/80	1,50±0,08
	0-5	2013	177,8±19,9	59,7/100	16,1/100	23,9/100	0,3/80	1,34±0,04

Примечание: 1 – *Streptomyces*, 2 – *Micromonospora*, 3 – *Streptosporangium*, 4 – олигоспоровые актиномицеты.

Результаты и обсуждение

Исследования показали, что общая численность актиномицетов при учёте на среде с пропионатом натрия варьировала в прилегающих к объекту почвах в 2007 году от десятков до сотни тысяч колониеобразующих единиц (КОЕ) в 1 г почвы, а в 2013 г колебалась в пределах одного порядка (177,8±19,9–948,1±105,1) ×10³ КОЕ/г (табл. 2).

Общей тенденцией для почв, расположенных в радиусе 3 км от объекта, явилось увеличение в 19–33 раза численности актиномицетов за период наблюдений. При этом доля актиномицетов в прокариотном комплексе почв возросла в 7–8 раз, особенно в почве, непосредственно примыкающей к объекту (табл. 3). Полученные результаты согласуются с общей тенденцией к доминированию в микробных сообществах техногенно-загрязнённых почв микроорганизмов с К-стратегией [17], к которым принято относить и мицелиальные прокариоты со сложным циклом развития – актиномицеты.

Актиномицетные комплексы исследуемых почв были представлены видами родов *Streptomyces*, *Micromonospora*, *Streptosporangium* и олигоспоровыми видами. Структура актиномицетных комплексов почв, отобранных в 2013 году, по частоте встречаемости отдельных представителей имела незначительные отличия от структуры актиномицетных комплексов в почвах 2007 года отбора. Так, представители родов *Streptomyces* и *Micromonospora* в почвах, удалённых от объекта на различное расстояние, сохранили свои доминирующие позиции, тогда как частота встречаемости представителей

рода *Streptosporangium* снизилась с 60–100% в 2007 г. до 40% в 2013 г., за исключением почвы с наиболее удалённой от объекта площадки (№ 34). Представители этого рода актиномицетов перешли из разряда доминирующих и типичных частых в разряд типичных редких в почвенном комплексе. Частота встречаемости олигоспоровых видов за период наблюдений, в отличие от стрептоспорангиумов, изменялась различным образом и не зависела от удалённости площадки пробоотбора от объекта. Эти обстоятельства не позволяют связывать изменения в частоте встречаемости олигоспоровых видов с возможным влиянием на почвенную микробную систему выбросов ОХУХО.

За период работы объекта в режиме уничтожения ХО выявлены более выраженные, чем по частоте встречаемости, изменения в структуре актиномицетных комплексов с использованием показателя долевого участия представителей различных родов. Так, в 2007 году по долевному участию в комплексах исследованных почв доминировали микромоноспоры (46,2–79,0%), а в 2013 году – стрептомицеты (59,7–68,5%). Смена доминантов в комплексе почвенных актиномицетов связана, возможно, с изменением реакции почвенного раствора в зоне действия объекта, обусловленным кислотной природой некоторых выпадающих в окружающую среду продуктов деструкции (например, метилфосфоновой кислоты). Известно, что при снижении pH чувствительные к кислотности микромоноспоры уступают место более ацидотолерантным представителям рода *Streptomyces*. Ранее уже было показано, что в кислых условиях среды

относительное обилие стрептомицетов выше, чем микромоноспор [18].

Доля участия стрептоспорангиумов в актиномицетном комплексе почв в 2013 году уменьшилась на 0,8–20,3% по сравнению с 2007 годом. Из литературы известно, что представители рода *Streptosporangium* обычно приурочены к органическим субстратам, трудно разлагаемым другими бактериями [14]. Обогащение в процессе производственной деятельности объекта соединениями фосфора природного комплекса [19] в целом и растительных субстратов (лишайники) [20] в частности, очевидно, способствовало увеличению общего микробного пула почвы и снижению относительного обилия стрептоспорангиумов вследствие их низкой конкурентоспособности в новых условиях среды. По мере удаления от объекта долевое участие стрептоспорангиумов в комплексе почвенных актиномицетов возрастало от 1 до 44,2% и от 0,2 до 23,9% соответственно в 2007 и в 2013 годах.

Таким образом, главное отличие структуры комплексов почвенных актиномицетов, зафиксированной в 2013 году, от структуры, описанной в 2007 году, заключалось в различном долевом участии представителей отдельных родов. При этом родовое разнообразие актиномицетных комплексов, оцениваемое с помощью индекса Шеннона, за исследуемый период времени либо достоверно не изменилось (участки № 7 и № 34), либо незначительно сократилось (участок № 36) (табл. 2).

В отличие от родового видовое разнообразие комплекса стрептомицетов, оцениваемое на КГА, изменялось в исследуемых почвах более существенно: значения индекса Шеннона возросли от 0,38–1,39 бит/г в 2007 г до 1,21–1,68 бит/г в 2013 г. (табл. 3).

В 2013 году для ряда секций и серий, представители которых были обнаружены в почвах в 2007 году, отмечено увеличение частоты встречаемости видов. Если в 2007 году с высокой частотой в исследуемых почвах встречались представители секции *Cinereus* серий *Achromogenes* и *Chromogenes*, то в 2013 году к ним добавились представители ещё трёх секций и серий – *Albus Albus*, *Helvolo-Flavus Helvolus* и *Imperfectus*. Одновременно отмечено увеличение относительного обилия видов, принадлежащих к сериям *Cinereus Achromogenes* (на 15,6–29,1%) и *Cinereus Aureus* (на 0,3–5,0%).

Представители серий *Cinereus Chromogenes*, *Cinereus Aureus*, *Albus Albus* из разряда редких и случайных перешли в разряд типичных частых и доминирующих видов. В то же время виды из секций и серий *Cinereus Violaceus* и *Roseus Ruber*, отнесённые по частоте встречаемости в 2007 году к случайным, в 2013 году вовсе не отмечены в почвенном стрептомицетном комплексе.

Сопоставление полученных результатов с имеющимися литературными данными [14] показывает, что выявленные за период работы объекта в режиме уничтожения ХО перестройки комплекса почвенных актиномицетов на уровне родовой и видовой (род *Streptomyces*) структуры носят умеренный характер и не ведут к коренной трансформации почвенной микробной системы.

Заключение

Определение численности и таксономической структуры комплексов актиномицетов в прилегающих к ОХУХО «Марадыковский» почвах лесных фитоценозов позволило

Таблица 3

Характеристика структуры комплексов стрептомицетов, выделяемых на КГА

№ участка	Год	Доля актиномицетов среди прокариот, %	Долевое участие/ частота встречаемости видов, %								H, бит/г
			1	2	3	4	5	6	7	8	
7	2007	10,8	94,2/100	1,4/80	1,4/20	0,8/20	0/0	0/0	0/0	2,2/40	0,38±0,42
	2013	83,6	72,8/100	17,0/100	6,4/100	0/0	2,9/100	0/0	0,9/60	0/0	1,21±0,113
34	2007	10,3	47,6/40	11,0/60	3,3/20	3,3/20	22,4/40	6,2/20	6,2/60	0/0	1,39±0,54
	2013	70,2	45,1/100	40,1/100	3,6/80	0,8/20	6,7/100	1,5/60	2,2/100	0/0	1,68±0,15

Примечание: 1 – *Cinereus Chromogenes*; 2 – *Cinereus Achromogenes*; 3 – *Cinereus Aureus*; 4 – *Cinereus Violaceus*; 5 – *Albus Albus*; 6 – *Helvolo-Flavus Helvolus*; 7 – *Imperfectus*; 8 – *Roseus Ruber*.

выявить характерные изменения, которые произошли за период деятельности объекта (с 2007-го по 2013 г.) в режиме уничтожения ХО. Для почв, непосредственно примыкающих к объекту (в радиусе до 3 км), к числу общих тенденций относятся увеличение за период абсолютной численности и относительной доли актиномицетов в почвенном прокариотном комплексе. Перестройки в структуре актиномицетных комплексов подзолистых почв лёгкого гранулометрического состава реализуются в изменении частоты встречаемости, долевого участия и соотношения представителей доминантных родов *Streptomyces* и *Micromonospora*, снижении относительного обилия рода *Streptosporangium*, увеличении видового спектра стрептомицетов, главным образом за счёт непигментированных видов серии *Cinereus Achromogenes*.

Эти изменения свидетельствуют о трансформации микробной системы почвы в результате суммарного воздействия на почву малых и сверхмалых количеств уничтожаемых веществ и продуктов их деструкции, однако не могут представлять угрозы для поддержания микробной системой почвенного гомеостаза, поскольку выявленные отклонения не выходят за рамки варьирования, обусловленного естественными причинами.

Литература

1. Ашихмина Т.Я. Комплексный экологический мониторинг объектов хранения и уничтожения химического оружия. Киров: Вятка, 2002. 544 с.
2. Шкодич П.Е., Желтобрюхов В.Ф., Клаучек В.В. Эколого-гигиенические аспекты проблемы уничтожения химического оружия. Волгоград: Изд-во ВолГУ. 2004. 236 с.
3. Новойдарский Ю.В. Информационное обеспечение системы производственного контроля и мониторинга на объекте «Марадыковский» Кировской области // Теоретическая прикладная экология. № 4. 2012. С. 56 - 63.
4. Антонов Н.С. Химическое оружие на рубеже двух столетий. М.: Прогресс, 1994. 174 с.
5. Белоус В. Военно-политические аспекты химического разоружения // Химическое оружие и проблемы его уничтожения. 1997. № 3. С. 9–11.
6. Houschold V. Chemical warfare agents and associated health guidelines // Medical and biological aspects of chemical weapons stockpile demilitarization. Internat. Symp. Proc. Volgograd, August 26–28, 2003. Volgograd, 2003. p. 63.
7. Ашихмина Т.Я., Кантор Г., Дабах Е. Организация экологического мониторинга окружающей природной

среды в районе объекта уничтожения химического оружия в Кировской области // Вестник ИБ. 2008. №6. С.6-12.

8. Андреюк И.К., Иутинская Г.А., Козырицкая В.Е. и др. Иерархическая система биоиндикации почв, загрязнённых тяжёлыми металлами // Почвоведение. 1997. № 12. С. 1491–1496.

9. Аристовская Т.В. Микробиология процессов почвообразования. Л.: Наука, 1980. 187 с.

10. Олькова А.С. Разработка технологии оптимизации геоэкологического мониторинга почв района расположения объекта уничтожения химического оружия: на примере объекта «Марадыковский» в Кировской области: Автореф. дис. ... канд. тех. наук. М.: Моск. гос. ун-т геодезии и картографии. 2009. 24 с.

11. Rowbotham T.Y., Cross T. Ecology of *Rhodococcus coprophilus* and associated actinomycetes cetes in fresh water and agricultural habitats // Y. Gen. Microbiol. 1977. Vol. 100. P. 231-240.

12. Гаузе Г.Ф., Преображенская Т.П., Свешникова М.А., Терехова Л.П., Максимова Т.С. Определитель актиномицетов. Роды *Streptomyces*, *Streptoverticillium*, *Chainia*. М.: Наука, 1983. 248 с.

13. Определитель бактерий Берджи. В 2-х т./ Ред. Дж. Хоулт, Н. Криг, П. Снит, Дж. Стейли, С.С.Уилльямс. М.: Мир, 1997. Т.2. 800 с.

14. Звягинцев Д.Г., Зенова Г.М. Экология актиномицетов. М: ГЕОС, 2001. 257 с.

15. Мэгаран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 1992, 173 с.

16. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. М.:Изд-во МГУ, 1972. 292 с.

17. Благодатская Е.В., Пампура Т.В., Богомолова И.Н., Копчик Г.Н., Лукина Н.В. Влияние выбросов медно-никелевого комбината на микробные сообщества почв лесных биогеоценозов Кольского полуострова // Известия РАН. Сер. биологическая. 2008. № 2. С. 232-242.

18. Широких И.Г., Широких А.А. Микробные сообщества кислых почв Кировской области. Киров: НИИСХ С-В, 2004. 332 с.

19. Новикова Е.А. Геоэкологическая оценка динамики природно-техногенной системы района строительства и функционирования объекта уничтожения химического оружия: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Ростов-на-Дону, 2011. 24 с.

20. Мергасова С.В., Огородникова С.Ю., Домнина Е.А. Изучение накопления общего фосфора в лишайнике гипогимния вздутая и хвое сосны обыкновенной в районе размещения объекта уничтожения химического оружия в пос. Мирный Кировской области // Бизнес. Наука. Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы Всероссийской научно-практической конференции-выставки экологических проектов с международным участием. С. 339-342.

**Биоиндикация как метод биологического мониторинга
в районе расположения объекта по уничтожению
химического оружия в г. Щучье**

© 2013. О. М. Плотникова, д.б.н, зам. руководителя, М. А. Григорович, к.б.н.,
зав. лабораторией, С. Ю. Максимовских, к.с.-х.н., зав. лабораторией,
Б. И. Кудрин, к.м.н., с.н.с., А. Н. Евдокимов, н.с.,
Региональный центр по обеспечению государственного экологического контроля
и мониторинга объектов по хранению и уничтожению химического оружия
по Курганской области,
e-mail: kurgan-rc@yandex.ru

В районе объекта по уничтожению химического оружия в г. Щучье в 2008-2012 гг. по программе биологического мониторинга растительного мира проводились исследования агробиоценозов, а в рамках мониторинга животного мира – исследования состояния мышевидных грызунов. Выявленные тенденции в изменении показателей крови полевых мышей – содержание эритроцитов, лейкоцитов, нейтрофилов и лимфоцитов, а также общего белка, холестерина, мочевины и ферментативной активности холинэстеразы предполагают необходимость дальнейшего мониторинга состояния мелких грызунов на стационарных площадках в зоне защитных мероприятий.

In 2008-2012 in the area of the chemical weapons decommission plant in Shchuch'ye within the framework of biological floral monitoring agrobiocenoses were researched, and within the framework of biological animal monitoring the state of rodents was researched. There were identified change trends in levels of field mice blood – in the content of red blood cells, white blood cells, neutrophils, and lymphocytes, as well as of total protein, cholesterol, urea and cholinesterase enzyme activity which suggests the need for further monitoring of small rodents at the fixed sites of protective measures.

Ключевые слова: биологический мониторинг, агробиоценозы,
полевые мыши, показатели крови

Keywords: biological monitoring, agrobiocenosis, field mice, blood parameters

Биологический мониторинг проводится в соответствии с Федеральными законами «Об уничтожении химического оружия» и «Об охране окружающей среды», Федеральной целевой программой «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации», положением «Об организации и осуществлении государственного мониторинга окружающей среды» в дополнение к химико-аналитическим исследованиям и является составной частью экологического мониторинга компонентов окружающей среды в санитарно-защитной зоне (СЗЗ) и зоне защитных мероприятий (ЗЗМ) объекта по уничтожению химического оружия (УХО).

В Щучанском районе Курганской области с мая 2009 г. работает объект по УХО. Известно, что продуктами деструкции фосфорорганических отравляющих веществ являются достаточно устойчивые к разложению метилфосфонаты и метилфосфоновая кислота (МФК), которые в силу своего строения могут

быть посредниками свободно-радикальных процессов, влияя на работу антиоксидантной системы (АОС) живых организмов как растений, так и животных.

В Региональном центре по обеспечению государственного экологического контроля и мониторинга объектов по хранению и уничтожению химического оружия (РЦ СГЭ-КиМ) по Курганской области биологический мониторинг выполняется ежегодно методами биоиндикации и биотестирования в соответствии с программами (порядками) проведения мониторинга растительного и животного мира в районе расположения объекта по УХО в г. Щучье. Лаборатории биомониторинга и экотоксикологии РЦ СГЭКиМ имеют аттестаты аккредитации, а также достаточное количество аттестованных методик для проведения исследований методами биоиндикации и биотестирования.

В 2008–2012 гг. в рамках биологического мониторинга проводились исследования рас-

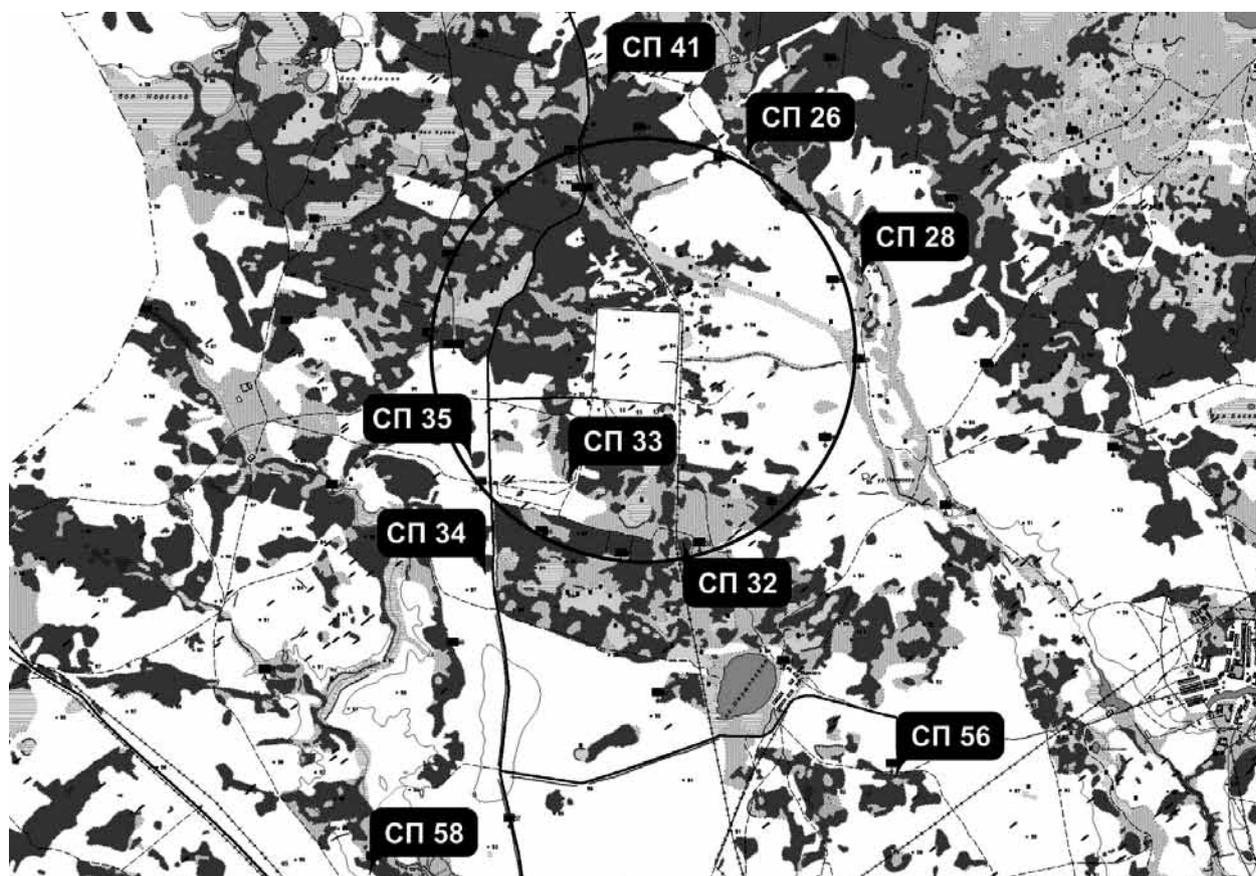


Рис. 1. Схема расположения постоянных стационарных площадок в С33 и 33М объекта по уничтожению химического оружия в Щучанском районе

тительного мира, в том числе агробиоценозов и животного мира, в том числе – состояния мышевидных грызунов.

Целью исследований было определение показателей продуктивности основной сельскохозяйственной культуры, гематологических и биохимических показателей индикаторных мелких млекопитающих в С33 и 33М для их дальнейшего использования в ретроспективном анализе результатов биомониторинга.

Объектами исследования в зоне защитных мероприятий были выбраны яровая мягкая пшеница (*Triticum aestivum*, сорт Омская-36) и индикаторный вид мелких грызунов – полёвка обыкновенная (*Microtus arvalis* Pall.), составляющая 75-80%. Содомиантными видами являются мышь полевая (*Apodemus agravius*) и домовая (*Mus musculus*).

При оценке экологического состояния злаков использовали семенную продуктивность (количество колосьев и зёрен с 1 м², количество зёрен на растение, масса 1000 семян). Оценку состояния мышевидных грызунов проводили по гематологическим (количество эритроцитов и лейкоцитов, лейкоцитар-

ная формула крови) и биохимическим (общий белок, холестерин, мочевины, активность холинэстеразы) показателям.

Отлов мелких грызунов проводили методом ловчих канавок [1] в летнее время вокруг объекта УХО на восьми стационарных площадках (СП) (рис. 1) и на одной контрольной СП вне ЗЗМ, где полностью исключено влияние объекта УХО. Точки наблюдений за культурой пшеницы *Triticum aestivum* совпадали с точками исследований мелких грызунов.

Результаты обрабатывали общепринятыми статистическими методами и выражали в виде $M \pm \sigma$ (где M – среднее арифметическое значение, σ – стандартное отклонение); о достоверности различий величин судили по критерию Стьюдента (t) при $p < 0,05$ [2].

Для определения продуктивности злаковых культур использовали общепринятые методики. Сравнение показателей биологической продуктивности агробиоценозов в ЗЗМ в 2010–2012 гг. представлены в таблице 1.

На продуктивности исследованных сельскохозяйственных культур заметно отразились гидротермические условия вегетационного периода 2010 г., который можно охарактер-

ризовать как очень засушливый. При недостатке влаги формировалось щуплое зерно, о чём говорит низкий показатель массы 1000 семян – 24,1-29,1 г; продуктивность составила 176,4-190,1 г/м. Математическая достоверная разница получена для показателя «масса 1000 семян», наибольшее значение которого на СП-34 и СП-56. В благоприятных условиях вегетационного периода 2011 г. по сравнению с 2010 г. все перечисленные показатели возрасали. Так, количество зёрен с 1 м² увеличилось от 18 до 67%, а масса 1000 зёрен – от 35 до 72% (СП-56 и СП-33 соответственно), количество зёрен на 1 растение возросло от 1,2 до 3,7 раза (СП-34 и СП-33 соответственно). Самые низкие показатели урожайности получены в 2012 г., так как длительная засуха 2012 г. заметно сказалась на продуктивности пшеницы. Количественные характеристики стационарных площадок сильно варьировали от 1520 (СП-26) до 5489 (СП-28) зёрен на 1 м², хотя показатели массы 1000 семян по двум точкам мало отличались от показателей

2011 года. Засуха повлияла на количество зёрен в растении: было получено от 6,3 (СП-26) до 25,5 (СП-28) зёрен на растение.

Таким образом, существенные колебания продуктивности агробиоценозов в первую очередь связаны с гидротермическими режимами вегетационных периодов. Недостаток влаги при высоких температурах снижает показатели урожайности сельскохозяйственной культуры. Результаты исследований агробиоценозов не выявили негативного влияния объекта УХО.

Наблюдения за мелкими грызунами в СЗЗ и ЗЗМ показали, что эффективность отлова грызунов на СП ЗЗМ в сезоне 2012 г. была ниже, чем в 2008 и 2009 гг., и оставалась на уровне 2010 и 2011 гг. Для определения гематологических и биохимических показателей в лаборатории экотоксикологии использовали аттестованные методики: «Методику определения гематологических показателей в крови теплокровных животных микроскопическим методом», предназначенную для подсчёта

Таблица 1

Сравнительные показатели продуктивности пшеницы на стационарных точках в 2010–2012 гг.

Показатель по годам	Годы	СП-26	СП-28	СП-33	СП-34	СП-35	СП-56
Количество зёрен с 1 м ² , шт.	2010	н/д	н/д	7327	6532	6342	5240
	2011	11594	11132	8632	9104	10320	8803
	2012	1520	5489	н/д	н/д	н/д	4021
Масса 1000 зёрен, г	2010	н/д	н/д	24,1	29,1	24,2	29,02
	2011	40,7	39,9	41,4	39,0	35,1	39,4
	2012	28,6	39,9	н/д	н/д	н/д	40,0
Количество зёрен на растение, шт.	2010	н/д	н/д	12,7	27,7	22,3	10,6
	2011	44,8	48,4	47,7	32,9	26,8	26,2
	2012	6,3	25,5	н/д	н/д	н/д	19,3

Примечание: н/д – нет данных, так как поле паровалось, СП – стационарные площадки.

Таблица 2

Гематологические показатели мышей вида *Microtus arvalis* Pall., отловленных за 2008–2012 гг. на контрольной и на опытных СП ЗЗМ объекта УХО в Щучанском районе

Год, число мышей	Статистический показатель	Эритроциты, млн/мкл	Лейкоциты, тыс/мкл	Нейтрофилы, тыс/мкл	Лимфоциты, тыс/мкл
2008 (контроль) n=34	М	7,74	7,56	1,53	5,81
	σ	1,81	1,17	1,17	4,08
2009, n=16	М	7,99	6,69	1,65	4,84
	σ	2,16	1,44	1,04	1,36
2010, n=10	М	8,04	7,20	1,39	4,96
	σ	3,25	1,30	0,69	2,18
2011, n=8	М	7,94	3,50*	0,54*	2,91*
	σ	1,50	1,41	0,54	1,13
2012, n=5	М	7,17	2,10*	0,14*	1,95*
	σ	3,05	1,41	0,09	1,34

Примечание. * - достоверные отличия по t-критерию Стьюдента при p<0,05; М – среднее значение, σ – стандартное отклонение.

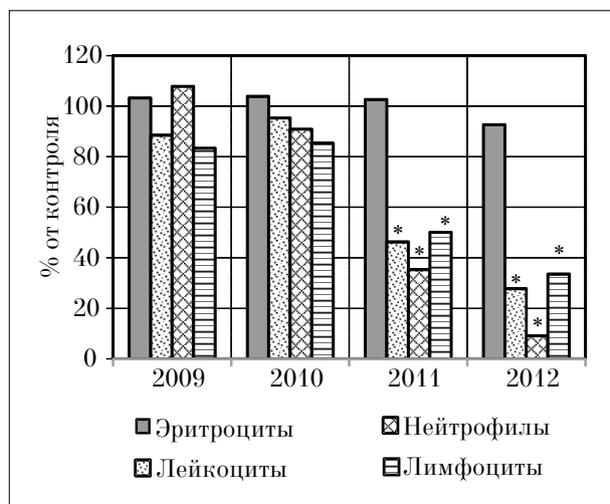


Рис. 2. Изменения гематологических показателей крови грызунов вида *Microtus arvalis*, отловленных на СП ЗЗМ в 2009-2012 гг.

(в % относительно контроля 2008 г.):
* – отмечены достоверные отличия при $p < 0,05$.

количества эритроцитов и лейкоцитов в камере Горяева и различных форм лейкоцитов при микроскопировании окрашенного мазка крови, и «Методику выполнения измерений биохимических показателей в плазме (сыворотке) крови мелких теплокровных животных фотометрическим методом» (свидетельства об аттестации № 224.11.17.025/2010 и № 224.11.03.052/2009 соответственно).

Исследования периферической крови были проведены у всех пойманных животных за 2008–2012 гг., результаты представлены в таблице 2.

Статистический анализ не показал достоверности отличия количества эритроцитов в крови мышевидных грызунов между исследованными группами разных лет. По-видимому, некоторые отличия по содержанию эритроцитов являются следствием случайных колебаний и могут происходить в связи с природными колебаниями параметров окружающей среды. В целом общее число эритроцитов в крови животных за весь период наблюдений находилось в установленных для мышевидных грызунов норм [3].

При исследовании белой крови было выявлено, что различия в уровне лейкоцитов у мышей отлова двух последних лет (2011 и 2012 гг.) увеличились и стали достоверными при сравнении с 2008–2010 гг. Среднее содержание лейкоцитов в крови животных за 2011–2012 гг. вышло за пределы границ нормальных колебаний этого показателя, известных в литературе, и составило 28-46% от контрольных значений

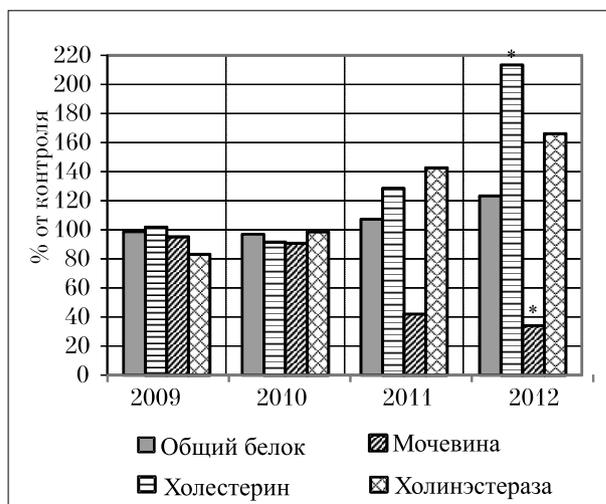


Рис. 3. Изменения биохимических показателей крови грызунов вида *Microtus arvalis*, отловленных на СП ЗЗМ в 2009-2012 гг.

(в % относительно контроля 2008 г.):
* – отмечены достоверные отличия при $p < 0,05$.

2008 г. В основе такого изменения может быть воздействие на популяцию мышевидных грызунов какого-либо неблагоприятного фактора или группы факторов.

В лейкоцитарной формуле были отмечены достоверные отличия разных форм лейкоцитов, особенно снижение основных лейкоцитарных фракций – нейтрофилов и лимфоцитов, осуществляющих клеточный и гуморальный иммунитет (рис. 2). Результаты изменений в содержании общего белка, холестерина, мочевины, активности холинэстеразы в плазме крови мышевидных грызунов вида полёвка обыкновенная из ЗЗМ объекта УХО, отловленных в 2008–2012 гг., приведены на рисунке 3.

Для особей *Microtus arvalis* контрольной группы (2008 г.) были характерны следующие значения биохимических показателей крови ($M \pm \sigma$): общий белок – $44,3 \pm 22,2$ г/л, холестерин – $1,38 \pm 0,94$ ммоль/л, мочевина – $12,0 \pm 7,1$ ммоль/л, холинэстераза – 2781 ± 2111 Е/л.

Сравнительный анализ биохимических показателей крови *Microtus arvalis*, отловленных на наблюдаемых стационарных площадках, показал, что большинство показателей в 2009–2012 гг. находилось в интервале значений контрольных групп. Исключение составило достоверное снижение содержания мочевины и повышение – холестерина. Изменение содержания общего белка не было выражено, а активность сывороточной холинэстеразы за этот период имела тенденцию к увеличению.

На основании имеющихся данных трудно сделать вывод о факторах, которые могут неблагоприятно воздействовать на популяцию мышевидных грызунов. Можно предположить, что это может происходить под влиянием как неблагоприятных погодно-климатических воздействий (например, засушливое лето привело к увеличению концентрации токсикантов в окружающей среде), так и под влиянием антропогенных факторов. Данные химико-аналитических исследований исключают возможность попадания в окружающую среду каких-либо продуктов распада фосфорорганических отравляющих веществ, в частности, фосфонатов. Однако такого рода вещества могут появиться вследствие распада некоторых гербицидов, в частности, гербицидов, произведённых на основе глифосата. Именно такими гербицидами обрабатывались поля сельскохозяйственного назначения в 2011–2012 гг. вокруг объекта уничтожения химического оружия.

Таким образом, полученные результаты показали, что выявленные тенденции в изменении содержания эритроцитов, лейкоцитов, нейтрофилов и лимфоцитов, а также общего белка, холестерина, мочевины и ферментативной активности холинэстеразы предполагают необходимость дальнейшего мониторинга состояния мелких грызунов на стационарных площадках ЗЗМ. Только дальнейшие наблюдения позволят ответить на вопрос, связаны ли эти изменения с естественными колебаниями метаболических процессов или имеет место влияние техногенного характера.

Литература

1. Новиков Г.А. Полевые исследования по экологии наземных позвоночных. М.: Советская наука, 1953. 502 с.
2. Лакин Г.Ф. Биометрия. Высш. школа, 1973. 343 с.
3. Западнюк И.П., Западнюк В.И., Захария Е.А., Западнюк Б.В. Лабораторные животные. Разведение, содержание, использование в эксперименте. Киев, 1983. 383 с.

УДК 613.6

Система гигиенических мероприятий по профилактике заболеваний персонала, занятого на работах по уничтожению химического оружия

© 2013. О. А. Василенко¹, д.м.н., зам. начальника отдела, С. П. Лось², к.м.н., советник,

¹ Научно-исследовательский центр Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия,

² Федеральное управление по безопасному хранению и уничтожению химического оружия, e-mail: Oksana1464@yandex, svetlos5@mail.ru

Для персонала объектов по уничтожению химического оружия разработана и внедрена система профилактики заболеваний, включившая организационные основы охраны здоровья и управление коллективным риском здоровью персонала, позволившая снизить значения относительного риска.

For the staff of chemical weapons decommission plants a system of disease prevention was developed and implemented, it includes the institutional health protection framework and the staff collective health risk management and it helps to reduce the relative risk amount.

Ключевые слова: профилактика заболеваний, лечебно-профилактические мероприятия, иммунокоррекция, биологически активные вещества, гигиеническое нормирование, средства индивидуальной защиты.

Keywords: disease prevention, treatment and prevention activities, immunocorrection, biologically active substances, hygiene norms, means of individual protection

Поскольку персонал объектов по уничтожению химического оружия (ОУХО) подвергается влиянию внешних (производственных в первую очередь и бытовых) и внутренних факторов риска (нарушение липидного обмена, повышенное артериальное давление, синдром хронической усталости, избыточная масса тела, повышенное содержание сахара в крови, отдельные функциональные нарушения показателей крови и иммунной системы, способные привести к развитию патологии), важнейшими звеньями профилактики заболеваний у обозначенного контингента являются, по нашему мнению, следующие мероприятия: выполнение требований санитарных норм и правил; диспансеризация и регулярные медицинские осмотры работающих во вредных условиях; гигиеническое нормирование вредных веществ; использование средств индивидуальной защиты (СИЗ), иммуномодуляторов и биологически активных веществ (БАВ); лечебно-профилактического питания (ЛПП).

ОУХО являются потенциально опасными химическими предприятиями, где предусмотрены технические, технологические, организационные, архитектурно-строительные и санитарно-гигиенические решения, обеспечивающие безопасность для персонала. Непосредственный контакт персонала с отравля-

ющими веществами (ОВ) минимизирован за счёт автоматизации большинства технологических процессов. С учётом технологий уничтожения ОВ производственные помещения зонированы по группам опасности: помещения I группы опасности («грязные») – технологические помещения, где хранятся ОВ, ведутся технологические процессы и операции с ОВ и их растворами; помещения II группы опасности («условно грязные») – помещения, где отсутствуют технологические процессы и операции, но возможен контакт с ОВ и их растворами за счёт выноса их из помещений I группы опасности или при аварии; помещения III группы опасности («чистые») – помещения, в которых исключается присутствие ОВ. Однако не исключена возможность присутствия в атмосфере производственных помещений низких концентраций опасных промышленных химических веществ, что может привести к развитию симптомокомплекса хронического отравления, а также имеется определённый риск возникновения аварийных ситуаций, в результате ликвидации которых могут возникать острые отравления различной степени тяжести с последующими неблагоприятными отдалёнными последствиями.

Хотя освещённость в производственных, бытовых и вспомогательных помещениях, ми-

кроклимат и предельно допустимый уровень звукового давления на рабочем месте соответствуют требованиям действующих нормативных документов, исключить влияние вредных производственных факторов на организм работающих полностью невозможно.

Использование СИЗ обуславливает дополнительные нагрузки на функциональные системы организма. Применение противогазов связано с воздействием таких неблагоприятных факторов, как сопротивление дыханию, увеличение содержания углекислого газа во вдыхаемом воздухе, давление лицевой части на мягкие ткани лица и головы, ограничение полей зрения. Использование СИЗ кожи приводит к нарушению теплообмена организма человека с окружающей средой, ограничению подвижности.

К неблагоприятным факторам профессиональной деятельности нужно отнести высокое нервно-эмоциональное напряжение, обусловленное интенсивными эмоциональными и информационными перегрузками, тяжесть физического труда со значительными мышечными нагрузками.

Условия труда персонала ОУХО в помещениях I группы отнесены к 4-му классу и характеризуются как опасные (экстремальные) (1-я группа работ), условия труда в помещениях II и III группы отнесены к 4-й степени 3-го класса (3.4) и являются опасными и особо вредными (2-я группа работ).

По тяжести труда работы, выполняемые аппаратчиками в помещениях I и II групп, отнесены к категории средней тяжести.

Гигиенический анализ заболеваемости населения зон защитных мероприятий (ЗЗМ) ОУХО показал, что на предпусковой и пусковой периоды приходился рост заболеваемости по большему числу классов болезней и нозологий. В периоды полномасштабного функционирования объектов заболеваемость по всем классам снижается. Объяснение этому – факт открытия одновременно с объектами медицинских учреждений, обслуживающих население ЗЗМ, и улучшение качества медицинского обслуживания (диагностики и лечения) указанного контингента.

Ведущей патологией, выявленной при медицинских обследованиях и осмотрах на всех этапах функционирования объектов, являются острые заболевания верхних дыхательных путей. Наличие указанной патологии является противопоказанием к работам в средствах индивидуальной защиты, поэтому при проведении осмотров ей уделяется при-

стальное внимание, с этим можно связать её рост. Первичная заболеваемость болезнями органов дыхания у персонала объектов по уничтожению химического оружия кожно-нарывного действия аналогично, как и объектов по уничтожению фосфорорганических отравляющих веществ в предпусковом и пусковом периодах, была в 2 раза выше заболеваемости болезнями органов дыхания у населения. В последующем заболеваемость болезнями указанной нозологии снижалась, но оставалась на достаточно высоком уровне и превышала таковую у населения ЗЗМ. На этом основании можно утверждать, что болезни органов дыхания являются для персонала ОУХО профессионально-обусловленной патологией.

Работа в условиях многофакторного воздействия ОУХО может привести к формированию вторичных иммунодефицитных состояний, являющихся одной из этиологических причин развития иммунозависимых заболеваний, в том числе и острых заболеваний верхних дыхательных путей.

Исследование состояния неспецифической резистентности и специфической иммунной защиты организма персонала объектов показало наличие напряжения системы иммунитета, не выходящего за пределы нормы.

Нарушения клеточного иммунитета, выявленные у персонала, занятого на работах в помещениях I и II группы опасности ОУХО, можно расценить как вторичное иммунодефицитное состояние Т-клеточного типа. При этом глубина нарушений оцениваемых показателей зависит от стажа работы во вредных условиях. Выявленные изменения функциональной активности полиморфноядерных нейтрофилов являются следствием метаболических и регуляторных нарушений, индуцированных многофакторным воздействием опасного производства. Для персонала, занятого на работах в помещениях III группы опасности, были характерны более выраженные изменения факторов неспецифической защиты.

Реализация разработанной нами и представленной ниже системы профилактики заболеваний персонала при уничтожении химического оружия позволяет сократить риск возникновения хронических неинфекционных заболеваний и заболеваний, связанных с развитием синдрома неспецифически сниженной резистентности организма.

Система профилактики включает в себя две большие группы мероприятий: организационные основы охраны здоровья и управление коллективным риском здоровью.

Организационные основы охраны здоровья в системе профилактики заболеваний персонала при уничтожении химического оружия

К организационным основам охраны здоровья отнесены медицинское обследование при приёме на работу, до- и послесменные медицинские осмотры, периодические медицинские освидетельствования и диспансерное наблюдение; определение индивидуального риска здоровью персонала с использованием интегрального показателя риска; здоровьесберегающие технологии и мотивация к здоровому образу жизни.

В местах размещения ОУХО проводятся лечебно-профилактические мероприятия, осуществляется медицинское обслуживание персонала объектов, выполняется комплексное медицинское обследование граждан, проживающих и работающих в ЗЗМ, осуществляется комплексный медико-санитарный мониторинг территории ЗЗМ и Госсанэпиднадзор медико-санитарными частями и центрами Госсанэпиднадзора ФМБА России [1].

Наблюдение за состоянием здоровья осуществляется медицинским персоналом заводских поликлиник и медико-санитарных частей ФМБА России. Состояние здоровья работников оценивается по результатам предварительных медицинских осмотров при приёме на работу, периодических медицинских обследованиях и при обращениях за медицинской помощью. Весь персонал в обязательном порядке подвергается до- и послесменным медицинским осмотрам, имеющим целью выявление остро возникших патологических состояний, препятствующих выполнению служебных обязанностей или требующих экстренного медицинского вмешательства. Каждый работник ежегодно проходит периодические медицинские освидетельствования и, если появляется необходимость, подвергается диспансерному динамическому наблюдению. Лица, отнесённые в группы риска по результатам освидетельствований, проходят обследование и по показаниям – лечение в специализированных лечебных учреждениях. Всё это позволяет сократить риск развития патологии у персонала объектов.

В основе метода оценки риска здоровью лежит подход, основанный на использовании унифицированных шкал. Иерархически организованный интегральный показатель риска (ИПР) позволяет учитывать комплексное воздействие факторов риска на организм в целом, а также резистентность организма к

факторам риска. В расчётах ИПР используются совокупности количественных и качественных показателей, что обуславливает применение при оценке риска здоровью персонала субъективных оценок прогностической значимости показателей. Преимущество подхода состоит в возможности расчёта количественных категорий, которые строятся для каждого фактора риска относительно переменной «дифференциальный показатель риска здоровью». Процедура синтеза ИПР предполагает расчёт латентных показателей каждого уровня иерархии и агрегирование полученных значений в обобщённый показатель.

В качестве модели оценки риска здоровью используются процедуры сопоставления риска на индивидуальном уровне и результатов, полученных в процессе когортных обследований контингентов людей. Большинство из обследованного персонала по показателю относительного риска отнесено к категории среднего риска по расстройствам со стороны органов дыхания, сердечно-сосудистой и нервной системы. При оценке эффективности проводимых профилактических мероприятий доказана высокая сходимость метода.

К здоровьесберегающим технологиям, применимым к персоналу ОУХО, считаем возможным отнести следующие: создание методологии формирования установки на здоровье как высшую ценность; уменьшение ущерба, причиняемого употреблением алкоголя, табакокурением, наркотическими средствами; максимальное использование психофизиологических и интеллектуальных возможностей человека в выбранной им профессии, в предъявляемых условиях и характере труда; мониторинг здоровья и создания базы данных о нём, получение оперативных и долгосрочных данных о психическом и физическом состоянии; разработку и внедрение систем самооценки уровня здоровья и самооздоровления человека; определение уровня здоровья и выявление скрытой патологии; разработку средств оперативного медицинского контроля за лицами, занимающимися спортом, участвующими в физкультурно-оздоровительных программах; создание паспорта здоровья индивида, включающего риск развития заболеваний, оценку функциональных резервов организма, степень физического развития, уровень мотивации человека на сохранение и укрепление здоровья; определение обратимости выявленных изменений в состоянии здоровья [2].

Здоровый образ жизни – образ жизни человека, направленный на профилактику болез-

ней и укрепление здоровья. Он является предпосылкой для развития разных сторон жизнедеятельности человека, достижения им активного долголетия и полноценного выполнения социальных функций, для активного участия в трудовой, общественной, семейно-бытовой, досуговой формах жизнедеятельности.

Актуальность здорового образа жизни вызвана возрастанием и изменением характера нагрузок на организм человека в связи с усложнением общественной жизни, увеличением рисков техногенного, экологического, психологического характера, провоцирующих негативные сдвиги в состоянии здоровья. Учитывая особенности профессиональной деятельности персонала ОУХО, считаем необходимым включить в систему профилактики элемент формирования мотивации к здоровому образу жизни таких его составляющих, как отказ от пагубных привычек; здоровое питание; движение (физически активная жизнь, включая специальные физические упражнения с учётом возрастных и физических особенностей); личная и общественная гигиена; закаливание; нормализация психоэмоционального статуса, оказывающего влияние на функциональное состояние (эмоциональное, интеллектуальное и духовное самочувствие) [3, 4].

Управление коллективным риском здоровью персонала объектов по уничтожению химического оружия

Подсистема управления коллективным риском здоровью персонала также включает в себя несколько компонентов: использование иммуномодуляторов и биологически активных веществ; коррекцию рационов питания; регламентирование использования средств индивидуальной защиты; гигиеническое нормирование отравляющих веществ и продуктов их деструкции в производственной зоне и объектах окружающей среды.

Адекватная, в том числе превентивная иммунокоррекция способна ликвидировать нарушения иммунной системы и обеспечить выведение её на нормальный уровень функционирования, предотвратить развитие иммунопатологии или привести к ремиссии хронического патологического процесса, улучшению здоровья и качества жизни работающих.

Сравнительная характеристика действия некоторых иммуностимуляторов на неспецифическую резистентность организма, клеточный и гуморальный иммунитет показывает, что для коррекции нарушений иммунного статуса

у персонала ОУХО могут быть использованы тимоген, Т-активин, миелопид, иммуфан, полиоксидоний [5–8].

Общее состояние организма и обмен веществ улучшаются при использовании средств и методов экстраиммунной терапии, включающих: снижение антигенной нагрузки при помощи гипоаллергенной диеты и физических методов; выведение антигенов/аллергенов из организма посредством использования сорбентов; лечение хронических очагов инфекции; проведение специфической десенсибилизации и неспецифической гипосенсибилизации; применение витаминов, микроэлементов, биогенных стимуляторов и адаптогенов, веществ, повышающих общую сопротивляемость организма. Это преимущественно продукты растительного или животного происхождения и отдельные синтетические препараты.

Биологически активные вещества мы предлагаем использовать для нормализации и/или улучшения функционального состояния органов и систем организма человека для снижения риска заболеваний, нормализации микрофлоры желудочно-кишечного тракта, в качестве энтеросорбентов, общеукрепляющих и тонизирующих средств и ввести их в лечебно-профилактическом питании для персонала ОУХО.

Одной из причин развития патологических состояний желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) персонала предприятий с особо опасными условиями труда, и как возможного следствия этого снижение иммунорезистентности, является угнетение функции ЖКТ. Использование ЛПК у указанного контингента вызывает очевидный оздоровительный эффект. Исходя из этого, включили использование БАВ как компонента системы профилактики заболеваний персонала ОУХО.

На ОУХО в качестве БАВ использовали лечебно-профилактический комплекс (ЛПК) в форме фруктового сока в индивидуальной упаковке, в состав которого входили: «Лактусан», комплексный иммуноглобулиновый препарат (КИП), бифидумбактерин-ультра. После его приёма нормализовалось содержание глюкозы в крови у 27,4% человек, концентрация креатинина и мочевины – у 26,4%, активность АСТ – у 4,7%, активность ЩФ – у 29,3%. У всех работников, принимавших ЛПК, выявлено увеличение титров антител (IgG, IgA, IgM).

С профилактической целью персонал объектов обеспечивался ЛПК в виде галет, в состав которого включены КИП (содержащий иммуноглобулины классов G, M, A) – для по-

вышения резистентности организма человека), «Комплексный продукт Дубинина» (КПД – адаптоген на основе природных растительных полисахаридов – для коррекции дисбиотических сдвигов, детоксикации организма, подвергнувшегося воздействию химических токсикантов), «Лактусан» (смесь лактулозы с другими углеводами, являющийся стимулятором количественного роста представителей нормофлоры, в основном бифидо- и лактобактерий) – для гепатопротекции, нейропротекции, повышения неспецифической устойчивости и репарации слизистых оболочек, интенсификации синтеза иммуноглобулина А).

Нерациональное, неадекватное питание является фактором риска развития многих патологических состояний [9, 10], поэтому считаем необходимым включение в систему профилактики заболеваний персонала ОУХО использование специально разработанных рационов лечебно-профилактического питания. ЛПП предусматривает по возможности нормализацию функционального состояния организма с целью профилактики неблагоприятного действия факторов производственной среды.

При исследовании статуса питания персонала ОУХО, установлено, что рационы питания недостаточны по калорийности, достигающей 546 ккал (17%), в них снижено содержание жиров (16%) и углеводов (22%) при немного повышенном содержании белков (6%), выявлен дефицит основных минеральных веществ (особенно магния и йода). Отмечается недостаточная обеспеченность витаминами: аскорбиновой кислотой (С) – 80% от физиологической нормы, ретинолом (А) – 33%, тиамином (В₁) – 76%, рибофлавином (В₂), пиридоксином (В₆) – 75%, ниацином (РР) – 67%, фолатом – 86%. Выявленные нарушения среднесуточных рационов питания обусловлены дисбалансом структуры продуктовых наборов. Питание, не удовлетворяющее физиологическим потребностям организма персонала, является дополнительным фактором риска развития патологических состояний.

Коррекция пищевого статуса работников, занятых на работах с вредными и особо вредными условиями труда, осуществляется за счёт применения продуктов лечебно-профилактического назначения в целях укрепления защитных функций организма, снижения риска воздействия вредных производственных факторов. Регулярное употребление ЛПП позволяет сбалансировать пищевой статус работников.

Разработанный продуктовый набор ЛПП составлен с учётом вышеизложенных требований.

Учитывая особенности действия комплекса неблагоприятных факторов производственной среды на Объекте, предложен продуктовый набор для обеспечения защиты организма от действия токсических веществ, элиминации тяжёлых металлов, восполнения дефицита жизненно важных активных элементов и повышения общей сопротивляемости организма.

Рационы ЛПП, рекомендованные персоналу, занятому на работах с химическим оружием, дополнены специальными продуктами диетического (лечебного и профилактического) питания направленного действия, составлены с учётом условий труда и результатов анкетирования персонала объектов, требований, предъявляемых к химическому составу рационов и режиму питания. Например, средний химический состав доработанного рациона № 5 содержит белки – 60 г, в том числе животного происхождения – 30 г; жиры 50 г, в том числе растительного происхождения – 15 г; углеводы 204 г; энергетическая ценность его 1506 ккал. Профилактическое действие рациона направлено на защиту нервной системы (лецитин яичного желтка, полиненасыщенные жирные кислоты растительного масла) и печени (полноценные животные белки творога, нежирного мяса, рыбы, яиц, полиненасыщенные жирные кислоты растительного масла). Рацион дополнен аскорбиновой кислотой и тиамином (150 и 4 мг соответственно), которые выдаются в составе продукта для диетического (лечебного или профилактического) питания в виде третьих блюд ЛПП (кисели и компоты).

В целях практической реализации комплекса лечебно-профилактического питания нами разработаны меню-раскладка рациона ЛПП № 5, реестр блюд для рационов лечебно-профилактического питания и технологические карты для предприятий общественного питания.

Работы по уничтожению химического оружия осуществляются при строгом соблюдении требований промышленной и экологической безопасности, базирующихся на системе гигиенических нормативов и стандартов безопасности. Процесс уничтожения химического оружия потребовал дополнительной разработки нормативов для безопасной эксплуатации действующих объектов и вывода их из эксплуатации, среди которых предельно допустимые концентрации (ПДК) фосфорорганических отравляющих веществ (ФОВ) и отравляющих веществ кожно-нарывного

действия (ОВ КНД) в материалах строительных и металлоконструкций, в шламе после печей термообезвреживания; ПДК ОВ КНД почвы территорий промплощадок; предельно допустимый уровень (ПДУ) загрязнения мышьяком кожных покровов, поверхности технологического оборудования, поверхностей строительных конструкций производственных помещений; ориентировочно допустимый уровень (ОДУ) ФОВ для лома цветных и чёрных металлов; ОДУ МФК водных объектов, почвы населённых мест; ПДК ОВ КНД водных объектов, в атмосферном воздухе населённых мест, в воздухе рабочей зоны; ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ) ОВ КНД в атмосферном воздухе населённых мест, в воздухе рабочей зоны.

Для создания безопасных условий труда на ОУХО важное место отведено правильному применению персоналом средств индивидуальной защиты. С учётом цели применения и минимизации вредных эффектов их воздействия на организм человека разработаны конкретные медико-технические требования к СИЗ для персонала ОУХО [11]. Режимы использования СИЗ установлены в зависимости от используемых свойств защиты, характера, тяжести и напряжённости труда, метеоусловий, микроклимата, психофизиологического состояния и возраста работника.

При работах в регламентном режиме в помещениях I группы опасности и отдельных в помещениях II группы персонал использует изолирующие средства защиты кожи и противогазы фильтрующего типа в течение всей смены. В помещениях II группы опасности работы проводятся в спецодежде и спецобуви, противогаз фильтрующего типа во время работы находится в положении «наготове». В помещениях III группы опасности работы проводятся в соответствующей рабочей одежде и обуви. Личные противогазы находятся на рабочем месте. Аварийно-спасательные бригады (при авариях, не сопровождаемых пожаром) и персонал газоспасательной службы должны работать в СИЗ, состоящих из изолирующего костюма, фильтрующего комбинезона, подшлемника, резиновых и хлопчатобумажных перчаток, резиновых сапог; дыхательного аппарата; шланга-переходника. Пожарные используют комплект СИЗ, состоящий из изолирующего костюма (изолирующий скафандр с сапогами и перчатками, химзащитный комбинезон, капюшон и носки, резиновые перчатки, хлопчатобумажные трикотажные перчатки, защитная каска, ремкомплект), дыхательного аппарата, радиостанции.

Продолжительность смены в помещениях I и II группы опасности 4 часа, в помещениях III группы опасности – 6 часов, в остальных помещениях – 8 часов. Рабочие смены чередуются равномерно, перерыв между сменами – не менее 12 часов.

Заключение

Таким образом, система гигиенических мероприятий по профилактике заболеваний персонала, занятого на работах по уничтожению химического оружия, позволяет на основе мониторинга здоровья, управления индивидуальным риском, регламентирования использования СИЗ, гигиенического нормирования ОВ в производственной зоне и объектах окружающей среды, использования иммуномодуляторов, биологически активных веществ, лечебно-профилактического питания снизить в $1,8 \pm 0,2$ значения относительного риска.

Литература

1. Холстов В.И. Химическое разоружение: безопасность, социальные гарантии // Библиографический журнал. Рос. газ. М. 2005. Вып. № 23 С. 3–16.
2. Щедрин А.Г. Онтогенез и теория здоровья. М.: Олма-Пресс, 2009. 20 с.
3. Мартыненко А.В., Валентик Ю.В., Полесский В.А. Формирование здорового образа жизни молодёжи. М.: Медицина, 1988. - 245 с.
4. Шухатович В.Р. Здоровый образ жизни // Энциклопедия социологии. Мн: Книжный Дом, 2003. 376 с.
5. Зотиков Е.А. Иммунологическая адаптация и компенсация нарушенных функций. М.: Медицина, 1987. С. 381–403.
6. Литовская А.В. Проблемы иммунодиагностики, иммунотерапии, иммунопрофилактики в профпатологии: состояние и перспективы // Проблемы гигиенической безопасности и управления факторами риска для здоровья населения / Под ред. А.И. Потапова. Нижний Новгород: 2004. С. 254–255.
7. Забродский П.Ф., Трошкин Н.М., Германчук В.Г. Иммуностимуляторы. Саратов: «Аквариус», 2001. 109 с.
8. Забродский П.Ф., Мандыч В.Г. Иммунология ксенобиотиков. Саратов: СВИ БХБ, 2007. 420 с.
9. Питание и здоровье: гигиенические и профилактические аспекты. М.: 2008. 53 с.
10. Пилат Т.Л., Истомин А.В., Батурин А.К. Питание рабочих при вредных и особо вредных условиях труда. История и современное состояние. Т. 1. М.: 2006. 240 с.
11. Медико-технические требования (временные) к средствам индивидуальной защиты персонала объектов по уничтожению химического оружия: ФМБА России. М. 2006. 49 с.

УДК 614.7: 623.459: 628.4: 613.6: 628.5

Гигиенические аспекты безопасности полигонов захоронения отходов от ликвидации объектов по уничтожению химического оружия

© 2013. Б. Н. Филатов, д.м.н., директор, Н. Г. Британов, к.м.н., зав. лабораторией, В. В. Клаучек, д.м.н., зам. директора, Н. В. Крылова, к.б.н., с.н.с., Л. А. Доброшенко, н.с., Научно-исследовательский институт гигиены, токсикологии и профпатологии Федерального медико-биологического агентства, e-mail: filatov@rihtop.ru

Разработаны основные положения медико-санитарного обеспечения безопасности персонала, населения и окружающей среды при организации и эксплуатации полигонов захоронения отходов, образующихся при ликвидации и перепрофилировании объектов по уничтожению химического оружия.

Basic principles were developed for health service support of personnel, population and environment safety during organization and operation of sites of storage hazardous waste after liquidation and conversion of chemical weapon decommission plants.

Ключевые слова: объекты по уничтожению химического оружия, ликвидация, полигоны, отходы, захоронение, безопасность работ

Keywords: chemical weapons decommission plants, liquidation, hazardous waste sites, waste, dumping, work safety

На современном этапе работ по химическому разоружению возникла новая важная задача – ликвидация объектов по уничтожению химического оружия (ХО). Перепрофилирование и ликвидация подобных особо опасных химических производств влечёт за собой образование большого количества отходов, представляющих собой неоднородные по химическому и количественному составу сложные поликомпонентные системы, включающие широкий спектр органических и неорганических соединений, обладающих различными физико-химическими и токсическими свойствами, способствующими миграции компонентов в окружающую среду [1, 2]. Значительную часть отходов составляют разрушенные строительные конструкции и технологическое оборудование, которые могли быть загрязнены высокоопасными соединениями, используемыми в технологическом цикле, в том числе отравляющими веществами и токсичными продуктами их деструкции при функционировании объекта по уничтожению ХО в штатном режиме и при нештатных ситуациях. Подобные твёрдые отходы, загрязнённые остаточными количествами токсикантов и находящиеся на площадках временного хранения и полигонах захоронения, представляют определённую потенциальную опасность для персонала объектов по уничтожению ХО, на-

селения, проживающего на близлежащих территориях, и окружающей среды [3–5]. Учитывая огромные масштабы образования таких отходов и чрезвычайно широкое разнообразие их по составу, видам, характеру возможного опасного действия на человека и окружающую среду, проблема обращения с отходами объектов по уничтожению ХО в настоящее время приобретает одно из центральных мест в системе санитарно-эпидемиологического надзора и ставит дополнительные задачи по их утилизации.

С гигиенических позиций актуальность проблемы состоит в том, что контакт человека с отходами может сопровождаться воздействием на его здоровье. Прямой контакт возможен в момент образования отходов, при их транспортировке, переработке, уничтожении и захоронении и ограничен во времени. На здоровье населения может сказываться не менее опасное и более продолжительное по времени опосредованное влияние отходов через загрязнение атмосферного воздуха, почвы, подземных вод, открытых водоёмов и сельскохозяйственной продукции растительного и животного происхождения.

Важным аспектом в предупреждении негативных последствий загрязнения окружающей среды опасными отходами и неотъемлемым элементом Федеральной целевой программы

«Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» является организация специальных полигонов захоронения отходов объектов по уничтожению ХО [6]. Разработка и внедрение гигиенических мероприятий направлены на снижение реальной и потенциальной угрозы химического загрязнения окружающей среды. Создание специализированного природоохранного объекта способно решить проблему защиты окружающей среды и населения от воздействия высокоопасных токсикантов, содержащихся в отходах. До настоящего времени не были разработаны нормативные требования и методические подходы по осуществлению безопасной эксплуатации полигонов по захоронению отходов, образующихся при ликвидации или перепрофилировании объектов по уничтожению ХО. Это обусловило актуальность научного обоснования подходов обеспечения безопасности персонала, населения и окружающей среды при организации и эксплуатации указанных полигонов.

Целью данного исследования являлась разработка основных положений медико-санитарного обеспечения безопасности работ при организации и эксплуатации полигонов захоронения отходов от ликвидации и перепрофилирования объектов по уничтожению химического оружия.

Методика

Разработка методических рекомендаций по обеспечению безопасности персонала, населения и окружающей среды при организации и эксплуатации полигонов захоронения отходов от ликвидации и перепрофилирования объектов по уничтожению ХО, организации и осуществлению федерального государственного санитарно-эпидемиологического надзора и санитарно-химического контроля за состоянием территории полигонов и окружающей среды проводилась сотрудниками ФГУП «НИИ ГТП» ФМБА России (г. Волгоград), ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России (г. Санкт-Петербург) и специалистами Федерального медико-биологического агентства на основе комплекса нормативно-методической, технической и патентной информации, касающейся обеспечения безопасности персонала и населения при эксплуатации полигонов захоронения опасных промышленных отходов и определяющих основные принципы обращения с отходами производства [7–10], с учётом накопленного опыта по медико-гигиеническому сопровождению процессов уничтожения ХО и ликвидации бывших объектов по производству ХО, включая обращение со строительными отходами [1–3].

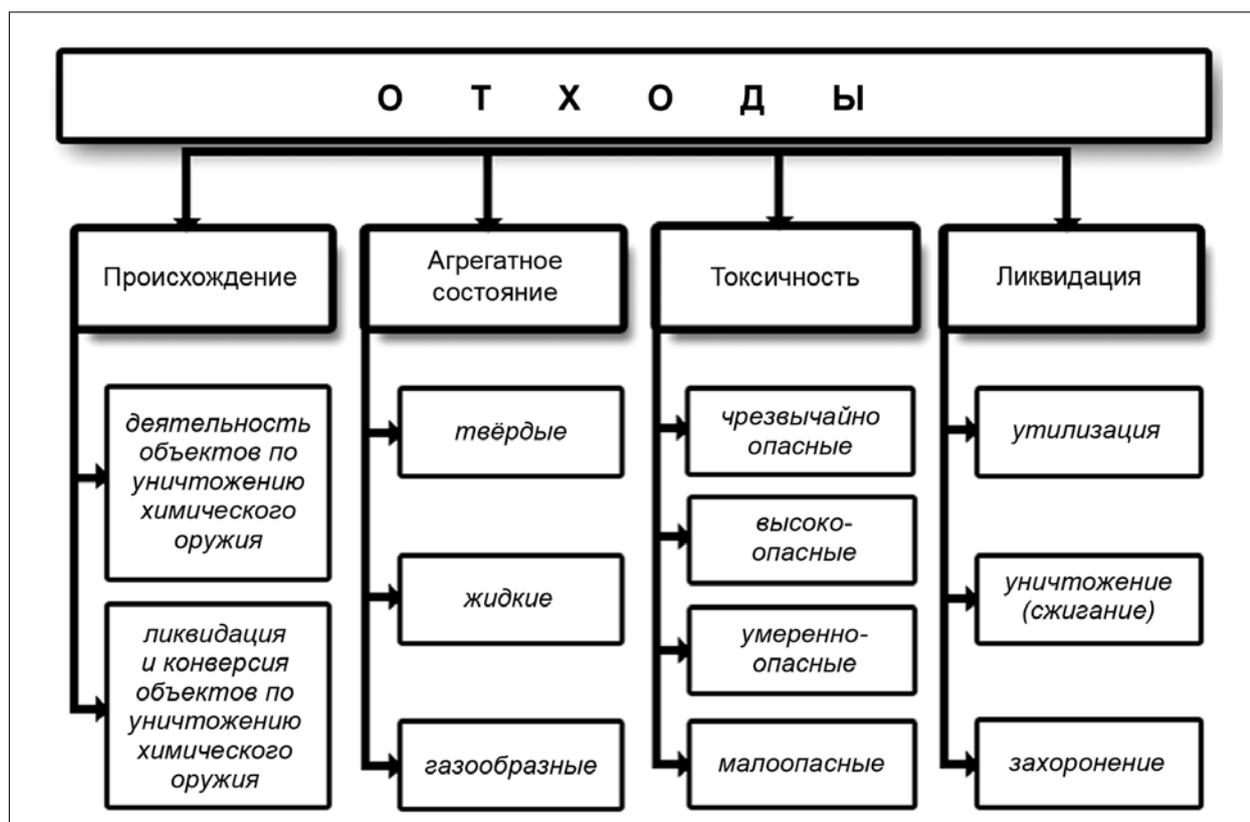


Рис. 1. Характеристика отходов объектов по уничтожению химического оружия

Результаты и обсуждение

Характеристика отходов объектов по уничтожению ХО представлена на рисунке 1. Дальнейшая их судьба (утилизация, уничтожение, захоронение) зависит от их происхождения, агрегатного состояния, физико-химических свойств и уровня опасности для человека и окружающей среды, определяемой в соответствии с санитарными правилами [11].

Работы по захоронению отходов и эксплуатации полигона с учётом результатов аналитического контроля разделяются на представляющие потенциальную и реальную опасность воздействия токсичных веществ, содержащихся в отходах, на персонал, население и окружающую среду. Для персонала, выполняющего работы с отходами объектов по уничтожению ХО, потенциальная опасность обусловлена возможностью контакта с отходами, тарой и спецтехникой, загрязнёнными токсичными веществами. Для окружающей среды и населения, проживающего на прилегающих к полигонам территориях, потенциальную химическую опасность при работах по захоронению отходов и эксплуатации полигонов представляют: вентиляционные выбросы от контрольно-аналитической лаборатории, патрубков бункеров захоронения отходов и

автотранспорта; токсичные вещества, испаряющиеся с поверхности аккумулирующих и пожарных водоёмов, их фильтрация в почву и грунтовые воды; пыль от карт захоронения твёрдых отходов; ливневые и грунтовые воды с территории полигонов; атмосферный воздух, почва, вода и донные отложения водоёмов, снежный покров и растения, загрязнённые остаточными количествами отравляющих веществ и продуктами их деструкции (рис. 2).

Реальная химическая опасность от процессов захоронения отходов и эксплуатации полигона оценивается по результатам анализа данных химико-аналитических исследований загрязнённости объектов производственной и окружающей среды токсичными химическими веществами. Основным критерием безопасности функционирования полигонов захоронения отходов объектов по уничтожению ХО является содержание загрязнителей отходов в объектах производственной среды полигона и окружающей среды территории, прилегающей к полигону, на уровне гигиенических нормативов.

Санитарно-эпидемиологический надзор за полигонами захоронения отходов от ликвидации или репрофилирования объектов по уничтожению ХО базируется на положениях Федерального закона РФ «О санитарно-

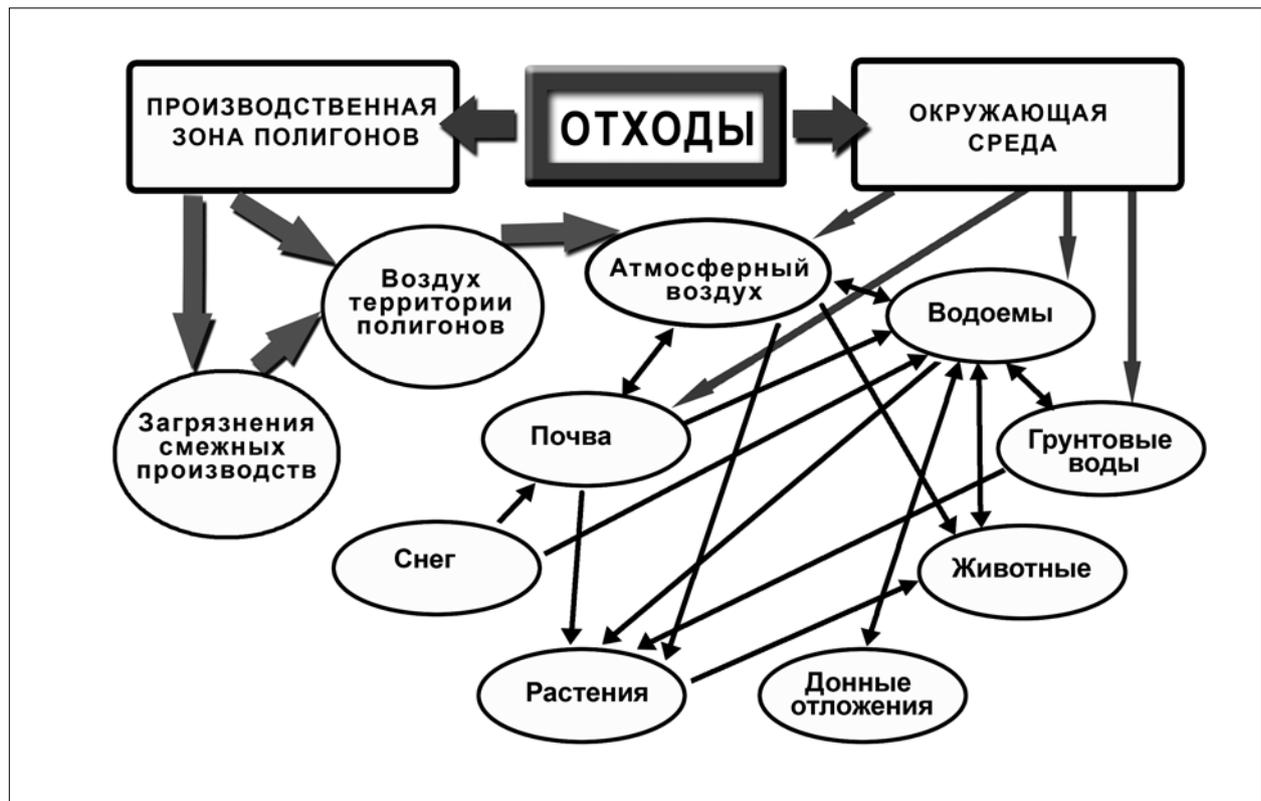


Рис. 2. Миграция отходов в окружающей среде

эпидемиологическом благополучии населения» [10], определяющих основные принципы обращения с отходами производства. Надзор основан на комплексном подходе и включает оценку управления объёмом и качеством принимаемых на полигон отходов, контроль эффективности инженерно-технических и технологических мероприятий. Это позволяет своевременно оценивать изменяющуюся экологическую и санитарную ситуации, прогнозировать возможное негативное влияние на объекты окружающей среды, здоровье работников полигона и населения территорий, прилегающих к нему, и принимать упреждающие управленческие решения с учётом степени экологического и санитарно-эпидемиологического риска.

Разработанные научно-методические основы по обеспечению безопасности работ и снижению риска для здоровья персонала и населения при эксплуатации полигона для захоронения отходов от ликвидации или перепрофилирования объектов по уничтожению ХО позволили сформулировать требования, включающие управление эмиссией полигона путём создания многобарьерной защиты, особенно при захоронении отходов, содержащих мышьяк и продукты деструкции фосфорорганических отравляющих веществ, организацию обязательного входного контроля полноты обезвреживания отходов, управление потоками отходов на полигоне. Предусматривается захоронение отходов с учётом их физико-химических и токсикологических характеристик, выбор безопасного района размещения площадки проектируемого полигона по санитарным, экологическим, градостроительным, геологическим, гидрогеологическим, гидрологическим, ландшафтным и другим критериям. При выборе площадки для строительства полигона учитываются климатические характеристики района, рельеф местности, достаточная удалённость от жилой зоны.

Обоснована необходимость организации противодиффузионной защиты основания полигона путём использования естественно-геологического барьера, его сорбционных и водоупорных свойств, устройства искусственного противодиффузионного экрана, системы сбора ливневых вод, а также создание изолирующего покрытия на отработанных участках. Обязательными являются максимальная механизация процессов захоронения отходов, применение средств коллективной и индивидуальной защиты персонала и организация санитарно-химического контроля про-

изводственной среды и мониторинга объектов окружающей среды. Транспортировка отходов должна осуществляться способами, исключая причинение вреда здоровью людей и окружающей среде, возможность их потери в процессе перевозки и создание аварийных ситуаций. Специально оборудованный транспорт должен проходить санитарную обработку после каждого рейса.

Захоронение отходов необходимо осуществлять отдельно в специальные карты в зависимости от видов, классов опасности, агрегатного состояния и водорастворимости компонентов отходов, а также с учётом массогабаритных размеров используемой тары.

Учитывая токсичность, стойкость и способность накапливаться в объектах окружающей среды мышьяка и некоторых продуктов деструкции фосфорорганических отравляющих веществ [12–17], захоронение отходов 1–3 классов опасности, содержащие эти токсины, следует производить с использованием дополнительных защитных барьеров.

В разработанном методическом документе нашли отражения рекомендации по использованию растений в качестве биоиндикаторов антропогенного загрязнения окружающей среды.

Для обеспечения санитарно-эпидемиологической безопасности персонала, населения и среды обитания, выполнения требований безопасности, надёжности и экологической чистоты, связанной с эксплуатацией полигона, необходима эффективная, хорошо отлаженная во всех звеньях система аналитического контроля, гарантирующая получение объективных данных о состоянии производственной и окружающей сред, необходимых для принятия управленческих решений.

Основными задачами химико-аналитического контроля по обеспечению безопасности персонала, населения и окружающей среды при эксплуатации полигонов захоронения отходов объектов по уничтожению ХО является определение содержания отравляющих веществ, продуктов их деструкции и приоритетных загрязнителей в воздухе промышленной площадки, в выбросах лабораторий и бункеров захоронения отходов, сточных водах от обработки спецмашин и оборудования, стирки средств индивидуальной защиты, в воде аккумуляционных и пожарных водоёмов и наблюдательных скважин. Кроме того, предусматривается контроль загрязнённости спецмашин и оборудования, средств индивидуальной защиты и кожных покровов

персонала, почвы территории промплощадки, атмосферного воздуха, почвы, подземных и поверхностных вод, снега в санитарно-защитной зоне полигона.

Санитарно-эпидемиологический надзор за безопасностью работ персонала при выполнении основных технологических процессов и операций необходимо осуществлять в процессе захоронения отходов объектов по уничтожению ХО, проведения дегазационных работ на спецмашинах и оборудовании, дегазации и стирки загрязненных средств индивидуальной защиты, выполнения исследований в контрольно-аналитической лаборатории, отбора проб из вентиляционных патрубков, контрольно-регулирующих прудов, пруда-испарителя и сточных вод.

При соответствии фактического количества захоронённых отходов расчётной мощности полигона принимается решение о его закрытии. После прекращения приёма на полигон отходов объектов по уничтожению ХО проводится текущий санитарно-эпидемиологический надзор за выполнением гигиенических нормативов и рекомендаций. Химико-аналитические исследования объектов производственной и окружающей среды необходимо выполнять в полном объёме. Продолжительность контроля и мониторинга определяется уполномоченными органами, исходя из информации о качественном и количественном составе захороненных отходов и времени, в течение которого полигон может представлять потенциальную опасность для окружающей среды и населения.

Для обеспечения защиты персонала от воздействия вредных производственных факторов при проведении различных технологических операций рекомендовано применение средств индивидуальной защиты. Их комплектация зависит от условий работы и степени опасности выполняемых производственных операций. Основными средствами индивидуальной защиты для лиц, занятых на операциях по захоронению термообезвреженных отходов, являются хлопчатобумажная пылезащитная спецодежда с головным убором и нательным бельём, кожаные ботинки с усиленной подошвой и наружными металлическими носками, брезентовые рукавицы, монтажная каска, защитные очки и респиратор. Работники, выполняющие операции по захоронению отходов 1–2 классов опасности, содержащих мышьяк и продукты деструкции фосфорорганических отравляющих веществ, дополнительно используют прорезиненные фартук и нарукавники,

резиновые перчатки и противогаз ПФС в положении «наготове». Предусмотрена необходимость направления после работы средств индивидуальной защиты и спецодежды на дегазацию, обработку и подготовку для последующего использования.

Мероприятия по коллективной защите персонала включают соблюдение требований гигиенических нормативов содержания приоритетных загрязняющих веществ и пыли в воздухе рабочей зоны, выбросах и сбросах в окружающую среду, на поверхностях средств индивидуальной защиты, спецмашин и оборудования. Предусматривается контроль показателей микроклимата, уровней освещённости, шума и вибрации, оценка степени механизации и обеспечения дистанционным управлением операций по захоронению отходов.

При организации санитарно-бытового и медицинского обеспечения персонала полигона захоронения отходов от ликвидации или перепрофилирования объектов по уничтожению ХО необходимо предусмотреть оборудование отапливаемых бытовых помещений с размещением достаточного количества санузлов, душевых и раздевалок, а также медицинских помещений в объёме фельдшерского здравпункта.

Заключение

Разработаны методические подходы по обеспечению безопасности персонала, населения и окружающей среды при организации и эксплуатации полигонов захоронения отходов от ликвидации и перепрофилирования объектов по уничтожению химического оружия. Они включают в себя создание многобарьерной защиты, обязательный входной контроль полноты дегазации отходов, размещение отходов в соответствии с их классом опасности, физико-химическими и токсикологическими характеристиками. Обоснована необходимость выбора безопасного района размещения площадки проектируемого полигона в соответствии с существующими критериями, организации противодиффузионной защиты основания полигона и создание изолирующего покрытия на отработанных участках. Предусматриваются управление потоками отходов на полигоне, максимальная механизация процессов захоронения отходов, применение средств коллективной и индивидуальной защиты, организация санитарно-химического контроля производственной среды и мониторинга объектов окружающей среды. разрабо-

таны рекомендации по санитарно-бытовому и медицинскому обеспечению персонала полигонов.

Литература

1. Радиков А. С., Нагорный С. В., Рембовский В. Р., Ермолаева Е. Е., Савельева Е. И., Гончаров Н. В., Корягина Н. Л., Цибульская Е. А., Хлебникова Н. С., Цимбал Ф. А. Токсиколого-гигиеническая оценка опасности отходов бывших предприятий по производству и использованию отравляющих веществ // Российский химический журнал. 2007. Т. LI. № 2. С. 77–82.

2. 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 // Российский химический журнал. 2010. Т. LIV. № 4. С. 140–143.

3. Рембовский В. Р., Нагорный С. В., Радиков А. С., Цибульская Е. А., Тидген В. П., Киселев Д. Б., Романов В. В., Леженин А. В. Научные аспекты санитарно-гигиенического сопровождения работ по выводу из эксплуатации и перепрофилированию объектов по уничтожению химического оружия // Российский химический журнал. 2010. Т. LIV. № 4. С. 136–139.

4. Рембовский В. Р., Филатов Б. Н. Научное медико-гигиеническое сопровождение работ по уничтожению химического оружия в России // Медицина экстремальных ситуаций. 2007. № 3. С. 92–103.

5. 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.

6. Федеральная целевая программа «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации». Утв. Постановлением Правительства РФ 21.03.1996 № 305 (ред. от 27.12.2012).

7. СанПиН 2.1.7.1322-03. Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления : утв. Гл. гос. сан. врачом РФ 30.04.2003 : введ. в действие с 15.06.2003 (зарегистрировано в Минюсте РФ 12.05.2003 № 4526).

8. СНиП 2.01.28-85. Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов. Основные положения по проектированию : утв. по-

становлением Госстроя СССР от 26.06.1985. М.: ЦИТП Госстроя СССР. 1985. 16 с.

9. Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ (ред. от 28.07.2012) (с изм. и доп., вступающими в силу с 23.09.2012) «Об отходах производства и потребления».

10. Федеральный закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ (ред. от 25.06.2012) (с изм. и доп., вступающими в силу с 01.01.2013) «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».

11. СП 2.1.7.1386-03 (ред. от 31.03.2011). Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления : утв. Гл. гос. сан. врачом РФ 16.06.2003 : введ. в действие с 30.06.2003 (зарегистрировано в Минюсте РФ 19.06.2003 № 4755).

12. Шумилова М. А., Набокова О. С., Петров В. Г. Особенности поведения техногенного мышьяка в природных объектах // Химическая физика и мезоскопия. 2011. Т. 13. № 2. С. 262–269.

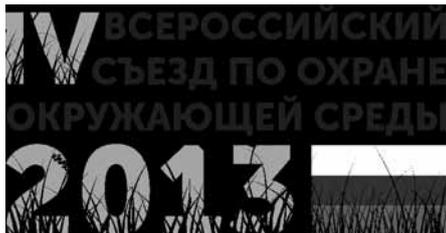
13. Вредные вещества в окружающей среде. Элементы V-VIII групп периодической системы и их неорганические соединения. Справочно-энциклопедическое издание / Под ред. В. А. Филова и др. СПб: Профессионал, 2006, 2007. С. 95–121.

14. Безопасность, медицина труда и экология человека при уничтожении люизита, иприта и их смесей. В помощь практическому врачу регионов уничтожения химического оружия. Учебное пособие / Под ред. А. А. Каспарова, В. Д. Ревы. М.: Слово, 2006. С. 130–143.

15. Малочкина Е. И., Зотова Т. А., Сокальский М. А., Мазаев В. Т., Шлепнина Т. Г. Стабильность продуктов деструкции зарина, зомана и российского VX, вымываемых из битумно-солевых масс, в водной среде и их влияние на санитарный режим водных объектов // Гигиена и санитария. 2007. № 4. С. 31–34. 16. Малочкина Е. И., Горбунова З. И., Ходаковская О. А., Глухова Л. Д., Петрунин В. А. Ингаляционная токсичность битумно-солевых масс, полученных при уничтожении зарина, зомана и российского VX // Токсикологический вестник. 2006. № 4. С. 2–6.

17. Малочкина Е. И., Зотова Т. А., Торубаров А. И., Жаков В. А., Сокальский М. А., Шелученко В. В., Петрунин В. А. Химико-аналитические исследования и токсикологическая оценка продуктов деструкции фосфорорганических отравляющих веществ, вымываемых из битумно-солевых масс // Токсикологический вестник. 2006. № 5. С. 22–27.

IV ВСЕРОССИЙСКИЙ СЪЕЗД ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ



2–4 декабря 2013 года в г. Москве состоялся IV Всероссийский съезд по охране окружающей среды в «Крокус-Экспо» в павильонах 2 и 3. На съезд были избраны на региональных конференциях и вошли в списки 2124 делегата, присутствовали на съезде 1893 делегата федерального, регионального и муниципального уровней власти, международных организаций, общественных, научных и образовательных организаций, крупных компаний – природопользователей. От Кировской области были избраны 12 делегатов: Албегова А. В., Алтобаев С. В., Ашихмина Т. Я., Бурков Н. А., Гизатуллин И. М., Ломаш С. И., Окулов К. Ю., Пересторонин В. П., Поскрёбышев Г. А., Френкель М. О., Чемоданов А. Н., Ширяев В. В.

Открыл IV Всероссийский съезд по охране окружающей среды академик, почётный президент Русского географического общества, директор Института географии РАН Владимир Михайлович Котляков. Он отметил, что съезд экологов проходит на этапе завершения 2013 года – Года охраны окружающей среды, объявленного в Российской Федерации Президентом. После третьего съезда экологов прошло 10 лет. За этот период произошли серьёзные изменения в сфере управления качеством окружающей среды, регулирования в природоохранной деятельности, в области государственного экологического надзора, государственной экологической экспертизы, государственного экологического мониторинга. Обладая территориями, сохранившими естественную биопродуктивность и биоразнообразие (свыше 60% территории России остаются фактически не затронутыми антропогенным воздействием), Российская Федерация играет ключевую роль в поддержании глобальных функций биосферы. Президентом Российской Федерации утверждены Основы государственной политики в области экологического развития страны на период до 2030 года. Приняты Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года, Энергетическая стратегия России на период до

2030 года, Климатическая доктрина Российской Федерации, Стратегия деятельности в области гидрометеорологии на период до 2030 года (с учётом аспектов изменения климата), Концепция развития особо охраняемых природных территорий федерального значения на период до 2020 года.

В завершении вступительного слова по открытию съезда В.М. Котляков пожелал делегатам успешной работы на съезде, в работе всех секций и круглых столов, обратился к делегатам с просьбой сформулировать предложения для принятия резолюции IV Всероссийского съезда по охране окружающей среды.

Делегатов съезда приветствовали Бердицкий А. И. – советник Президента РФ, специальный представитель Президента по вопросам климата; Донской С. Е. – министр природных ресурсов и экологии РФ с приветствием от Председателя Правительства Российской Федерации Д.А. Медведева; Железняк С.В. – заместитель Председателя Государственной Думы Федерального Собрания РФ; Кашин В. И. – председатель Комитета по природным ресурсам, природопользованию и экологии Государственной Думы Федерального Собрания РФ; Цыбко К. В. – заместитель Председателя Комитета по аграрно-продовольственной политике и природопользованию Совета Федерации Федерального Собрания РФ; Касимов Н. С. – первый вице-президент Русского географического общества и др.

В первый день в ходе пленарного заседания с докладами выступили 26 делегатов съезда. Открыл пленарное заседание вступительным докладом министр природных ресурсов и экологии РФ С. Е. Донской. Он отметил, что государственное управление и природоохранное законодательство в том числе в части разграничения федеральных и региональных полномочий в области охраны окружающей среды и природопользования за период между съездами совершенствовалось. Приняты новые федеральные законы, направленные на повышение эффективности государственного экологического надзора, государственного экологического мониторинга, охраны морской среды. На рассмотрении в Государственной Думе Федерального Собрания Российской Федерации находятся законопроекты, направленные на изменение системы экологического нормирования на принципах наилучших, доступных

технологий, внедрение мер экономического стимулирования модернизации производств, развитие сферы обращения с отходами производства и потребления, совершенствование организации и функционирования особо охраняемых природных территорий.

Экологические проблемы России тесно взаимосвязаны с глобальными проблемами окружающей среды. Вхождение России во Всемирную торговую организацию, присоединение к Организации экономического сотрудничества и развития, ратификация и присоединение к системе международных договоров накладывают дополнительную ответственность и масштабные обязательства. Главными задачами на современном этапе являются повышение эффективности государственного регулирования в сфере охраны окружающей среды и рационального природопользования, внедрение принципов «зелёной экономики» в свете решений конференции ООН «Рио+20» в 2012 г., а также реализация Основ государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года.

О приоритетных направлениях развития экологической политики Российской Федерации в своём докладе рассказал В. И. Кашин – председатель Комитета по природным ресурсам, природопользованию и экологии Государственной Думы Федерального Собрания РФ. Первый вице-президент Русского географического общества Н. С. Касимов выступил с докладом «Рациональное природопользование: перспективы научно-технического сотрудничества». О научном сопровождении охраны окружающей среды, необходимости прорыва в своём докладе говорил генеральный директор ОАО «Научно-исследовательский институт охраны атмосферного воздуха» А. Ю. Недре. Вопросы, касающиеся правовых аспектов охраны и рационального использования лесных и охотничьих ресурсов, были озвучены в докладе заместителя министра природных ресурсов и экологии РФ – руководителя Федерального агентства лесного хозяйства В. А. Лебедева; проблемам использования водных ресурсов был посвящён доклад руководителя Федерального агентства водных ресурсов М. В. Селивёрстовой.

Среди пленарных докладчиков были О. И. Бетин – глава администрации Тамбовской области, В. В. Рябишин – первый заместитель губернатора Вологодской области, П. Н. Алексеев – заместитель председателя правительства Республики Саха (Якутия),

Н. Ю. Вашлаева – заместитель губернатора Кемеровской области, А. Г. Сидоров – министр природных ресурсов и экологии Республики Татарстан, Е. В. Вавилова – министр природных ресурсов и экологии Красноярского края, председатель общественного совета при Управлении Росприроднадзора по Тюменской области Ю. В. Денеко, председатель Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Правительства Санкт-Петербурга В. Н. Матвеев, которые в своих докладах отметили не только актуальные проблемы региональной экологической политики, но и рассказали об опыте в области природоохранной деятельности; о реализации пилотных проектов по созданию системы экологического мониторинга; о внедрении новых технологий по утилизации и переработке промышленных, бытовых и древесных отходов; о совершенствовании форм и методов в области развития экологической культуры, образования и просвещения населения; о формировании экологической политики на региональном уровне на период до 2030 года и др.

На съезде была организована работа 20 секций, включающих 6 сессий, 12 панельных дискуссий, 3 круглых стола, работу экокинотеатра – фестиваль кино «Живая природа», гостеприимной сессии «Экотуризм на карте России», Русского географического общества и охраны окружающей среды и др. Третий день съезда был посвящён проведению Первого Всероссийского молодёжного экологического форума и заключительному заседанию съезда, на котором были подведены итоги работы всех секций на съезде, обсуждены предложения делегатов съезда, поступившие на секциях, панельных дискуссиях и круглых столах, принята резолюция IV Всероссийского съезда по охране окружающей среды, проведена церемония вручения государственных, федеральных наград и премий.

В резолюцию съезда включено 17 разделов, касающихся вопросов в области экологической политики; совершенствования нормативного и правового обеспечения охраны окружающей среды и экологической безопасности; изменения климата и охраны озонового слоя Земли; практики использования национальных, региональных и тематических рейтингов, рэнкингов и индексов в сфере охраны окружающей среды и «зелёной экономики»; сохранения биологического и ландшафтного разнообразия; охраны и рационального использования водных объектов, охраны

и устойчивого использования лесов; обращения с отходами производства и потребления и ликвидации накопленного экологического ущерба; развития институтов оценки воздействия на окружающую среду и государственной экологической экспертизы; совершенствования государственного экологического надзора; организации экологического мониторинга и информационного обеспечения охраны окружающей среды; развития научных исследований в области охраны окружающей среды, экологического образования и просвещения; экологической составляющей корпоративной ответственности бизнеса; международного сотрудничества в области охраны окружающей среды.

Предложено Правительству Российской Федерации разработать «Концепцию перехода Российской Федерации к «зелёной экономике» и «План действий по переходу Российской Федерации к «зелёной экономике».

«Зелёная экономика» определена в Декларации о внедрении принципов «зелёной экономики» в Российской Федерации как успешная экономика, обеспечивающая:

- высокий уровень качества жизни населения, основанный на экономическом процветании и создании безопасной для здоровья окружающей среды;
- высокие темпы развития отраслей, являющихся стратегическими для национальной экономики;
- бережное и рациональное использование природных ресурсов в интересах будущих поколений;
- выполнение страной международных экологических обязательств.

Делегатами съезда принято решение опубликовать в полном объёме резолюцию и решения тематических секций съезда, одобрить Декларацию о внедрении принципов «зелёной экономики» в Российской Федерации; предложить Правительству Российской Федерации создать Федеральный экологический совет как площадку для регулярных консультаций руководителей федеральных и региональных органов государственной власти с целью реализации скоординированной экологической политики; поручить Общественному совету при Минприроды России обеспечить мониторинг выполнения решений съезда с размещением соответствующей информации в сети Интернет; провести очередной Всероссийский съезд по охране окружающей среды в 2017 году.

Съезд обратился к Правительству Российской Федерации в связи со 150-летним юбилеем установить в г. Москве памятник выдающемуся учёному и мыслителю, основоположнику учения о биосфере В.И. Вернадскому.

Хочется верить в то, что сформулированные делегатами предложения, идеи, внесённые в резолюцию съезда, будут восприняты как руководство к действию на всех уровнях органов власти, реализованы на практике природоохранной деятельности с участием каждого человека нашей страны.

*Делегат IV Всероссийского съезда
по охране окружающей среды,
д.т.н., профессор Вятского государственного
гуманитарного университета
Т. Я. Ашихмина*

**ВСТРЕЧИ ГЕНЕРАЛА В. П. КАПАШИНА С ПЕРСОНАЛОМ ОБЪЕКТОВ, НАСЕЛЕНИЕМ
И ЖУРНАЛИСТАМИ ВО ВРЕМЯ РАБОЧИХ ВИЗИТОВ В РЕГИОНЫ**



Индекс 82027, 48482



ISSN 1995-4301



9771995430004