



Теоретическая и прикладная ЭКОЛОГИЯ

№4

Индекс 82027, 48482



**ВЫПОЛНЕНИЕ
РОССИЕЙ
КОНВЕНЦИИ
О ЗАПРЕЩЕНИИ
ХИМИЧЕСКОГО
ОРУЖИЯ:
ЗАВЕРШАЮЩИЙ
ЭТАП**

**МЕТОДЫ
И ТЕХНОЛОГИИ
РЕАБИЛИТАЦИИ
ТЕРРИТОРИЙ,
САНАЦИИ
ЗДАНИЙ
И СООРУЖЕНИЙ**

**АНАЛИТИЧЕСКОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ПРОЦЕССА
УНИЧТОЖЕНИЯ
ХИМИЧЕСКОГО
ОРУЖИЯ**

**МОНИТОРИНГ
ОБЪЕКТОВ ПО
УНИЧТОЖЕНИЮ
ХИМИЧЕСКОГО
ОРУЖИЯ**

**ХРОНИКА
СОБЫТИЙ И
МЕРОПРИЯТИЙ**

4
2012

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ВЫПУСК ПОСВЯЩЁННЫЙ ВОПРОСАМ САНАЦИИ
И РЕАБИЛИТАЦИИ ТЕРРИТОРИЙ БЫВШИХ ПРОИЗВОДСТВ ХИМИЧЕСКОГО
ОРУЖИЯ И ОБЪЕКТОВ ПО УНИЧТОЖЕНИЮ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ



*Теоретическая
и прикладная*
ЭКОЛОГИЯ
№ 4, 2012

**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 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

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

И.А. Жуйкова к.г.н., доцент Вятского государственного
гуманитарного университета

Л.Л. Журавлёва д.т.н., заместитель директора ФБУ
«Государственный научно-исследовательский
институт промышленной экологии»

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

В.И. Измалков д.т.н., профессор Военной Академии
Генштаба МО РФ

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

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

Н.А. Киреева д.б.н., профессор Башкирского
государственного университета

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

Журнал издаётся при поддержке
Департамента реализации конвенционных
обязательств Министерства промышленности
и торговли РФ в рамках ФЦП «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 «МК-Periodica» in your country
or to JSC «МК-Periodica» directly. Address: Russia,
129110, Moscow, 39, Gilyarovskiy St.,
JSC «МК-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 – Александр Широких
Перевод – Ирина Кондакова
Выпускающий редактор Мария Зелаева
© Оформление. Издательство «О-Краткое»
Директор издательства «О-Краткое»
Евгений Дрогов

Подписано в печать 15.12.2012. Формат 60x84¹/₈.
Печать офс. Бумага офс. Усл.п.л. 12,5.
Тираж 1150 экз. Заказ № 0549.

Отпечатано в полном соответствии с качеством
предоставленных материалов
в ООО «Кировская областная типография»
610004, г. Киров, ул. Ленина, 2

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 Цилиньского 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 «Росатома», директор
экологического центра ИИЕТ РАН
руководитель Аппарата ФГУ
Общественная палата
(вице-президент ОООР «Экосфера»)

А.Ф. Радченко д.х.н., заместитель директора
ФБУ «Государственный научно-
исследовательский институт
промышленной экологии»

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

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

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

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

Т.А. Трифонова зам. председателя Комитета
Государственной Думы
по природным ресурсам,
природопользованию и экологии
д.т.н., профессор Национального
технического университета
«Харьковский промышленный институт»

А.И. Фокин д.и.н., профессор,
ректор Вятского государственного
гуманитарного университета

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

По вопросам размещения рекламы и публикации статей обращаться к:
610002, г. Киров, ул. Свободы, 122, тел./факс 8 (8332) 37-02-77.

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

ВЫПОЛНЕНИЕ
РОССИЕЙ
КОНВЕНЦИИ О
ЗАПРЕЩЕНИИ
ХИМИЧЕСКОГО
ОРУЖИЯ:
ЗАВЕРШАЮЩИЙ
ЭТАП

- В. И. Холстов* Реализация Федеральной целевой программы на четвёртом заключительном этапе уничтожения химического оружия6
- В. П. Капашин* Актуальные вопросы завершающего четвёртого этапа выполнения конвенционных обязательств Российской Федерацией8
- А. А. Гулин* Основные направления научных исследований на завершающем этапе химического разоружения России10

МЕТОДЫ И
ТЕХНОЛОГИИ
РЕАБИЛИТАЦИИ
ТЕРРИТОРИЙ,
САНАЦИИ
ЗДАНИЙ И
СООРУЖЕНИЙ

- Р. О. Акишин, А. С. Лякин* Научно-технические аспекты ликвидации последствий деятельности объектов по хранению и уничтожению химического оружия13
- А. С. Лякин* Способы приведения в безопасное состояние территорий и объектов инфраструктуры при выводе из эксплуатации объекта по хранению и уничтожению химического оружия «Горный» (пос. Горный Саратовской области)17
- Е. М. Загребин, А. В. Соснов, С. В. Садовников, М. А. Землякова, Ю. Г. Пуцыкин, А. А. Шаповалов* Новые высокотехнологичные сорбенты и сорбенты-биодеструкторы на основе гуминовых кислот в качестве средств ремедиации и рекультивации загрязнённых почв21
- О. Ю. Растегаев, В. Е. Субботин, А. М. Ченцов, В. А. Рыжков, С. Н. Черников* Практические направления экологической реабилитации почв при их химическом загрязнении30
- А. А. Гулин, Е. П. Павленко* Обеспечение безопасных условий передачи металлоотходов по уничтожению химического оружия на металлоперерабатывающие предприятия34
- Б. Н. Филатов, Н. Г. Британов, В. В. Клаучек, С. П. Лось* Гигиенические аспекты рекультивации промплощадки бывшего объекта по производству иприта, люизита и ипритнолюизитных смесей39
- Ю. С. Богоявленская, П. В. Казаков, В. В. Афанасьев, В. Ф. Головкин, Е. Н. Глухан, Р. В. Хохлов* Информационная поддержка процесса перепрофилирования объектов по хранению и уничтожению химического оружия43

АНАЛИТИЧЕСКОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ПРОЦЕССА
УНИЧТОЖЕНИЯ
ХИМИЧЕСКОГО
ОРУЖИЯ

- М. А. Гольшев, А. Ю. Исаева, А. Ю. Кармишин, В. И. Хурса* Способ определения зомана по продуктам деструкции47
- Г. Г. Фризоргер, В. Г. Исаков, А. А. Абрамова* Применение метода иерархий в оценке эффективности обращения с жидкими отходами в процессе уничтожения высокотоксичных веществ50

МОНИТОРИНГ
ОБЪЕКТОВ ПО
УНИЧТОЖЕНИЮ
ХИМИЧЕСКОГО
ОРУЖИЯ

- Ю. В. Новойдарский* Информационное обеспечение системы производственного контроля и мониторинга на объекте «Марадыковский» Кировской области56

**МОНИТОРИНГ
ОБЪЕКТОВ ПО
УНИЧТОЖЕНИЮ
ХИМИЧЕСКОГО
ОРУЖИЯ**

ХРОНИКА

**RUSSIA'S
IMPLEMENTATION
OF THE CONVEN-
TION ON PROHIBI-
TION OF CHEMICAL
WEAPONS:
FINAL STAGE**

**METHODS AND
TECHNOLOGIES
OF REHABILITA-
TION OF THE AREAS
AND SANITATION
OF THE BUILDINGS
AND
CONSTRUCTIONS**

V. G. Petrov, M. A. Shumilova, O. S. Nabokova, M. G. Lebedeva Совершенствование методов контроля продуктов техногенеза при мониторинге объектов уничтожения химического оружия63

T. Ya. Ashikhmina, E. V. Tovstik, S. Yu. Ogorodnikova, E. A. Domnina, I. G. Shirokih Численность и разнообразие почвенных актиномицетов вблизи объекта по уничтожению химического оружия «Марадыковский»67

L. I. Domracheva, T. Ya. Ashikhmina, L. V. Kondakova, E. V. Dabax, T. S. El'ykina Сравнительный анализ специфики почвенных альгомикологических комплексов в зоне действия объекта хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский»73

Состояние работ по уничтожению химического оружия в Кировской области79

Подготовка инженеров-экологов для работы на объектах по уничтожению химического оружия 81

X Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем»82

Научнотехнические аспекты обеспечения безопасности при уничтожении, хранении и транспортировке химического оружия (шестая научно-практическая конференция)85

CONTENTS

V. I. Kholstov Implementation of the federal target program at the fourth, final stage of chemical weapons decommission 6

V. P. Kapashin Topical issues of the fourth, final stage of fulfilling Convention obligations by the Russian Federation 8

A. A. Gulin The main research directions at the final stage of Russia's chemical disarmament 10

R. O. Akishin, A. S. Lyakin Scientific and technical aspects of eliminating the effects of chemical weapons storage and decommission 13

A. S. Ljakin Technologies of sanitation the polluted territories during decommissioning the chemical weapons storage and destruction plant «Gorny» (Gorny Saratov region) 17

E. M. Zagrebin, A. V. Sosnov, S. V. Sadovnikov, M. A. Zemlyakova, Yu. G. Putsykin, A. A. Shapovalov New high-tech sorbents and biodestructor-sorbents on the basis of humic acid as a means of remediation and reclamation of contaminated soil21

O. Yu. Rastegayev, V. E. Subbotin, A. M. Chentsov, V. A. Ryzhkov, S. N. Chernikov Practical spheres

METHODS AND TECHNOLOGIES OF REHABILITATION OF THE AREAS AND SANITATION OF THE BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS

of soil environmental remediation in case of chemical pollution 30
A. A. Gulin, E. P. Pavlenko Safety conditions for transference of metallic wastes from chemical weapon storage and destruction plants to metal processing plants 34
B. N. Filatov, N. G. Britainov, V. V. Klauchek, S. P. Loss' Hygienic aspects of reclamation of the site of the former mustard gas, lewisite and lewisite- mustard-gas mixtures production plant 39
V. V. Afanasev, J. S. Bogojavlenskaja, V. F. Golovkov, P. V. Kazakov, E. N. Glukhan, R. V. Khohlov Information support of process of reshaping of objects on storage and destruction of the chemical weapon 43

ANALYTICAL SUPPORT OF CHEMICAL WEAPONS DESTRUCTION

M. A. Golyshev, A. Yu. Isaev, A. Yu. Karmishin, V. I. Khursa Way of determining soman by measuring degradation products 47
G. G. Frizorger, V. G. Isakov, A. A. Abramova Application of a hierarchy analysis method at assessing the efficiency of handling liquid waste during highly toxic substances decommission 50

CHEMICAL WEAPONS DECOMMISSION PLANTS MONITORING

Yu. V. Novoydarsky Informational support of production control and monitoring system at the plant «Maradykovsky» in Kirov region 56
V. G. Petrov, M. A. Shumilova, O. S. Nabokova, M. G. Lebedeva Improvement of methods of man-made substances control in monitoring CWD plants 63
T. Ya. Ashikhmina, E. V. Tovstik, S. Yu. Ogorodnikova, E. A. Domnina, I. G. Shirokikh The size and diversity of Actinomycetes in soil near the chemical weapons decommission plant «Maradykovsky» 67
L. I. Domracheva, T. Ya. Ashikhmina, L. V. Kondakova, E. V. Dabach, T. S. El'kina Comparative analysis of peculiar features of soil alga-mycological complexes near the chemical weapons storage and decommission plant «Maradykovky» 73

CHRONICLE

State of decommission of chemical weapons in the Kirov region 79
 Preparing environmental engineers for working at chemical weapons decommission plants 81
 Xth All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation «Biodiagnostics of the state of natural and man-made systems» 82
 Scientific and technical aspects of security at decommission, storage and transportation of chemical weapons (Sixth Scientific Conference) 85

УДК 623.459:351.753.7

Реализация Федеральной целевой программы на четвёртом заключительном этапе уничтожения химического оружия

© 2012. 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 отражены результаты реализации ФЦП «Уничтожение запасов химического оружия в РФ», поставлены первоочередные задачи четвёртого, завершающего этапа химического разоружения. Особое внимание обращено на решение вопросов по разработке и практической реализации технологий уничтожения изделий сложной конструкции, проблемам по выводу из эксплуатации и перепрофилированию объектов.

The paper shows the results of the federal program «Decommission of chemical weapons stockpiles in the Russian Federation», the priorities of the fourth, final stage of chemical decommission are set. Special attention is paid to the issues of development and launch of technologies for complex design articles decommission, as well as of decommission and conversion of the plants.

Ключевые слова: международное сотрудничество, химическое разоружение, вывод из эксплуатации, перепрофилирование, санация

Keywords: International cooperation, chemical disarmament, decommission, conversion, reorganization

Анализируя этапы реализации Федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в РФ», следует с уверенностью отметить, что сделано очень много и этим действительно можно гордиться. Но останавливаться пока рано, так как впереди предстоит выполнить последний, не менее сложный, а по отдельным показателям более трудный четвёртый этап программы уничтожения запасов химического оружия в Российской Федерации – этап выполнения Российской Федерацией международных обязательств по Конвенции о запрещении химического оружия.

Выполнение этой задачи осложняется непростой финансово-экономической ситуацией в стране и мировым экономическим кризисом.

В результате кропотливой работы, проведённой с зарубежными странами в рамках проблемы химического разоружения в России, нам удалось привлечь к сотрудничеству 16 государств, а также Европейский Союз и неправительственный американский фонд «Инициатива по уменьшению ядерной угрозы». Это явилось дополнительным источником финансирования федеральной целевой Программы. Однако в течение 2010–2012 гг. наметилась устойчивая тенденция к значительному сокращению поступления средств международной

финансовой и технической помощи России на выполнение Программы. В настоящее время международное содействие осуществляется в интересах эксплуатации объектов по уничтожению химического оружия в г. Щучье Курганской области и в г. Почеп Брянской области, а также в интересах создания объекта по уничтожению химического оружия в пос. Кизнер Удмуртской Республики.

Несмотря на многочисленные трудности и проблемы научного, технического и экономического характера, Россия решительно добивается поставленной цели и принимает все меры, направленные на наращивание темпов химического разоружения.

Кроме государственного заказчика в выполнении международных обязательств по Конвенции и реализации программных мероприятий задействованы МИД России, Минфин России, Минэкономразвития России, Ростехнадзор, ФМБА России, Спецстрой России, Минздравсоцразвития России, ФСБ России, МВД России, Минобороны России, МЧС России, Роспотребнадзор.

Ценой огромных усилий всех задействованных министерств и ведомств государственный оборонный заказ 2011 года был успешно выполнен – уничтожено 4425 тонн отравляющих веществ. Отмечу также, что государ-

ственный оборонный заказ 2010 года был перевыполнен. В совокупности к концу 2011 года было уничтожено более 60% общих запасов химического оружия или около 24 тыс. тонн отравляющих веществ.

В дальнейшем нам предстоит решать не менее сложные задачи. При этом объём НИОКР по проблеме уничтожения ХО будет снижаться. Это закономерно, хотя значимость и важность решаемых задач остаётся предельно высокой. Многие исследования и разработки, полученные нами в ходе предыдущих работ, должны быть значительно расширены и внедрены в новые проекты.

В числе первоочередных задач особо следует выделить работы, направленные на организацию разработки и практическую реализацию технологий уничтожения изделий сложной конструкции (ИСК). Данная работа в настоящее время ведётся достаточно плодотворно. Однако, решение вопросов окончательной доработки линий расснаряжения ИСК, согласования и внедрения рабочей документации в практическую область, необходимо ускорить.

Один из важнейших приоритетов будущих работ будет отдан НИОКР в интересах вывода объектов по уничтожению ХО из эксплуатации и разработки предложений по их перепрофилированию. При этом необходимо учитывать, что использование мощностей объектов по уничтожению химического оружия для государственных нужд является сложной и многосторонней задачей. В рамках её предстоит выполнить целый комплекс мероприятий по выводу объектов из эксплуатации и ликвидации последствий их деятельности с проведением мероприятий по санации территории, обеззараживанию оборудования, контактировавшего с отравляющими веществами, а также вовлечению в хозяйственный оборот ценных вторичных материалов, которые образовались в процессе уничтожения химического оружия.

Это в первую очередь относится к накопленным свыше 1 млн 400 тыс. штук обезвреженным корпусам боеприпасов, различного вида емкостям, другим конструкционным материалам, выведенным из эксплуатации. Эти запасы рассматриваются нами как сырьё для металлоперерабатывающих предприятий.

Наличие свыше 12 тыс. тонн запасов арсенита натрия гидролизного также требует срочного решения вопроса по его переработке и получению мышьяксодержащей товарной продукции.

Большое внимание должно уделяться вопросу обезвреживания территории, без решения которого трудно будет решать задачи, связанные с безопасностью и выводом из эксплуатации соответствующих объектов по уничтожению химического оружия.

Основная тяжесть работ ляжет на научно-исследовательский центр Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия, который в рамках своей деятельности осуществляет координацию деятельности всех заинтересованных и привлекаемых организаций и учреждений.

Несмотря на относительно молодой возраст, научно-исследовательский центр Федерального управления находится в расцвете творческих сил, обладает достаточно солидным научным потенциалом, позволяющим решать поставленные в Программе задачи и получать значимые результаты.

Начало четвёртого этапа реализации ФЦП совпало с 20-летием Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия, хочется выразить уверенность, что созданный кадровый потенциал в управлении и на объектах, знания, наработанный опыт, новые технологии позволят успешно завершить выполненные Российской Федерацией международных обязательств в области химического разоружения.

УДК 623.459.8

**Актуальные вопросы завершающего четвёртого этапа
выполнения конвенционных обязательств
Российской Федерацией**

© 2012. В. П. Капашин, д.т.н., начальник,
Федеральное управление по безопасному хранению
и уничтожению химического оружия,
e-mail: fubhuho@yandex.ru

В статье представлен материал об итогах реализации федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в РФ», рассказано о задачах на четвёртый этап выполнения принятых конвенционных обязательств полного уничтожения запасов химического оружия.

The article presents the result of the federal target program «Decommission of chemical weapons in Russia», as well as plans for the fourth stage of implementing the Convention's obligations and complete decommission of chemical weapons stockpiles.

Ключевые слова: уничтожение запасов химического оружия, завершающий этап, объекты инженерной и социальной инфраструктуры, научно-техническое сопровождение, расснаряжение и уничтожение изделий сложной конструкции

Keywords: decommission of chemical weapons, the final stage, engineering and social infrastructure objects, scientific and technical support, complex design demilitarization and decommission

На сегодняшний день Российская Федерация полностью выполнила три этапа по уничтожению запасов химического оружия, как этого требовала от нас Конвенция о запрещении химического оружия. Уничтожено свыше 27 тыс. т отравляющих веществ (ОВ), что составляет более 67% от общих запасов.

Указанный общий запас химического оружия был уничтожен на шести объектах по уничтожению химического оружия (УХО):

- на объекте «Марадыковский» уничтожено более 6000 тонн ОВ, что составляет 90% заявленных запасов;
- на объекте «Леонидовка» – более 6500 тонн ОВ, что составляет более 95% заявленных запасов;
- на объекте «Щучье» – свыше 3300 тонн ОВ, что составляет более 60% заявленных запасов;
- на объекте «Почеп» – свыше 3500 тонн ОВ, что составляет более 45% заявленных запасов;
- на объектах «Горный» и «Камбарка» запасы химического оружия уничтожены полностью.

Успешное завершение Российской Федерацией IV этапа конвенционных обяза-

тельств потребует консолидации усилий Федерального управления и других участников выполнения федеральной целевой Программы на решение ряда сложнейших, комплексных задач в непростых экономических условиях.

Первостепенными задачами являются следующие:

- ввод в эксплуатацию седьмого объекта по уничтожению химического оружия в пос. Кизнер Удмуртской Республики;
- завершение работ по уничтожению боеприпасов в снаряжении зоманом на объекте «Леонидовка».

Ближайшими задачами являются:

- проведение пусконаладочных работ на реальных средах технологи по уничтожению изделий сложной конструкции (ИСК) на объекте по УХО «Леонидовка» с последующим развёртыванием полномасштабного уничтожения ИСК;
- завершение работ по уничтожению боеприпасов в снаряжении вязким зоманом на объекте «Марадыковский», а также проведение пусконаладочных работ на реальных средах производства по уничтожению изделий сложной кон-

струкции с последующим развёртыванием полномасштабного уничтожения ИСК; – завершение на объекте «Щучье» работ по уничтожению боеприпасов ствольной и реактивной артиллерии, головных частей ракет в снаряжении зоманом, ОВ типа Ви-икс, а также уничтожение ИСК.

Наряду с уничтожением отравляющих веществ и переработкой жидких, твёрдых отходов, утилизацией реакционных масс под постоянным вниманием Федерального управления находятся вопросы развития социальной и инженерной инфраструктуры объектов по УХО.

К настоящему времени из объектов инженерной и социальной инфраструктуры в интересах развития регионов, где хранилось и уничтожается химическое оружие введены в эксплуатацию 404 жилых дома, 19 детских общеобразовательных учреждений, 3 дома культуры, 3 бани, 3 здания РОВД, 14 больниц, 1 дворец водного спорта, 1 ледовый дворец спорта, 11 котельных, 175,6 км сетей водоснабжения, 29,9 км сетей теплоснабжения.

Вопросы научно-технического сопровождения уничтожения запасов химического оружия на завершающем четвёртом этапе выполнения конвенционных обязательств Российской Федерацией по-прежнему играют определяющую роль в обеспечении безопасности рассматриваемого процесса. При этом ключевая роль в организации и проведении научно-исследовательских работ отводится Научно-исследовательскому центру Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия (НИЦ).

Из всего многообразия решаемых НИЦ научных задач основными из них являются:

- уничтожение изделий сложной конструкции;
- решение задач по переработке реакционных масс, образовавшихся при уничтожении химического оружия;
- вывод объектов из эксплуатации и ликвидация последствий их деятельности.

Несмотря на относительно небольшое количество ИСК, их уничтожение является очень сложной задачей в научном и техническом плане.

Положительные результаты Государственных испытаний опытного образца тех-

нологической линии разборки и уничтожения ИСК номенклатуры ВВС создали необходимый задел для его внедрения на объектах по УХО «Леонидовка» и «Марадыковский». Практическими итогами другой ОКР явилось создание образца технологической линии разборки и уничтожения ИСК номенклатуры ГРАУ на объекте «Щучье».

Автоматический процесс разборки и уничтожения элементов ИСК осуществляется в режиме дистанционного управления, без присутствия персонала в зоне проведения операций и включает в себя:

- поштучное перемещение элементов ИСК по технологической цепочке выполнения операций;
- взвешивание элементов ИСК до и после расснаряжения;
- извлечение ОВ из элементов изделий сложной конструкции;
- уничтожение расснаряженных от ОВ и аварийных по взрывчатым веществам элементов ИСК;
- выгрузка осколков (фрагментов) элементов ИСК после их уничтожения из камеры уничтожения в контейнер.

Процесс уничтожения химического оружия сопровождается образованием реакционных масс, жидких и твёрдых отходов.

Исходные данные и рекомендации, полученные в ходе выполнения НИОКР, легли в основу технологий утилизации отходов и практически реализованы на объектах по УХО.

На сегодняшний день на объектах по УХО переработано значительное количество реакционных масс, жидких и твёрдых отходов.

Вопросы вывода из эксплуатации и ликвидации последствий деятельности объектов по уничтожению химического оружия переходят в практическую плоскость.

21 августа 2012 г. исполнилось 20 лет деятельности Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению запасов химического оружия. К этой дате подведены основные итоги деятельности Федерального управления за 20 лет, намечены пути по успешному завершению четвёртого этапа выполнения конвенционных обязательств по уничтожению запасов химического оружия в Российской Федерации.

**Основные направления научных исследований
на завершающем этапе химического разоружения России**

© 2012. А. А. Гулин, начальник,
Научно-исследовательский центр Федерального управления
по безопасному хранению и уничтожению химического оружия,
e-mail: fubhuho@yandex.ru

Материал статьи включает анализ состояния научных исследований по обеспечению безопасного уничтожения химического оружия. Представлены некоторые пути и подходы по выводу объектов из эксплуатации, санации и перепрофилированию объектов.

The article presents analysis of scientific research on safe decommissioning of chemical weapons. Some ways and approaches to decommissioning, rehabilitation and plants' conversion are shown.

Ключевые слова: научно-исследовательские, опытно-конструкторские разработки, расснаряжение боеприпасов, санация и реабилитация загрязнённых территорий

Keywords: research, experimental designs, ammunition demilitarization, sanitation and rehabilitation of contaminated sites

Научная деятельность, направленная на обеспечение безопасного функционирования объектов по уничтожению химического оружия, получение и применение новых знаний для решения технических, экологических, отчасти экономических и социальных проблем в области химического разоружения, основывается на выработанной и осуществляемой научно-технической политике.

В зависимости от достигаемых целевых установок по этапам выполнения федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» (Программа), реализация научно-технической политики осуществляется в два этапа, отличающихся приоритетами в направлении исследований.

Первый этап реализации научно-технической политики был завершён в 2009 г. Основные приоритеты в научных исследованиях на данном этапе были отданы: созданию технологий уничтожения химического оружия, созданию систем промышленной и экологической безопасности, разработке норм и правил осуществления санитарно-эпидемиологического контроля, а также разработке технологий ликвидации объектов бывшего производства химического оружия.

Основными результатами выполненных НИОКР на данном этапе являются:

- технологии непрерывного крупнотоннажного промышленного уничтожения иприта, люизита методом щелочного гидролиза и детоксикации ОВ типа Ви-икс в корпусах авиационных химических боеприпасов;
- агрегаты расснаряжения практически всей номенклатуры химических боеприпасов;
- транспортные контейнеры для доставки химических боеприпасов на объекты по уничтожению химического оружия;
- автоматизированная управляющая система технической безопасности хранения и уничтожения химического оружия, а также системы автоматизированного учёта боеприпасов;
- технологии переработки, утилизации и уничтожения продуктов детоксикации ОВ и отходов, образующихся в процессе уничтожения химического оружия;
- образцы комплектов средств индивидуальной защиты для персонала объектов по уничтожению химического оружия;
- методы и средства обеспечения промышленной безопасности при уничтожении химического оружия и его перевозке;
- методическое обеспечение (более 300 методик измерения) контроля содержа-

ния ОВ и продуктов их детоксикации в различных средах для химико-аналитических лабораторий на объектах по уничтожению химического оружия;

- технические средства контроля ОВ, предназначенные для оснащения объектов по уничтожению химического оружия.

Результатом выполненных НИОКР является 213 результатов интеллектуальной деятельности, из них полезных моделей – 59, изобретений – 142, баз данных – 1, программ для ПЭВМ – 11. Все они были внедрены в производство и реализованы на объектах по хранению и уничтожению химического оружия.

На новом этапе приоритетами научных исследований являются:

- обеспечение своевременного и безопасного уничтожения изделий сложной конструкции;
- обеспечение безопасного вывода объектов по хранению и уничтожению химического оружия из эксплуатации;
- разработка санитарно-эпидемиологических правил и нормативов, связанных с выводом объектов по хранению и уничтожению химического оружия из эксплуатации;
- вовлечение в хозяйственный оборот ценных вторичных материалов, образующихся в процессе уничтожения химического оружия.

Кроме того, научно-технические разработки должны быть направлены на получение исходных данных в интересах: ликвидации последствий деятельности объектов по уничтожению химического оружия; реабилитации загрязнённых территорий, а также разработку подходов по использованию пригодной инфраструктуры объектов по уничтожению химического оружия для государственных нужд, в интересах обороны и безопасности государства или экономики.

Все вышеуказанные научно-технические направления заложены в план НИОКР в рамках государственного оборонного заказа (ГОЗ) на 2012 г., а также в проектах ГОЗ на плановый период 2013–2015 гг.

Прежде всего, хотелось бы отметить, что с учётом результатов теоретических и научно-практических разработок безопасное уничтожение изделий сложной конструкции (ИСК) на сегодняшний день является предельно сложной технической задачей, решаемой впервые в мировой практике.

Учитывая значительные сроки хранения данных изделий и сложность опреде-

ления их безопасного состояния, необходимо решение большого объёма технических задач, направленных на обеспечение безопасности при проведении с ИСК различного вида работ. Поставлены и выполняются научно-исследовательские работы с целью определения реального состояния изделий сложной конструкции, возможности проведения погрузочно-разгрузочных работ, перевозки ИСК на объект.

В соответствии с требованиями Программы не менее важными и проблемными являются научно-технические задачи, связанные с ликвидацией последствий деятельности объектов по хранению и уничтожению химического оружия, включающие санацию и реабилитацию загрязнённых территорий и сооружений. Данное положение подтверждается тем фактом, что выполнение мероприятий по выводу объектов из эксплуатации возможно только после выявления всех потенциальных источников загрязнения, находящихся как на данных территориях, так и на территориях, прилегающих к объектам по уничтожению химического оружия.

В соответствии с Федеральным законом от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» одним из обязательных условий принятия решения о начале расширения, технического перевооружения, консервации и ликвидации опасного производственного объекта является наличие соответствующей проектной документации. Для решения указанной задачи запланировано выполнение ряда НИР, направленных на разработку исходных данных для проведения мероприятий по обеззараживанию технологического оборудования, производственных помещений, задействованных при уничтожении химического оружия, на объектах по УХО.

Не менее важной является проблема репрофилирования объектов по уничтожению химического оружия. Представители регионов, заинтересованных организаций, акционерных обществ подают предложения по использованию имеющейся инфраструктуры объектов по УХО в интересах развития экономики региона. Однако при этом не следует забывать, что объекты по уничтожению химического оружия с развитой инженерной инфраструктурой могут представлять интерес, прежде всего, для государственных нужд – в интересах повышения уровня обороноспособности и безопасности государства в современных условиях.

ВЫПОЛНЕНИЕ РОССИЕЙ КОНВЕНЦИИ: ЗАВЕРШАЮЩИЙ ЭТАП

С учётом вышеизложенного проектом государственного оборонного заказа предусмотрено выполнение НИОКР по изысканию обоснованных научно-технических путей и направлений перепрофилирования объектов по уничтожению химического оружия.

Таким образом, задачи, которые предстоит решать Федеральному управлению по

безопасному хранению и уничтожению химического оружия – крайне важные, ответственные и достаточно объёмные. Только системный научный подход и тесное сотрудничество по всем требующим решения проблемам и задачам являются основой безаварийного и безопасного выполнения четвёртого завершающего этапа химического разоружения России в установленные сроки.

Научно-технические аспекты ликвидации последствий деятельности объектов по хранению и уничтожению химического оружия

© 2012. Р. О. Акишин, н.с., А. С. Лякин, начальник отдела, Научно-исследовательский центр Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия, e-mail: vozrogdenie 80@mail.ru

В статье описаны научные и научно-технические пути решения проблемы ликвидации последствий деятельности объектов по хранению и уничтожению химического оружия после завершения уничтожения запасов отравляющих веществ, вывода объектов из эксплуатации и их дальнейшему перепрофилированию (конверсии).

The technologies of remediation of chemical weapons storage and decommission areas (buildings, structures) which are contaminated in varying concentrations of toxic substances are presented. They involve both excavation (analysis of metal and building structures) and their heat treatment and soil degassing; in the areas with contaminants low concentrations – without excavation, by loosening with a synchronous processing polidegaziruyushey recipe.

Ключевые слова: детоксикация промышленных зданий и территорий, ликвидация последствий, санация загрязнённых территорий, перепрофилирование

Keywords: storage and destruction of chemical weapons, decontamination of soil, installation of thermal decontamination, contaminated areas (buildings)

По мере приближения завершающей стадии уничтожения запасов отравляющих веществ в России всё более актуальным становится вопрос ликвидации последствий деятельности объектов по хранению и уничтожению химического оружия (далее – Объекты) и их последующего перепрофилирования (конверсии). После завершения уничтожения всех запасов отравляющих веществ и продуктов их детоксикации, хранящихся на Объектах, федеральной целевой программой «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» (далее – Программа) предусмотрен комплекс мероприятий по ликвидации последствий деятельности и выводу из эксплуатации Объектов, дальнейшее использование имущественных комплексов Объектов в интересах обеспечения обороны и безопасности государства и других государственных нужд без существенных капиталовложений с учётом наличия созданных социальной и инженерной инфраструктур, а в случае отсутствия такой потребности – вовлечение в хозяйственный оборот.

В соответствии с Федеральным законом «Об уничтожении химического оружия» [1] в число приоритетных задач по выводу Объектов из эксплуатации входит установление наличия территорий и технических объектов, загрязнённых специфическими веществами и продуктами их деструкции, определение границ загрязнённых территорий, что служит осно-

вой для разработки мероприятий по детоксикации промышленных зданий (сооружений) Объектов и прилегающих к ним территорий.

Для обеспечения этих видов работ требуются высокоэффективные и вместе с тем малозатратные методы и средства. В настоящее время предложены различные способы ликвидации последствий деятельности Объектов, санации загрязнённых территорий (земельных участков), на которых размещены Объекты, от токсичных, трудноразалагаемых соединений. Они предполагают дегазацию и демонтаж промышленного оборудования и строительных конструкций зданий и сооружений, где обращались отравляющие вещества, выемку почвы и грунта с последующей дегазацией и термической обработкой, завоз новой почвы и рассредоточение её на месте выемки старой до снижения концентраций токсичных компонентов в пределах санитарных норм.

В связи с этим возникает необходимость разработки методов ликвидации последствий деятельности Объектов. Они не должны оказывать вредного влияния на окружающую среду и одновременно должны быть высокоэффективны.

Учитывая эти требования, разработаны следующие мероприятия по решению проблемы загрязнённых зданий (сооружений) и территорий [2], принадлежащих Объектам:

– комплексное обследование территорий (зданий, сооружений) с целью оценки загрязнённости на наличие отравляющих

веществ (ОВ) и продуктов их деструкции (трансформации);

- разработка комплекса мероприятий по ликвидации (санации) загрязнённых территорий при выводе из эксплуатации промышленных зданий и сооружений Объектов и ликвидации последствий их деятельности в целях перепрофилирования в интересах экономики гражданского и оборонного производственного комплексов;
- создание необходимых мощностей для утилизации загрязнённого грунта и непригодного для дальнейшего применения промышленного оборудования, а также строительных конструкций зданий и сооружений Объектов;
- обезвреживание (санация) почв на загрязнённых участках территории Объектов;
- рекультивация земельных участков после возврата обезвреженного грунта – засыпка плодородным слоем (почвой), засаживание травой или кустарником.

Одним из технических решений, направленных на обезвреживание строительных конструкций, загрязнённого грунта и других видов отходов, является использование установок термического обезвреживания (далее – УТО).

УТО предназначены для обезвреживания жидких и твёрдых отходов термическим методом, который заключается в окислении органических составляющих ОВ до продуктов полного сгорания при высокой температуре. Использование УТО рекомендуется для обжига после детоксикации загрязнённых металлоконструкций, строительных отходов от разборки зданий, хранилищ, древесных материалов, образующихся при расчистке обследуемой и предполагаемой к санации территории, загрязнённых грунтов и загрязнённых ипритом и люизитом металлических ёмкостей [3 – 5].

Термообезвреживание различных видов отходов в УТО происходит за счёт горения топлива (природного газа) и горючих отходов в две стадии:

- высокотемпературное окисление отходов при температуре 800–1000 °С, после чего парогазовая смесь, содержащая остаточную пыль, поступает в камеру дожигания;
- высокотемпературное при 1200 °С окисление твёрдых отходов в камере дожигания.

При обжиге почвогрунтов, содержащих ОВ и продукты их трансформации, происходит также выгорание органических составля-

ющих и испарение влаги. Вес грунта уменьшается на 30–60% [4].

Работа УТО предусмотрена в условиях разрежения для предотвращения выхода неочищенного дымового газа в производственные помещения.

Для дегазации различных объектов (поверхности технологического оборудования, строительных конструкций) рекомендуется применение дегазирующих растворов, таких как: водный раствор гидроксида натрия, раствор гипохлорита натрия, полидегазирующая рецептура ПДР «МАКС» с полимерной и без полимерной основы.

При дегазации данными растворами ОВ превращаются в малотоксичные продукты.

Все загрязнённые отравляющими веществами строительные отходы, древесные отходы и дизельное топливо после детоксикации направляются на УТО.

Образовавшиеся после сжигания на УТО отходы в виде золы и кека, не содержащие токсичных соединений, упакованные в тару, могут быть направлены на засыпку территории и свободных заглублённых хранилищ (ловушек). Отходы, содержащие мышьяк, после обработки полимерной композицией, связывающей мышьяк в нерастворимые комплексы, могут быть также направлены на засыпку заглублённых хранилищ (ловушек).

Также одним из технических решений, направленных на обезвреживание строительных конструкций заглублённых хранилищ, загрязнённого грунта и других видов отходов, является технология, которая заключается в обработке полидегазирующей рецептурой ПДР «МАКС», путём заливки детоксиканта в пробуренные скважины и дальнейшей термообработкой продегазированного грунта и строительных конструкций.

В зависимости от степени загрязнения и концентрации загрязняющих веществ целесообразно применение различных способов дегазации заражённого грунта (с выемкой грунта, дегазацией и его термообезвреживанием и непосредственно дегазацией на местах с низкой концентрацией загрязняющих веществ без термического обезвреживания, методом взрыхления с синхронной обработкой полидегазирующей рецептурой ПДР «МАКС»).

Достаточность обработки подтверждается результатами анализа проб после термического обезвреживания или дегазации в местах загрязнения на соответствие требованиям, предъявляемым к содержанию загрязняющих веществ в почвах населённых мест.

После обработки загрязнённых зон дегазирующими растворами осуществляется выдержка загрязнённых территорий в течение одного климатического сезона. Затем отбираются пробы грунта и анализируются на содержание ОВ. Определяются зоны с повышенными ПДК, и в этих районах обработка проводится повторно. Глубина выемки и границы участка определяются по результатам анализа проб.

Работы по санации (детоксикации) территорий в районе размещения Объектов вполне способны улучшить состояние их почвенного покрова, так как токсичные загрязнения будут детоксицированы и связаны в нерастворимые и малотоксичные комплексы четвёртого класса опасности, которые не будут мигрировать в горизонтальные и глубокие слои грунта.

Способы санации и рекультивации имеют патентную защиту и опробованы на нескольких предприятиях. Однако для каждой территории, предполагаемой к санации (детоксикации), необходима апробация данной технологии в конкретных условиях.

После проведения экологической и строительно-технической экспертиз производственных корпусов имущественного комплекса Объектов представляется целесообразным перепрофилировать Объекты для государственных или гражданских нужд. Одной из главных предпосылок для принятия решений об определении стратегии перепрофилирования Объектов является наличие развитых инженерных и социальных инфраструктур в районах расположения Объектов, высокотехнологичной и экологически безопасной производственной базы. Аргументами в пользу выбора направления перепрофилирования Объектов являются:

- создание (при отсутствии в достаточном объёме замещающей продукции) новых, востребованных и конкурентоспособных на рынке Российской Федерации и за рубежом товаров и услуг;
- создание (сохранение) новых рабочих мест, дальнейшее развитие (сохранение) созданных объектов недвижимости социальной и инженерной инфраструктуры в этих районах;
- возвращение земель после проведения работ по ликвидации последствий деятельности Объекта (санации загрязнённых участков) в хозяйственный оборот для дальнейшего использования;
- созданная на Объектах система экологической безопасности и экологическо-

го контроля и мониторинга за безопасностью производства потенциально опасной продукции;

- вложение новых капиталов с привлечением частных инвесторов в новые проекты на долгосрочные (среднесрочные) периоды;
- возможность реализации конкретной проблемы в рамках инвестиционного проекта во взаимосвязи с мероприятиями федеральных целевых и областных программ.

Одним из примеров перепрофилирования таких Объектов в предприятие государственного (муниципального) или гражданского производства является Объект «Марадыковский» (пос. Мирный Кировской области). Так, правительством Кировской области рассматривается вариант строительства на площадке данного Объекта целлюлозно-бумажного комбината. Данное предложение при наличии развитой инфраструктуры Объекта имеет бюджетную, экономическую, социальную значимость и инвестиционную привлекательность по ряду причин:

- строительство целлюлозно-бумажного комбината будет соответствовать стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации;
- наличие такого комбината позволит решить проблему переработки низкокачественных лесных ресурсов и повысить эффективность лесного комплекса региона.

Правительство Саратовской области заинтересовано в дальнейшем перепрофилировании Объекта «Горный» для получения продукции народно-хозяйственного назначения, а именно металлического мышьяка и оксида мышьяка.

Правительство Курганской области вышло с предложением разместить на территории Объекта «Щучье» завод по производству товарного свинца из первичного сырья. Аналогичных заводов в России нет, т. к. после распада СССР все заводы по производству товарного свинца остались на территории Казахстана.

Также, принимая во внимание имеющиеся на всех Объектах мощные и высокопроизводительные установки термообезвреживания жидких и твёрдых промышленных отходов, очистные сооружения, представляется целесообразным создание на имеющихся имущественных комплексах Объектов мусороперерабатывающих предприятий. Этот вариант перепрофилирования пользуется большим спросом во всех развитых странах мира

и продолжает развиваться для обеспечения экологической безопасности и борьбы с ежегодно возрастающим загрязнением окружающей природной среды отходами производства и жизнедеятельности человека.

В рамках выполнения в 2009–2010 гг. соответствующих научно-исследовательских работ в интересах объектов по уничтожению химического оружия, расположенных в пос. Горный Саратовской области и в г. Камбарка Удмуртской Республики, проведены исследования, направленные на поиск научно-технических путей их перепрофилирования. Выполнение указанных исследований не предусматривало поиск и выбор конкретной технологии (направления) для перепрофилирования данных объектов из всего множества предлагаемых проектов, а полученные результаты исследований включают в себя оценку эксплуатационной надёжности и прогноз остаточного ресурса технологического оборудования, входящего в состав имущественных комплексов объектов, определение потребности государства в этих объектах и выработку общего алгоритма (механизма) проведения работ по их перепрофилированию и вовлечению в хозяйственный оборот.

Таким образом, проблема определения и реализации конкретных направлений перепрофилирования (конверсии) объектов по хранению и уничтожению химического оружия носит комплексный характер. Предстоит серьёзная подготовка к решению вопросов как по санации, реабилитации и ликвидации последствий деятельности объектов хранения и уничтожения химического оружия, так и по

целесообразному их перепрофилированию с участием представителей крупного бизнеса и учётом интересов каждого региона.

Литература

1. Федеральный закон от 2 мая 1997 г. № 76-ФЗ «Об уничтожении химического оружия».
2. Шевченко А.В., Никифоров Г.Е., Лякин А.С., Акишин Р.О., Ферезанов А.С. Научно-технические решения по санации загрязнённых территорий, зданий и сооружений при выводе объектов по хранению и уничтожению химического оружия из эксплуатации и их перепрофилированию // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). 2010. Т. LI. № 4. С. 77–79.
3. Баранов Ю.И., Казаков П.В., Афанасьев В.А. и др. «Исходные данные на вывод из эксплуатации и ликвидацию последствий деятельности промышленных сооружений объекта по уничтожению химического оружия в г. Камбарка Удмуртской Республики», ФГУП «ГосНИИОХТ». М. 2009. 401 с.
4. Баранов Ю.И., Казаков П.В., Афанасьев В.А. и др. Отчёт о НИР «Поиск технологических решений, направленных на восстановление (утилизацию) почв, загрязнённых отравляющими веществами кожно-нарывного действия и соединениями мышьяка». Отчёт ФГУП «ГосНИИОХТ» о научно-исследовательской работе, этап 3. М. 2007. 94 с.
5. Баранов Ю.И., Казаков П.В., Афанасьев В.А. и др. Отчёт о НИР «Разработка исходных данных на вывод из эксплуатации и ликвидацию последствий деятельности промышленных сооружений объекта по уничтожению химического оружия в г. Камбарка Удмуртской Республики». Отчёт ФГУП «ГосНИИОХТ» о научно-исследовательской работе, этап 1. М. 2009. 158 с.

**Способы приведения в безопасное состояние территорий
и объектов инфраструктуры при выводе из эксплуатации
объекта по хранению и уничтожению
химического оружия «Горный» (пос. Горный Саратовской области)**

© 2012. А. С. Лякин, начальник отдела,
Научно-исследовательский центр Федерального управления
по безопасному хранению и уничтожению химического оружия,
e- mail: vozrogdenie_80@mail.ru

Рассмотрены различные подходы и способы приведения в безопасное состояние отдельных земельных участков и объектов инфраструктуры, загрязнённых ипритом, люизитом и мышьяком в пределах территории размещения бывшего арсенала хранения и объекта по уничтожению химического оружия «Горный» (пос. Горный Саратовской области). Они предполагают выемку грунта и его термическую обработку с последующим восстановлением плодородного слоя или обезвреживание загрязнённых земельных участков без выемки грунта методом взрыхления с синхронной обработкой дегазирующей рецептурой при перемешивании непосредственно в местах загрязнения.

Different approaches and ways are considered of safe-making individual allotments and infrastructure items contaminated with mustard gas, lewisite, and arsenic on the territory of the former plant of chemical weapons storage and destruction «Gorny» (the settlement Gorny, Saratov region). They involve excavation and thermal processing followed by restoration of fertile soil layer or neutralization of contaminated lands without excavation, with the help of the backwash method with synchronous degassing treatment and with stirring directly in the contaminated sites.

Ключевые слова: хранение и уничтожение химического оружия, санация грунта, термическая обработка, детоксикация, обезвреживание

Keywords: territories sanitation, storage and destruction of chemical weapons, thermal treatment, chemical agent detoxification, decontamination

Согласно федеральной целевой программе «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» после завершения работ по уничтожению химического оружия (ХО) категории 1 проводятся работы, связанные с выводом объектов по уничтожению ХО из эксплуатации, а также с приведением в безопасное состояние территорий, на которых были расположены бывшие объекты по хранению и уничтожению ХО, включая места бывшего хранения и уничтожения ХО, в сроки, устанавливаемые Правительством Российской Федерации.

Начальный этап работ по реабилитации таких территорий состоит в обследовании земельных участков и расположенных на них объектов инфраструктуры, установлении границ и степени их загрязнения отравляющими веществами (ОВ) и продуктами их трансформации.

Следующий этап работы заключается в разработке и обосновании технологий обезвреживания загрязнённых территорий и разработке проектных решений по их экологической реабилитации. Эти работы представляют собой по

существу второй этап проблемы ликвидации последствий, хранения и уничтожения ХО в Российской Федерации.

Одним из принципов использования имущественных комплексов объектов по уничтожению ХО после завершения их эксплуатации является использование только того имущества объекта по уничтожению ХО и только тех территорий в местах его расположения, которые отвечают требованиям по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения [1].

В настоящее время на объекте по уничтожению ХО «Горный» (пос. Горный, Саратовская область) ликвидированы все запасы кожно-нарывных ОВ хранившиеся на этом объекте. Перед проведением перепрофилирования данного производственно-технологического комплекса в интересах обороны (или экономики), либо вовлечения в хозяйственный оборот высвобождаемого и пригодного для дальнейшего использования имущества комплекса этого объекта должны быть проведены следующие мероприятия:

– санитарно-эпидемиологическое обследование территории объекта по уничтожению ХО, а также находящихся на ней зданий, сооружений (включая технологическое оборудование) и других объектов инфраструктуры;

– обезвреживание и приведение в безопасное состояние зданий и сооружений (включая технологическое оборудование), захоронение различного вида отходов и осуществление реабилитации территории бывшего объекта по хранению и уничтожению ХО [2].

В связи с этим актуальной проблемой становится разработка высокоэффективных способов реабилитации (рекультивации) почвогрунтов, не оказывающих вредного влияния на здоровье человека и окружающую среду.

В результате проведения ряда научных исследований при непосредственном участии автора и специалистов ФГУП «ГосНИИ органической химии и технологии» (г. Москва), и ФБУ «ГосНИИ промышленной экологии» (г. Саратов) предлагается два принципиальных технологических подхода к реабилитации территорий, загрязнённых труднорастворимыми (в том числе мышьяксодержащими) соединениями [3, 4]:

1) обезвреживание земельных участков без выемки грунта методом взрыхления с одновременной обработкой рецептурой при перемешивании непосредственно в местах загрязнений;

2) выемка почвы и грунта, их химическая дегазация и термическая обработка с последующим возвращением обезвреженного грунта в места изъятия.

Способы (технологии) реабилитации территорий (выемка грунта, его дегазация и термообезвреживание или дегазация грунта непосредственно в местах загрязнения без термического обезвреживания) выбирают в зависимости от степени их загрязнения.

Приведение в безопасное состояние почвогрунтов в районах с высокой концентрацией загрязняющих веществ осуществляют на установке термического обезвреживания с предварительной обработкой грунта составом рецептуры ПДР «МАКС» (норма расхода рецептуры 100 л на 1 м³). Для химической обработки грунта рекомендуется использовать АРС-14К (авторазливочную станцию на базе КамАЗа) с соответствующим специальным оборудованием. Влажный продегазированный грунт извлекают экскаватором путем сплошной выемки.

Дополнительная химическая обработка грунта происходит в перемешивающем барабане (условия обработки: 50 л жидкости на 1 т грунта, перемешивание в течение 30 мин). После перемешивания производится отбор и анализ проб на подтверждение достаточности дегазации. Затем обработанную массу выгружают в контейнеры и направляют на площадку хранения грунта. С площадки грунт в контейнерах доставляют на установку термического обезвреживания.

При термической обработке грунта происходит разложение и окисление органических составляющих.

Обработка грунта в установке термического обезвреживания происходит при температуре 800–1200 °С, создаваемой за счёт горения топлива (природного газа), в две стадии. На первой стадии осуществляется окисление высокотоксичных веществ при температуре 800–1000 °С, после чего парогазовая смесь, содержащая остаточную пыль, поступает в камеру дожигания где подвергается термообработке при температуре 1200 °С (вторая стадия).

С целью уменьшения (полного исключения) эмиссии диоксинов отработанные газы подвергаются резкому охлаждению в испарительном скруббере в температурном диапазоне от 1150–1200 °С до 85–90 °С. При высокотемпературной обработке почвогрунтов, загрязнённых кожно-нарывными ОБ, в условиях избытка кислорода происходит полное окисление загрязнителей с выделением As₂O₃, SO₂, HCl. При обжиге почвогрунтов, содержащих примеси кожно-нарывных ОБ и продукты их трансформации, происходит также выгорание органических составляющих и испарение влаги. При этом вес грунта уменьшается на 30–60%.

Установка термического обезвреживания (УТО) работает в условиях разрежения для предотвращения выхода неочищенного дымового газа в производственные помещения. Выгрузка прокалённого грунта после охлаждения производится с помощью пневматической системы пылеулавливания. Достаточность обработки устанавливается по результатам анализа проб грунта после термического обезвреживания. При соответствии результатов анализа санитарно-гигиеническим нормативам, предъявляемым к содержанию загрязняющих веществ в почвах населённых территорий, грунт возвращается на места изъятия. При выгрузке обезвреженного грунта для уменьшения пыления целесообразно создавать водяную завесу. Места выгрузки засыпа-

ют плодородным слоем почвы с последующим высаживанием кустарников.

Приведение в безопасное состояние почвогрунтов в районах с низкой концентрацией загрязняющих веществ осуществляется без выемки грунта методом взрыхления с одновременной химической обработкой составом рецептуры ПДР «МАКС». Грунт перемешивают и взрыхляют при помощи землеройной машины типа ПЗМ-2. При движении машины рецептура ПДР «МАКС» из автоцистерны подаётся в зону взрыхления (норма расхода рецептуры: 100 л на 1 м³ грунта). Для пылеподавления при взрыхлении создается аэрозольная водяная завеса [5, 6].

После химической обработки загрязнённых зон дегазирующими растворами территорию выдерживают в течение одного климатического сезона. Затем отбирают пробы грунта и анализируют их на содержание кожно-нарывных ОВ и мышьяка. В случае превышения допустимого валового содержания мышьяка грунт с этих участков подлежит термическому обезвреживанию. Глубина выемки и границы участка определяются по результатам химического анализа проб.

Кроме того, необходимо обезвредить и привести в безопасное состояние территорию бывшего арсенала хранения ХО, прилегающую к бывшему объекту по уничтожению ХО «Горный», на которой имеются места бывшего хранения ОВ (стаканы), связанные с прошлой деятельностью.

Для обезвреживания содержимого бывших заглублённых хранилищ (стаканов), в которых хранилось ОВ в соответствии с нормативными правилами и экологическими нормами, действовавшими, в 1930–40-х годах прошлого столетия, используют так же рецептуру ПДР «МАКС», которую заливают в пробуренные скважины с последующей выемкой и термообработкой продегазированного грунта.

Прежде всего, проводят детоксикацию содержимого бывших заглублённых хранилищ ОВ путем бурения нескольких скважин на глубину 2–2,5 м и подачи в них детоксиканта (ПДР «МАКС») и выдержки в течение 7 дней. После чего продегазированный таким образом грунт подается на термическое обезвреживание на установку термического обезвреживания грунта.

При наличии в пробах мышьяка в скважины дополнительно подают раствор аминокислотной композиции АК-3Э для связывания мышьяка в нерастворимые комплексы. Площадки с заглублёнными хранилищами ока-

пывают по периметру с отступом от хранилищ около 2 м. Траншею глубиной 7 м и шириной 1,5–2 м заливают бетоном с выступом над поверхностью 0,5 м, а извлечённый, продегазированный и термообезвреженный грунт размещают на поверхности площадки, разравнивают и покрывают асфальтобетоном или засевают травой (засаживают кустарником).

Для детоксикации загрязнённых почвогрунтов между площадками расположения бывших полуподземных хранилищ ОВ в скважины, пробуренные с шагом 2 м, подают рецептуру состава ПДР «МАКС». При наличии в пробах мышьяка в скважины подают раствор аминокислотной композиции. Затем территория между площадками расположения бывших полуподземных хранилищ ОВ окапывается и изолируется указанным выше способом.

Количество аминокислотной композиции рассчитывается исходя из общего содержания тяжёлых металлов и мышьяка. Обработка считается удовлетворительной при рН водной вытяжки из почвы не менее 8.

Затем поверхность покрывается слоем цеолитсодержащей породы (природные опоки) и слоем карбонатной глины 10–15 см, что обеспечивает перехват воды, не поглощённой полимером акриламида и почвогрунтом, а также способствует раскислению почвенной влаги за счёт высокого содержания карбонатов [7, 8].

Результат, достигаемый при осуществлении данного способа рекультивации, заключается в том, что содержание (концентрация) мышьяка в почве снижается в 20–25 раз и достигает уровня ПДК для почвы населённых мест.

Достаточность обработки устанавливают по результатам химического анализа проб.

Рассмотренные выше способы приведения в безопасное состояние почвогрунтов предусмотрены в исходных данных для проектирования [2] и проектной документации по выводу из эксплуатации и ликвидации последствий деятельности объекта по уничтожению ХО «Горный».

Для каждой территории объектов по уничтожению ХО, предполагаемой для дальнейшего использования, представляется целесообразным предусматривать несколько способов (технологий) приведения их в безопасное состояние с их последующей апробацией в конкретных условиях.

В связи с этим разработка технологий реабилитации объектов окружающей среды в районах расположения объектов по хранению и уничтожению ХО является приоритетным направлением исследований в области обеспе-

чения безопасности жизнедеятельности населения и охраны окружающей среды.

Основными мероприятиями по приведению в безопасное состояние почвогрунтов на территориях, принадлежащих объектам по уничтожению ХО, целесообразно считать:

- комплексное обследование с целью оценки загрязнённости территорий (зданий, сооружений) на наличие отравляющих веществ и продуктов их трансформации;
- создание по результатам обследований загрязнённых территорий карт-схем с отображением информации по результатам проведённых исследований (выявления существующих границ распределения специфических загрязняющих веществ на исследуемых объектах);
- разработку исходных данных для выполнения комплекса мероприятий по приведению в безопасное состояние загрязнённых территорий;
- создание необходимых производственных мощностей для высокотемпературной переработки загрязнённого грунта и строительных конструкций.

Литература

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 21 марта 1996 г. № 305 «Об утверждении федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями).
2. Чупис В.Н., Шляпин В.В., Мартынов В.В. и др. Исходные данные на ликвидацию (санацию) загрязнённых территорий мест бывшего хранения химического оружия на территории Удмуртской Республики. Саратов: ГосНИИЭНП, 2009. 306 с.
3. Отчёт о НИР «Поиск технологических решений, направленных на восстановление (утилизацию) почв, загрязненных отравляющими веществами кожно-нарывного действия и соединениями мышьяка», шифр «Грунт», этап 1, ФГУП «ГосНИИОХТ», инв. № 5888. Москва. 2006. 132 с.
4. Отчет о НИР «Поиск технологических решений, направленных на восстановление (утилизацию) почв, загрязненных отравляющими веществами кожно-нарывного действия и соединениями мышьяка», шифр «Грунт», этап 2, ФГУП «ГосНИИОХТ», инв. № 5938. Москва. 2006. 110 с.
5. Шевченко А.В., Никифоров Г.Е., Лякин А.С., Акишин Р.О., Ферезанов А.С. Научно-технические решения по санации загрязненных территорий, зданий и сооружений при выводе объектов по хранению и уничтожению химического оружия из эксплуатации и их перепрофилированию // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). 2010. Т. LIV. № 4. С. 77–79.
6. Лякин А.С. Технико-экономические решения, принимаемые для проведения работ по выводу объектов по уничтожению химического оружия из эксплуатации и ликвидации последствий их деятельности // «Научно-технические аспекты обеспечения безопасности при уничтожении, хранении и транспортировке химического оружия»: Матер. V науч.-практ. конф. М.: ФУБХУХО, 2010. С. 27–33.
7. Патент РФ № 2329882, 2008. Способ рекультивации земель / Иванов А.И., Иванов П.А., Стаценко А.П.
8. Скоробогатова В.И., Щербаков А.А., Мандыч В.Г. Санация загрязненных территорий в районах хранения и уничтожения химического оружия // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). 2007. Т. LI. № 2. С. 71–74.

Новые высокотехнологичные сорбенты и сорбенты-биодеструкторы на основе гуминовых кислот в качестве средств ремедиации и рекультивации загрязнённых почв

© 2012. Е. М. Загребин¹, к.т.н., зам. генерального директора, А. В. Соснов¹, к.х.н., в.н.с., С. В. Садовников¹, к.х.н., начальник отдела, М. А. Землякова¹, начальник сектора, Ю. Г. Пуцыкин², д.х.н., директор, А. А. Шаповалов², к.б.н., зам. директора,
¹ Федеральний научно-технический центр метрологии систем экологического контроля «Инверсия»,
² ООО «Агросинтез»,
e-mail: andrey.sosnov@gmail.com

Приведён обзор научных основ и потенциала использования препаратов на основе природных гуминовых кислот (ГК) для задач санации и ремедиации загрязнённых почв. Описаны результаты разработки и исследования препаратов активированных ГК, выполненных авторами. Часть описанных препаратов выпускается ООО «Агросинтез» с использованием собственных оригинальных технологий на основе переработки бурого угля. Обоснована целесообразность масштабирования данных технологий производства препаратов ГК и выпуска продукции объёмом около 100 тыс. т/год на одном из выводимых из эксплуатации объектов уничтожения ХО как для целей завершения выполнения ФЦП «Уничтожение запасов ХО РФ» и ФЦП «Химическая и биологическая безопасность РФ», так и для разнообразного хозяйственного использования в качестве коммерчески доступных продуктов.

An survey is given of the scientific background and potential of using chemicals on the basis of natural humic acids for the purpose of readjustment and remediation of contaminated soil. The results of research and development of complexes of activated humic acids performed by the authors are presented. Some of the products described are produced in the LLC «Agrosintez» with the use of their own original technology based on brown coal processing. The reason of increasing and spreading technologies of producing humic acids complexes and output of about 100 tons per year in one of out-of-service chemical weapons decommission plants is presented for the purposes of the federal program «Decommission of chemical weapons Russia», FTP «Chemical and Biological security of the Russian Federation», and for various of practical use as a commercially available product.

Ключевые слова: гуминовые кислоты, санация и ремедиация почв, уничтожение запасов химического оружия, ликвидация последствий чрезвычайных происшествий/ситуаций, переработка бурого угля, продуктов уничтожения химического оружия

Keywords: humic acids, sanitation and remediation of soil, chemical weapons decommission, liquidating consequences of emergency states, brown coal processing, chemical weapons decommission plants conversion

Введение

В настоящее время в Российской Федерации приближается к завершению процесс уничтожения химического оружия (ХО). Часть объектов уничтожения ХО (УХО), каждый из которых является современным высокотехнологичным химическим предприятием, выводится из эксплуатации. При передаче объектов УХО (включая места хранения ХО) для хозяйственного использования необходимо провести санацию и ремедиацию почв. Поскольку в подобной ситуации осуществлять вывоз и захоронение поверхностного слоя почвы крайне сложно и дорого, при этом представляется воз-

можным для этих целей применение препаратов на основе гуминовых кислот (ГК).

Данные препараты ГК являются оптимальным средством (по соотношению цена/эффект) и могут быть использованы для обработки почв при выводе из эксплуатации объектов УХО. Препараты пригодны для создания аварийного государственного запаса универсальных недорогих сорбентов на случай чрезвычайных происшествий. В дальнейшем производство препаратов на основе ГК будет обеспечивать коммерчески востребованные потребности в качестве продуктов для сельского хозяйства (растениеводство и животноводство), включая парниковое хозяйство; про-

дуктов для экологических задач (поддержание почв мегаполисов, спортивных сооружений, детоксикация и ликвидация свалок, восстановление почв) в местах техногенной активности, например, строительства зданий и дорог; средств для периодической обработки и вывода из эксплуатации экологически опасных промышленных объектов, а также полигонов, могильников, карьеров и т. д.; средств санации почв, интенсивно загрязнённых нефтепродуктами.

При этом будет решена задача вовлечения огромных, но пока не востребованных природных ресурсов РФ (бурый уголь) в хозяйственную деятельность, а также создания новых рабочих мест и уникальных производств с получением высокотехнологичных продуктов. Россия лидирует в мире по запасам этого ценного, но пока не востребованного промышленности сырья. Высокотехнологичные продукты на основе ГК могут быть востребованы не только в РФ, но и в Западной Европе и на Ближнем Востоке.

Предварительные работы в данной области проведены авторами в рамках выполнения ФЦП «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации». В настоящее время ООО «Агросинтез» выпускает небольшие партии препаратов очищенных активированных ГК (на основе собственной оригинальной технологии переработки бурого угля) для коммерческого использования (растениеводство, ликвидация свалок, поддержание и восстановление почв мегаполисов и спортивных сооружений). Данные оригинальные технологии производства могут быть масштабированы и внедрены на одном из объектов УХО, а ассортимент производимых продуктов может быть расширен в зависимости от задач и технологий приме-

нения препаратов. Следует отметить, что для массового хозяйственного применения препаратов на основе ГК может быть использована стандартная сельскохозяйственная техника для внесения твёрдых и жидких удобрений, а для задач митигации и ликвидации последствий чрезвычайных происшествий стандартная техника, применяемая пожарными и подразделениями МЧС.

Роль ГК в природе и принципы их использования для восстановления почв

Гумусовые вещества (ГВ) являются одним из наиболее распространённых в природе типов органических соединений. Классификация ГВ основана на различии в растворимости в воде и щелочах. ГВ (стабильные органические вещества почвы) подразделяют на три основные составляющие: фульвокислоты (ФК), гуминовые кислоты (ГК) и гумин. Содержание солей гуминовых кислот – гуматов в морских водах составляет 0,1–3,0 мг/л, в речных водах – до 20 мг/л, в водах болот – до 200 мг/л. В почвах содержится от 1 до 10% гумусовых веществ, при этом их больше всего в чернозёмах [1 – 3]. Структура органического вещества почвы представлена на рисунке 1. ГК в нормальных условиях являются одними из наиболее устойчивых органических соединений в условиях окружающей среды [1, 2].

Основным природным источником для промышленного производства ГК (наиболее ценными технологичным для создания многоцелевых промышленных продуктов) является разновидность бурого угля – леонардит (содержит до 70% ГК), иногда используется торф (15–25% гуматов), реже сапропель (15–25% гуматов).

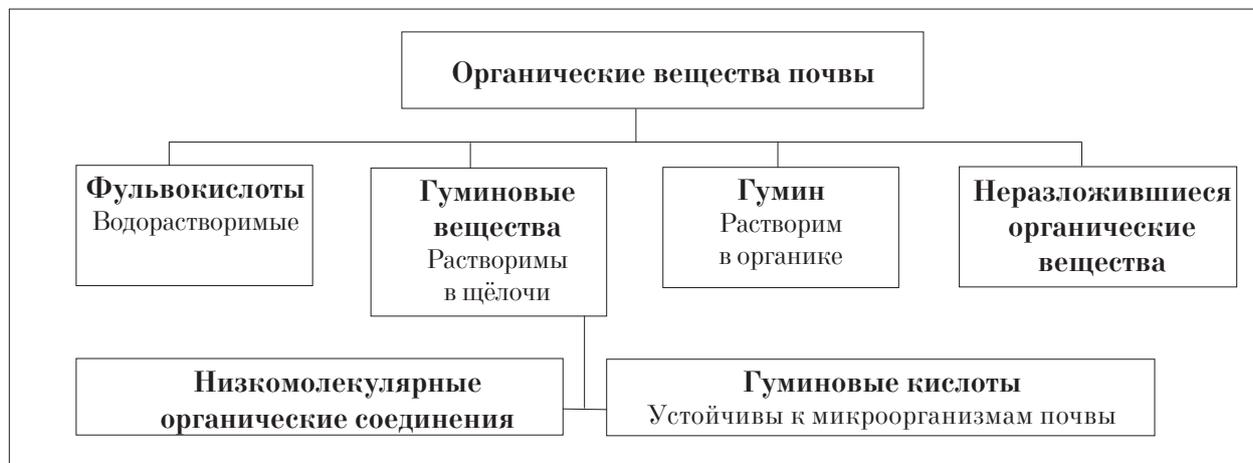


Рис. 1. Структура органического вещества почвы

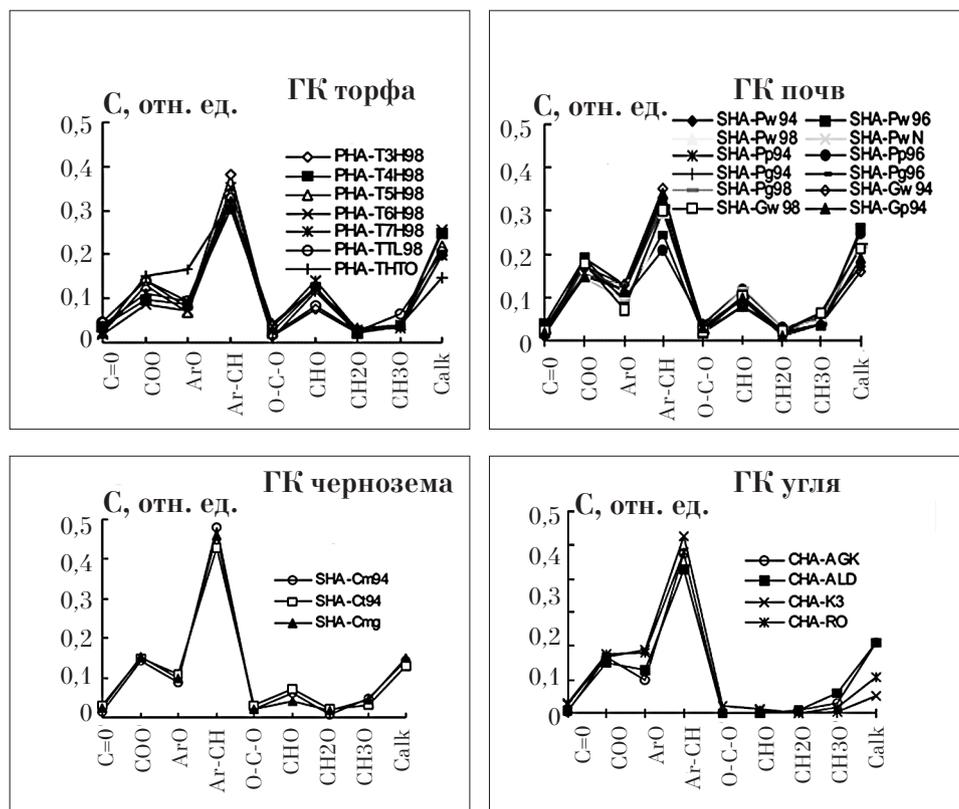


Рис. 2. Относительное содержание функциональных групп в ГК различного происхождения

Несмотря на присвоение ГК номера CAS (свободная кислота – 1415-93-6, натриевая соль ГК – 68131-04-4), сложная химическая структура ГК полностью не идентифицирована. Описаны органические фрагменты молекулы ГК, отмечено, что неотъемлемой частью очищенных ГК является неорганический компонент, в основном – монтмориллонит. Идентификация структуры гуминовых кислот усложнена её способностью к изменению молекулярного веса в зависимости от pH среды, а также наличием в очищенных ГК неорганической составляющей монтмориллонита – минерала, который служит матрицей обратимой полимеризации [4]. Поэтому ГК характеризуются по относительному содержанию функциональных химических групп, элементному составу и некоторым свойствам (не относящимся к структурным). На рисунке 2 представлено содержание функциональных групп в ГК различного происхождения.

Основной гипотезой образования гумусовых веществ в целом и их составной части гуминовых кислот (рис. 3) является трансформация растительных остатков почвенными микроорганизмами, в результате чего образуются близкие по составу ГК с высоким содержанием ароматических фрагментов, карбоксильных

и карбонильных групп. Структурообразующая роль ГК доказана [4], но особенности их влияния на образование ГК изучены недостаточно.

ГК представляют практический интерес, поскольку, обладая способностью к обратимой pH-зависимой полимеризации, обеспечивают универсальный механизм образования биосовместимых плёнок на неорганических материалах с различными полезными свойствами.

В таблице 1 приведены молекулярные массы (M_w) гуминовых кислот, выделенных из различных источников.

Неорганические частицы почвы, покрытые слоем ГК, обеспечивают среду для жизнедеятельности микроорганизмов и растений, что является обязательным условием превращения грунтов в плодородную почву. Структура частицы почвы, иллюстрирующая её способность к биодegradации, приведена на рисунке 4.

Увеличение содержания ГК улучшает структуру и плодородие почв, что в симбиозе с жизнедеятельностью высших растений вызывает ускоренный рост почвенных микроорганизмов, что в свою очередь способствует эффективной биодegradации органических загрязнителей. Процесс протекает в два этапа. Сначала происходит сорбция гидрофиль-

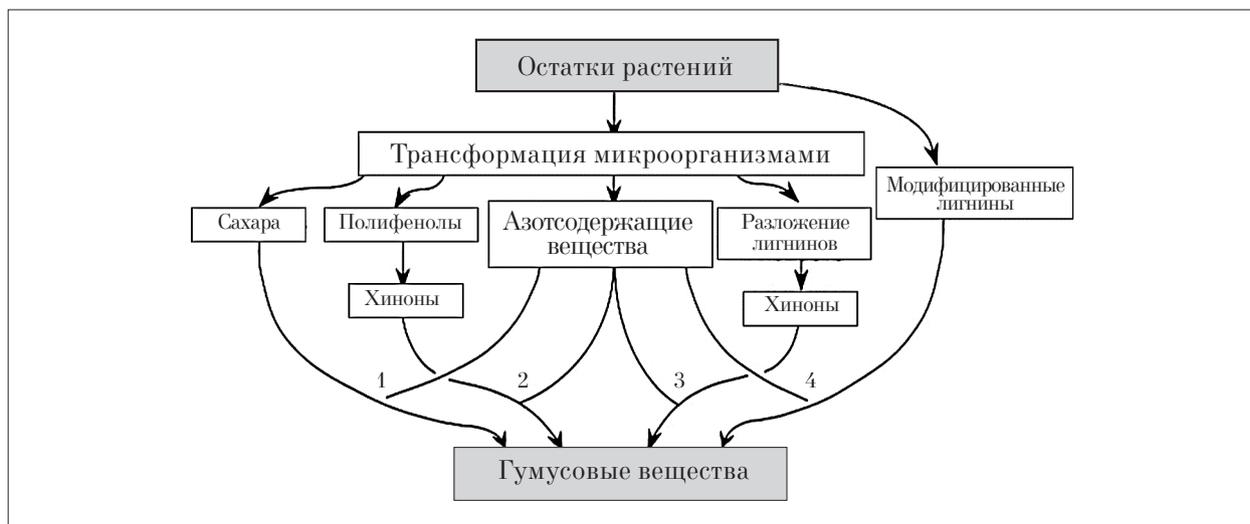


Рис. 3. Гипотеза образования стабильных органических веществ почвы [3]

Таблица 1

Молекулярные массы ГК различного происхождения [5]

Образцы	Диапазон M_w , кДа
ГК из природных вод	1–30
ГК из углей	4–7
ГК из торфа	4–22
ГК из дерново-подзолистых почв	100–700

ных и гидрофобных загрязнителей на покрытой слоем ГК поверхности частиц почвы. Далее сообщества почвенных микроорганизмов (также локализованные на поверхности) могут эффективно перерабатывать самые стойкие органические загрязнители вплоть до их минерализации.

Относительно небольшое повышение содержания в почве ГК, с включёнными в их состав полезными почвенными микроорганизмами и в симбиозе с высшими растениями, способствует ремедиации загрязнённых почв в течение одного-двух сезонов [6, 7]. Экспе-

риментально подтверждённый расход препаратов ГК колеблется в зависимости от задач и характера объекта от 100 до 1000 кг на гектар обрабатываемой площади [5]. Существуют модификации препаратов для ликвидации нефтяных пятен на поверхности водоёмов. Препараты на основе природных гуматов полностью безопасны для окружающей среды и животных, поэтому могут применяться во многих отраслях хозяйственной деятельности [2].

Способность ГК к эффективной сорбции органических загрязнителей (как гидрофобных, так и гидрофильных) и практически необратимой сорбции катионов большинства тяжёлых металлов, включая радионуклиды, имеет важное практическое значение для создания технологий ремедиации и рекультивации почв [1, 4, 8].

Области массового применения препаратов ГК

Способность ГК эффективно связывать катионы металлов и органические соединения позволяет использовать их при производстве микроудобрений, кормовых и пищевых добавок, содержащих микроэлементы; в качестве энтеросорбентов, применяемых в ветеринарии и медицине; сорбентов для очистки воды; мо-

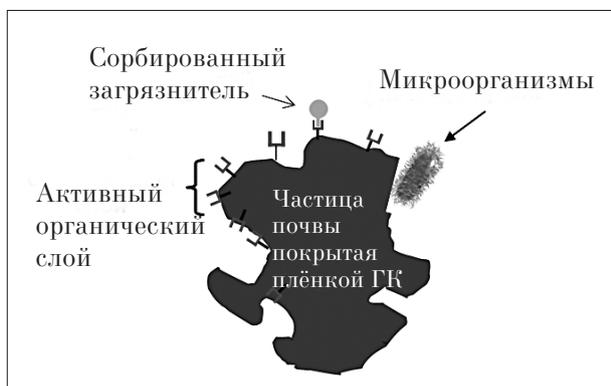


Рис. 4. Схема строения частицы почвы, иллюстрирующая процесс биодegradации загрязнителей

ющих средств для технологических ёмкостей и оборудования, для детоксикации земель от проливов ГСМ, нефтепродуктов и газоконденсата при уровне загрязнения до 4–5% от массы почвы; ликвидации нефтяных плёнок; детоксикации земель, загрязнённых полихлорбифенилами, бензапиренами, диоксинами и т. д. в результате промышленной деятельности, включая аварийные ситуации на предприятиях. Исследуется возможность использования препаратов ГК для митигации воздействия загрязняющих веществ и дезактивации местности, обработки оборудования, санитарной обработки животных и людей, в том числе и при ликвидации последствий аварий на АЭС.

Поверхностно-активные свойства ГВ делают их пригодными для использования: в качестве компонентов буровых растворов; в целях снижения концентрации крахмала и повышения эффективности шлихтования хлопчатобумажных тканей; в виде добавок к растворам йода, используемым в качестве альтернативы цианистым растворителям при выщелачивании тонкодисперсного золотосодержащего сырья; для удаления ароматических углеводородов нефтей из загрязнённых водоносных горизонтов.

Взаимодействие ГВ с минеральными частицами грунта с образованием органо-минеральных комплексов обуславливает их использование в качестве структурообразователей и мелиорантов почв.

Биологическая активность отдельных компонентов ГВ позволяет использовать их в качестве стимуляторов роста растений и др.

Проводятся исследования как по получению высокоочищенных препаратов ГК (что принципиально расширяет спектр их применения), так и по химической модификации ГК для получения материалов с заданными свойствами (рис. 5) [8].

Степень очистки ГК определяет широту практического применения препаратов и материалов на их основе. Рынок простых продуктов с повышенным содержанием ГВ относительно насыщен. Наиболее активными производителями низкотехнологичных препаратов являются китайские компании, которые осваивают как собственные, так и наиболее ценные российские месторождения бурых углей. Китайские организации и частные лица зарегистрировали сотни патентов на способы применения препаратов ГК с целью монополизации рынка. Однако высокотехнологичные продукты на основе активированных ГК на рынке практически отсутствуют.

В рамках задач химической и биологической безопасности РФ препараты ГК могут быть использованы для: проведения митигации и последующей ликвидации последствий стихийных бедствий и происшествий различного происхождения на промышленных предприятиях, в местах хранения опасных материалов, в мегаполисах и т. д.; плановой обработки почв в зоне объектов – потенциальных

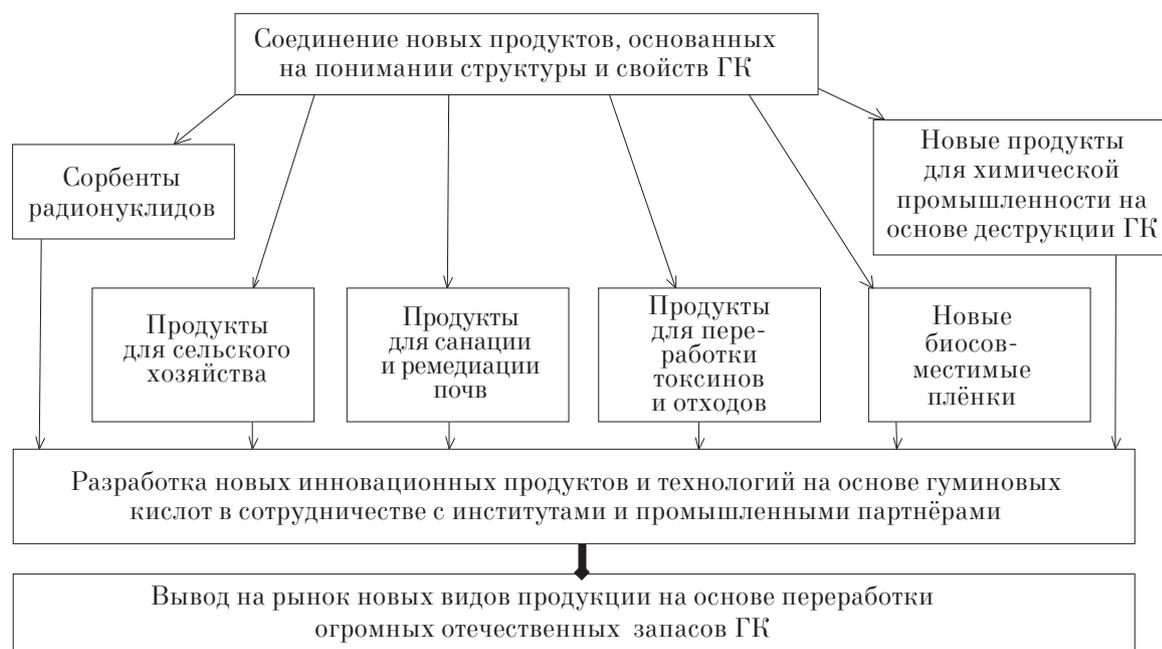


Рис. 5. Основные направления разработок новых продуктов на основе ГК

загрязнителей (базы, полигоны, могильники, карьеры и т. д.); восстановления почв в местах техногенной активности, массового строительства, пролива горюче-смазочных материалов на населённых территориях и других аналогичных задач; ремедиации и рекультивации почв сельскохозяйственного назначения. В рамках ФЦП «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» уже производящиеся препараты очищенных ГК могут быть использованы для обработки демонтируемых заражённых зданий и сооружений, почв, грунтов, строительного мусора, полигонов с отходами, свалок и т. д.

Данные препараты представляют интерес в качестве потенциальных средств санитарной обработки людей и сельскохозяйственных животных.

Расчётная потребность в очищенных препаратах ГК в России составляет от 100 тыс. т/год.

Разработка препаратов гуминовых кислот

Разработки в области препаратов ГК можно разделить на три категории: разработка новых препаратов, разработка технологий получения препаратов активированных ГК и разработка технологий применения данных препаратов. Сущность процесса активации ГК заключается в удалении сорбированных бесполезных органических и неорганических примесей при сохранении химической структуры природной ГК, включая её неотъемлемую неорганическую матрицу, которая участвует в процессе обратимой полимеризации ГК при изменении pH среды.

Авторами данной статьи разрабатываются сорбенты для локализации в почве тяжёлых металлов, включая радионуклиды, а также сорбенты-деструкторы для очистки почвы от стойких органических загрязнителей, включая высокотоксичные вещества и продукты их частичной дегградации [5]. Совместно с коллегами из других организаций проводятся работы по получению высокоочищенных препаратов ГК [7, 9 – 12] и исследованию их структуры и свойств, модификации структуры ГК, созданию биосовместимых покрытий, разработке на их основе полупродуктов для химической промышленности.

В качестве примера можно привести недорогие универсальные сорбенты-деструкторы на основе активированных ГК в виде порошка, геля и концентрата водного раствора:

– порошок, содержащий не менее 45% свободно извлекаемых ГК, содержание функциональных групп у гуминовых кислот: карбоксильных – не менее 4,0 мг-экв/г, гидроксильных – не менее 2,0 мг-экв/г, сорбционная способность в пересчёте на гуминовые кислоты от 2,3 до 6,2 мг-экв/г для различных катионов тяжёлых металлов;

– водный гель, pH раствора $7,0 \pm 0,2$, содержащий не менее 10% вододиспергируемых гуминовых кислот, сорбционная способность в пересчёте на гуминовые кислоты: от 2,4 до 6,0 мг-экв/г для различных катионов тяжёлых металлов.

– водный раствор, pH $9,5 \pm 0,2$, содержащий не менее 10% калиевых солей гуминовых кислот, сорбционная способность в пересчёте на гуминовые кислоты: от 2,4 до 6,0 мг-экв/г для различных катионов тяжёлых металлов.

Стоимость данных препаратов при большом объёме производства не должна превышать стоимость исходного сырья – леонардита более чем на порядок.

Более сложные формы препаратов, предназначенные для быстрой и надёжной биодеструкции стойких органических загрязнителей, содержат концентрат экологически безопасных почвенных микроорганизмов-деструкторов – экотоксикантов, титр микробных клеток $1,2 \times 10^{11}$ кл/мл [5].

Одним из направлений исследований является создание образцов высокочистых ГК, получаемых при последовательном использовании технологии химической и микробиологической очистки [7, 9]. Образцы высокочистых ГК из различных природных источников образуют частицы по форме напоминающие кубические кристаллы, нити и иглы, но при этом они не являются кристаллическими структурами. Проводятся исследования морфологии данных образцов ГК, образования плёнок на неорганических поверхностях и исследования размеров частиц ГК в водных растворах, что представляет теоретический и практический интерес при создании новых биосовместимых материалов [10 – 12]. Результаты некоторых исследований представлены на рисунке 6.

Интересно отметить, что приведённая на фотографии микроструктура частицы ГК в форме спирали хорошо иллюстрирует наиболее сложную для исследователей задачу изучения механизмов самоструктурирования ГК. Феномен самоструктурирования очищенных ГК ак-

тивно обсуждается в литературе [7–9] в связи с возможностью создания материалов с заданными свойствами.

Также обсуждается целесообразность химической модификации природных ГК, что может привести, с одной стороны, к появлению новых полезных свойств, с другой стороны – к потере исходных полезных свойств и появлению побочных эффектов воздействия на биологические системы.

Разработка технологий применения препаратов включает как эксперименты на местности (в тёплое время года), так и исследования в условиях лаборатории–фитотрона (круглогодично).

Препараты ГК способны поглощать более 10% катионов (тяжёлые металлы и радионуклиды) от веса действующего начала – активированной ГК [10 – 12]. Рисунок 7 иллюстрирует влияние гуминового препарата-сорбента на рост растений семейства бобовых в присутствии токсичных концентраций ионов хрома, свинца и ртути.

Добавление препарата ГК резко снижает ингибирование роста растений и накопление в них ионов металлов.

На рисунке 8 показано влияние препарата на рост растений в почве, загрязнённой дихлорбензолами (ДХБ) – компонентами ранее широко использовавшихся трансформаторных масел.

Рядом авторов показана эффективность санации почв загрязнённых фосфорорганическими отравляющими веществами (ФОВ) и продуктами их деструкции с использованием препаратов ГК [13 – 15]. Отмечено, что стоимость санации почв с препаратами ГК в десятки раз ниже стоимости с использованием других препаратов, при этом нет необходимости замены почв [13].

Известно, что некоторые соединения с Р–С связью, например, производные алкилфосфоновых кислот (включая метилфосфоновую кислоту – основной продукт деструкции ФОВ) [14, 16, 17], производные фосфомуравьиной кислоты [18] и др., а также пирофосфаты [15], в отличие от большинства фосфатов обладают выраженной гербицидной активностью. Это снижает естественную биодegradацию продуктов деструкции ФОВ. Установлено, что препарат на основе гуминовых

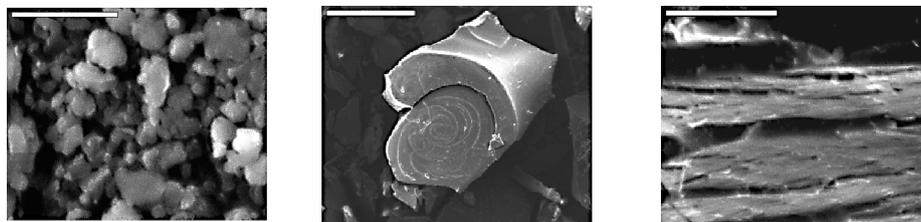


Рис. 6. Морфология частиц и плёнок, образуемых очищенными ГК. Слева – направо: формы частиц ГК, микроструктура частицы ГК, микроструктура плёнки ГК на поверхности неорганического материала



Рис. 7. Влияние гуминового препарата (сорбент-деструктор жидкий), 1,5 % от веса перлита (заменитель почвы) на рост растений семейства бобовых в присутствии токсичных концентраций ионов хрома, свинца и ртути. 1 – Cr^{3+} 50 мг/кг, 2 – Pb^{2+} 50 мг/кг, 3 – Hg^{2+} 50 мг/кг, 4 – Cr^{3+} 50 мг/кг + ГП/СД/Ж 1,5% вес, 5 – Pb^{2+} 50 мг/кг + ГП/СД/Ж 1,5% вес, 6 – Hg^{2+} 50 мг/кг + ГП/СД/Ж 1,5% вес, 7 – ГП/СД/Ж 1,5 % вес, 8 – контроль.



Рис. 8. Влияние гуминового сорбента-деструктора на рост растений в почве, загрязнённой ДХБ. В левой кювете растения мятлика и клевера, растущие на почве, загрязнённой ДХБ, в правой – растущие на почве, загрязнённой ДХБ и обработанной сорбентом-деструктором

соединений – Лигногумат снижает фитотоксичность фосфорсодержащих соединений – метилфосфоновой кислоты и пиррофосфата натрия [14, 15]. Поэтому при загрязнении почв метилфосфонатами и другими загрязнителями, подавляющими рост растений, целесообразно использование препаратов ГК.

Следует отметить, что при внедрении препаратов на основе ГК, являющихся безопасными продуктами природного происхождения (в отличие от известных синтетических сорбентов), не требуется проведение дорогостоящих и длительных исследований их безопасности в процессе получения разрешения на их использование для санитарной обработки людей и животных в случае различных чрезвычайных происшествий.

Выводы

Показана целесообразность и эффективность использования препаратов ГК и микробиологических препаратов на их основе для связывания токсичных катионов (включая катионы радионуклидов) и биодegradации органических токсикантов, вследствие чего происходит интенсивное восстановление загрязнённых почв. Добавление предлагаемых авторами препаратов ГК в почву приводит к связыванию катионов токсичных металлов и к усилению биодegradации органических токсикантов, включая наиболее стойкие экотоксиканты. В отличие от дегазирующих средств, практически полностью подавляющих детоксицирующую способность почвенных микроорганизмов и фактически консервирующих экотоксиканты в почве, добавление препаратов

активированных ГК (особенно микробиологических) резко ускоряет биодegradацию загрязнителей. Искусственное введение препаратов натуральных ГК в почву в любых практически значимых количествах не вызывает загрязнения окружающей среды. Различными авторами показана эффективность препаратов на основе ГК для санации почв, загрязнённых ФОВ и продуктами их деструкции.

Разработанная и используемая ООО «Агроросинтез» технология производства активированных ГК позволяет получить удобные для применения жидкие и твёрдые формы препаратов. Данная технология может быть масштабирована и внедрена на одном из выходящих из эксплуатации объектов УХО. На первом этапе получаемые препараты предполагается использовать для санации почв при выведении из эксплуатации всех имеющихся объектов УХО, различных полигонов, а также для отработки технологий применения препаратов в промышленных масштабах для хозяйственных задач. В результате первого этапа должен быть достигнут объём производства концентрированных форм препаратов активированных ГК на уровне ~100 тыс. т/год. На втором этапе реализации проекта предполагается расширение ассортимента препаратов и областей их коммерческого применения, а также развитие экспортного потенциала данных продуктов.

Литература

1. NATO Advanced Research Workshop. Use of humates to remediate polluted environments: From theory to practice. Zvenigorod, Russia. 2002.
2. Орлов Д.С. Химия почв. М.:Изд-во МГУ, 1992. 259 с.
3. Biopolymers, Lignin, Humic Substances and Coal // Ed. by M.Hofrichter, Steinbuechel. Wiley-VCH. 2001. 523 p.
4. Putsykin Y.G., Shapovalov A.A. Humic acid as a specific class of organomineral polymers // Phytopedon. 2004. V. 3. P. 63–66.
5. Perminova I.V., Frimmel F.H., Kudryavtsev A.V., Kulikova N.A., Abbt-Braun G., Hesse S., Petrosyan S. Molecular weight characteristics of humic substances from different environments as determined by size exclusion chromatography and their statistical evaluation // Environ. Sci. Technol. 2003. V. 37. P. 2477–2481.
6. Putsykin Y.G., Shapovalov A.A., Sosnov A.V., Alekseev S.G. «R&D Commercial Products Based on Humic Acids and Humic Substances for Field Detoxification and Recultivation». Technical Workshop on Response to Chemical, Biological and Radiological/Nuclear Terrorist Attacks. Ottawa, Canada. 2009.

7. Stepanov A.L., Zviagintsev D.G., Lisak L.V., Shapovalov A.A., Putsykin Y.G. Use of Soil Microorganisms for Producing Standard Samples of Humic Acids // 14-th International Meeting of the Humic Substances Society. Moscow. 2008. V. II. P. 721–722.
8. Перминова И.В. Гуминовые вещества – вызов химикам XXI века // Химия и жизнь. 2008. № 1.
9. Stepanov A.L., Zviagintsev D.G., Lisak L.V., Shapovalov A.A., Putsykin Y.G. Isolation of humic acids from SOM by use of soil microorganisms // EUROSOIL. Book Abstracts. Vienna. 2008. P. 231.
10. Пуцыкин Ю.Г., Шаповалов А.А., Соснов А.В., Станьков И.Н., Соловьев И.А. Разработка высокотехнологичных препаратов на основе гуминовых веществ и гуминовых кислот для сельского хозяйства и защиты окружающей среды // Инновационные химические технологии и биотехнологии новых материалов и продуктов: Конф. РХО им. Д. И. Менделеева. Москва. 2010.
11. Пуцыкин Ю.Г., Шаповалов А.А., Соснов А.В., Алексеев С.Г. Продукты на основе гуминовых веществ для восстановления загрязнённых почв и очистки воды // Химическая безопасность Российской Федерации в современных условиях: Всероссийская научно-практическая конференция. Санкт-Петербург. 2010.
12. Sosnov A.V., Sadovnikov S.V., Putsykin Y.G., Shapovalov A.A. Products Based on Humic Substances // The 33-rd AMOP Technical Seminar on Environmental Contamination and Response. Canada. 2010.
13. Скоробогатова В.И., Щербаков А.А., Мандыч В.Г. Санация загрязнённых территорий в районах хранения и уничтожения химического оружия // Российский химический журнал им. Д.И. Менделеева. Т. LI. № 2. 2007.
14. Сунцова Н.В., Огородникова С.Ю. Влияние Лигногумата на фитотоксичность метилфосфоновой кислоты // Экология родного края: проблемы и пути решения: Матер. всерос. молод. конф. Киров. 2011. С. 197–199.
15. Сунцова Н. В., Огородникова С. Ю., Попов Л. Б. Влияние Лигногумата на фитотоксичность пирофосфата натрия // Экология родного края: проблемы и пути их решения. Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодёжи. Киров: ООО «Лобань», 2010. С. 138–140.
16. Огородникова С.Ю. Влияние фосфорорганических ксенобиотиков – метилфосфонатов на жизнедеятельность растений: Автореф. дис.... канд. биол. наук. Сыктывкар. 2004. 24 с.
17. Захаренко В.А. Гербициды. М.: Агропромиздат, 1990. 204 с.
18. Kovalenko L.V., Sosnov A.V., et al. Synthesis of Phosphonothioformic Acid Esters // «Nauka» Zhurnal Obshchei Khimii. 1994. V. 64. № 10. P. 1634–1638.

**Практические направления
экологической реабилитации почв
при их химическом загрязнении**

© 2012. О. Ю. Растегаев, д.х.н., зам. директора, В. Е. Субботин, к.х.н., с.н.с.,
А. М. Ченцов, н.с., В. А. Рыжков, инженер, С. Н. Черников, с.н.с.,
Государственный научно-исследовательский институт
промышленной экологии,
e-mail: info@sar-ecoinst.org

Дана характеристика направлений экологической реабилитации почв, подвергшихся химическому загрязнению, для практического применения. Приведены примеры использования метода реагентной детоксикации полипептидными и аминокислотными композициями, рекультивации с использованием изолирующих слоев, метода сорбции загрязняющих веществ.

The directions of environmental remediation of chemically contaminated soil are recommended for practical application. Examples of applying the method of reagent detoxification with amino acid and polypeptide compositions, as well as of remediation using insulating layers, and the method of pollutants sorption are presented.

Ключевые слова: тяжёлые металлы, детоксикация почв, аминокислотные композиции, рекультивация, мелиоранты, сорбенты

Keywords: heavy metals, soil detoxification, amino acid compositions, reclamation, meliorants, sorbents

Введение

Химическое загрязнение стабильными соединениями: тяжёлыми металлами (ТМ), нефтепродуктами (НП), диоксинами, представляет серьёзную опасность для окружающей среды. В результате развития промышленности по переработке и использованию химических веществ в технике при отсутствии соответствующей системы природоохранных мероприятий сложилась ситуация, в результате которой значительные территории оказались загрязнены этими компонентами в концентрациях, в сотни и тысячи раз превышающих допустимые.

Кроме прямого негативного влияния на живые организмы избыточных концентраций ТМ высокую опасность представляет косвенное действие химического загрязнения на дисбаланс химических элементов в экосистемах [1, 2].

Согласно литературным данным [3], число примеров токсического действия ТМ и других загрязняющих веществ, входящих в состав технических продуктов или отходов промышленности, увеличивается с каждым годом.

В связи с этим возникает практическая потребность в разнообразных и эффективных

методах реабилитации почв загрязнённых территорий. Если раньше при более низких уровнях загрязнения достаточно было использовать физические меры снижения влияния химического загрязнения на почвы, такие как: ограждение, обваловка, нанесение изолирующих бетонных или асфальтовых слоёв, смешивание с незагрязнёнными субстратами, то при значительно больших масштабах химического загрязнения на первый план выходят методы снижения токсического действия.

В соответствии с ГОСТ [4] детоксикация загрязняющего почву вещества определяется как превращение загрязняющего почву вещества в нетоксичные для организмов соединения.

**Реагентная детоксикация
тяжёлых металлов**

Выбор методического подхода. Учитывая, что ТМ малоподвижны в почве, их удаление из неё включает, как правило, удаление загрязнённого слоя, либо удаление самих металлов с помощью доступных хелатообразующих реагентов (например, этилендиаминтетрауксусной кислотой). При этом металлы переходят

в лабильную форму и опускаются в почву на уровень ниже корневой системы. Именно эта процедура была с успехом применена в Японии при очистке загрязнённых территорий от кадмия. Однако применение комплексообразующих реагентов приводит к загрязнению подземных вод. Поступление ТМ по пищевой цепи можно минимизировать выращиванием на загрязнённых полях только кормов для животных или таких культур, которые используются для питания человека в малых дозах. Эффективным средством снижения концентрации подвижных форм ТМ является известкование кислых почв для увеличения рН. После такой обработки многие металлы переходят в малорастворимые гидроксиды, что приводит к снижению токсичности, но со временем функционирование биоценоза приводит к закислению почв и металлы снова переходят в более растворимое состояние.

Известны способы электрохимической и биологической очистки грунтов и почв от радиоактивных и токсических веществ, основанные на использовании потенциалов напряжения постоянного тока и растений, накапливающих в вегетативной массе токсические вещества [5, 6].

Названные способы отличаются рядом существенных недостатков: высокой трудоёмкостью, сложностью в исполнении, а также продолжительным сроком получения результатов, в связи с чем не получили широкого применения в природоохранной практике. В современной литературе предлагается также композиция для детоксикации почв [7], а также кондиционер почвы [8], предусматривающий использование в качестве детоксикантов различных сорбентов, поглощающих токсические вещества: гуминовые кислоты, алкиламмониевую соль, полигексаметиленгуанидин, кремнийсодержащие компоненты и др. Названные соединения являются в большей части дорогостоящими, не производятся серийно, и поэтому их использование с целью детоксикации экономически нецелесообразно.

Более перспективным представляется удаление ТМ из почвы, что является затратной процедурой, а детоксикация (снижение токсичности) почвы, в результате которой металлы переходят в комплексные малотоксичные соединения. Основным условием является выбор такого реагента, который бы привёл к образованию прочного комплекса. Детоксикация всё шире используется в практической экологии как эффективный метод снижения токсичности загрязнённых почв,

осадков сточных вод, строительных конструкций [9 – 12].

Сущность метода заключается в том, что в качестве реагента используется полипептидная и аминокислотная композиция, получаемая путём щелочного гидролиза белоксодержащих отходов производства (пух, перо, остатки от убоя животных и др.). После определения содержания ТМ, рассчитывается количество реагента для обработки загрязнённой территории. После обработки территории контроль процесса проводится по значению аминокислотного коэффициента, которое не должно быть менее 2,0.

Характеристика реагента. В качестве детоксиканта выбрана композиция АК-ЗЭ – композиция жидких гидратов натриевых солей аминокислот с мольным содержанием 1 моль/л, отвечает требованиям ТУ18517698-3-98 (разработчик – НИЦ ИХТЭМП), разрешена Госсанэпиднадзором МЗ РФ в качестве детоксиканта соединений ТМ.

Композиция АК-ЗЭ представляет собой коричневую, тёмно-коричневую или чёрную жидкость со специфическим запахом, плотность которой 1050–1080 г/дм³, температура замерзания – 10–12 °С, температура кипения 100–105 °С. Композиция АК-ЗЭ состоит из жидких гидратов натриевых солей аланина, валина, глицина, лейцина, изолейцина, пролина, фенилаланина, серина, тирозина, треонина, аргинина, гистидина, лизина, оксализина, аспарагиновой кислоты и глютаминовой кислоты. Средняя молекулярная масса – 125–130.

Композиция АК-ЗЭ проявляет щелочную реакцию, смешивается с водой, взаимодействует с кислотами. Композиция АК-ЗЭ относится к 4 классу опасности – малоопасные вещества, при попадании в желудок LD₅₀ > 20 г/кг.

Характеристика объектов детоксикации. В качестве объектов детоксикации использованы почвогрунты различных категорий в соответствии с классификацией по уровню химического загрязнения [13 – 15].

Для детоксикации были выбраны почвогрунты всех указанных категорий – от допустимой до чрезвычайно опасной.

Наиболее загрязнённые почвы были токсичны, при попадании в желудок LD₅₀ = 5,5 г/кг (1 класс опасности).

Определение содержания валовых и подвижных форм никеля, цинка, свинца, меди проводилось рентгенофлуоресцентным методом [16] с использованием рентгенофлуоресцентного анализатора «Спектроскан».

Характеристики почвоулучшателя Агросорб-1Г

Марка	Размер зёрен, мм	Насыпная плотность, г/дм ³	Объём пор суммарный, см ³ /г	Объём микропор, см ³ /г	Адсорбционная способность по йоду, %
Агросорб-1Г	0,5–2,0	460–480	> 72	> 0,3	> 75

Определение содержания валовых и подвижных форм кадмия проводилось атомно-абсорбционным методом [17 – 18]. Определение кислотности почв определялось в соответствии с ГОСТ [19].

Результаты детоксикации. После детоксикации все почвы являются малотоксичными и относятся к 4 классу опасности. Следовательно, детоксикация как сильно, так мало загрязнённых почвогрунтов протекает практически полностью.

Рекультивация с внесением природных и химических мелиорантов

В случае не очень высокого загрязнения почв, например, при содержании ТМ и мышьяка до 50 мг/кг, применяют рекультивацию загрязнённых земель, основанную на поглощении и удержании влаги с растворёнными в ней токсическими веществами, природными и химическими мелиорантами [20]. Рекультивацию площадки, где в прошлом уничтожалось химическое оружие, проводят в следующем порядке. Первоначально её поверхность покрывают 10-сантиметровым слоем цеолитсодержащей породы, что способствует предотвращению диффузии продуктов деструкции отравляющих веществ из загрязнённой почвы в слой вышерасположенных мелиорантов. Затем цеолитсодержащую породу перекрывают слоем карбонатной глины мощностью 15 см, что обеспечивает перехват воды, непоглощённой полимером акриламида и почвогрунтом, а также способствует раскислению почвенной влаги за счёт высокого содержания карбонатов. На слой карбонатной глины наносят смесь почвы с полимером АК-639 акриламида водопоглощающего АК-639 марки В-415К в объёмном соотношении 100:1 слоем 10 см. Сверху наносят 20-сантиметровый слой почвы, используемой для дальнейшего залуживания поверхности, включающего посев корневищных многолетних трав (кострец и пырей) в весовом соотношении семян 1:1 и нормой высева 20 кг/га. В результате проведённых операций содержание мышьяка снижается в почве испытываемой площадки в 20–25 раз и достигает уровня ПДК, что не превышает 2,0 мг/кг по-

чвы. Эффективность нового способа оценивалась по всхожести бобовых культур, отличающихся высокой чувствительностью к химическому загрязнению земель. При этом использовался классический метод подсчёта числа взошедших проростков [21]. Анализ показал, что после рекультивации всхожесть клевера розового возросла на 26%, что свидетельствует о высокой эффективности нового способа.

Способ комбинированного использования реагентной детоксикации и описанной выше рекультивации запатентован [11].

Сорбенты. Для практического применения промышленность предлагает различные сорбенты, например [22], почвоулучшатель Агросорб-1Г применяют для детоксикации почв, содержащих различные загрязняющие вещества, в том числе пестициды. Почвоулучшатель применяют в виде водной суспензии в соотношении Агросорб-1:вода как 1:(10–15) путём поверхностного нанесения. Свойства сорбента приведены в таблице.

Для очистки почв от нефтепродуктов предлагается сорбент ELCOSORB [23], который является абсорбирующим и водоотталкивающим продуктом на основе натурального «белого» (поверхностного) торфа из Северной Германии. Абсорбент наносится на почву и захватывается на нужную глубину. Гуминовая кислота и микроорганизмы, которые содержатся в микропорах сорбента, расщепляют углеводороды, затем микрокапсулы претерпевают биологический распад и начинают впитывать влагу, после чего образуется гумус. Это преобразование продолжается 5–7 месяцев, дополнительное перепахивание участка или внесение кислотосодержащих веществ ускоряют процесс.

Заключение

Направления практического применения методов экологической реабилитации почв определяются уровнем и характером химического загрязнения, а в случае загрязнения несколькими химическими веществами различных классов наиболее эффективным является комплексное использование сорбентов, детоксикантов с последующей рекультивацией детоксицированных почв.

Литература

1. Химия окружающей среды / Под ред. Дж. Бокриса. М.: Химия, 1982. 668 с.
2. Майстренко В.Н., Хамитов Р.З., Будников Г.К. Эколого-аналитический мониторинг супертоксикантов. М.: Химия, 1996. 317 с.
3. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов / Под ред. Х. Зигель, А. Зигель. М.: Мир, 1993. 368 с.
4. ГОСТ 27593-88 (2005). «Почвы. Термины и определения».
5. Патент на изобретение РФ №2211493. Способ электрокинетической очистки грунтов от радиоактивных и токсических веществ / А.С. Баринов, Л.Б. Прозоров, В.Б. Николаевский и др. / 27.08.2003.
6. Патент на изобретение РФ №2231944. Способ биологической очистки почв / А.С. Лукаткин, Д.И. Башмаков / 10.07.2004.
7. Патент на изобретение РФ №2226436. Композиция для детоксикации почв. / В.С. Белоусов, С.А. Ермоленко, О.И. Квасенков / 10.04.2004.
8. Патент на изобретение РФ №2122903. Кондиционер почвы / В.В. Матыченков, Е.А. Бочарникова, В.М. Дьяков / 10.12.1998.
9. Экологическая ситуация в городе Серпухове и перспективы её улучшения / Под ред. Ф.И. Хакимова. М.: Изд-во «Полтекс», 2000. 228 с.
10. Фридман А.Я., Шемякина Е.В., Сологуб В.А., Новиков А.К., Новиков В.К., Ким Ю.М., Чупис В.Н., Растегаев О.Ю., Тихомиров Ю.П., Туренков А.А. Детоксикация строительных конструкций // Экология и промышленность России. 2004. № 1. С. 22–25.
11. Патент на изобретение РФ №2415723, МПК В09С 1/08, А62D 3/00. Способ реагентной рекультивации почв / Чупис В.Н., Растегаев О.Ю., Иванов А.И. Заявлено 09.12.2009. Заявка №2009145792. Бюл. № 10, 10.04.2011.
12. Чупис В.Н., Растегаев О.Ю., Толоконникова Т.П., Кравченко А.П., Рыжков А.В., Панкова Р.М., Рыжков В.А. Реагентная детоксикация высоко загрязнённых тяжёлыми металлами почвогрунтов и земель промышленных предприятий // Экологические проблемы промышленных городов. 2-я Всерос. конф.: научн. труды. Саратов: СГТУ, 2003. С. 191–193.
13. МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населённых мест. М.: Минздрав России, 1999. 38 с.
14. Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами. М.: МПР, Роскомзем, 1993. 73 с.
15. Правила определения степени загрязнённости почв обследуемых земельных участков. Саратов: Комитет по охране природной среды, 1994. 11 с.
16. ПНД Ф 16.1.8-98. Методика выполнения измерений массовых концентраций кислоторастворимых, водорастворимых и подвижных форм металлов (хром, ртуть, марганец, кобальт, никель, медь, свинец, цинк) в пробах почвы с предварительным концентрированием ионов тяжёлых металлов на преобразователях ИП-ТМ-Д и ИП-ТМ-Д-1 ренгенофлуоресцентным методом.
17. РД 52.18.191-89. МВИ массовой доли кислоторастворимых форм металлов в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом.
18. РД 52.18.289-90. МВИ массовой доли подвижных форм металлов в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом.
19. ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение её рН по методу ЦИНАО.
20. Патент на изобретение РФ №2329882. Способ рекультивации земель / А.И. Иванов, П.А. Иванов, А.П. Стаценко / 20.06.2006.
21. Методика государственного испытания сельскохозяйственных культур. Ч.1-2. М. 1965.
22. Почвоулучшатель Агросорб-1Г (ТУ 6-16-20-38-87). ОАО «Электростальское научно-производственное объединение «НЕОРГАНИКА»», <http://www.neorganika.ru/>
23. Абсорбент Elcosorb. Компания «ЭлкоСорб». <http://xn--90arcnamf6g.xn--p1ai/ochistka-poverhnosti-pochvy>

УДК 623.459.84:669

Обеспечение безопасных условий передачи металлоотходов с объектов по уничтожению химического оружия на металлоперерабатывающие предприятия

© 2012. А. А. Гулин, начальник, Е. П. Павленко, к. в. н., с. н. с.,
Научно-исследовательский центр Федерального управления
по безопасному хранению и уничтожению химического оружия,
e-mail: fubhuho@ yandex.ru

В статье приведены требования по обеспечению безопасности при подготовке металлоотходов от уничтожения химического оружия и передаче их как вторичного сырья на металлоперерабатывающие предприятия.

Requirements on security during preparation of metallic waste of chemical weapon storage and destruction facilities and their transference to metal processing plants as second raw material.

Ключевые слова: химическое оружие, металлоотходы, металлоперерабатывающее предприятие, требования безопасности, вторичное сырьё

Keywords: chemical weapons, metallic waste, metal processing plants, requirements on security, recycled materials

Выполнение Российской Федерацией конвенционных обязательств и планомерное уничтожение отравляющих веществ (ОВ) предполагает накопление на объектах по хранению и уничтожению химического оружия (ХО) значительного количества металлоотходов различного вида (корпуса артиллерийских боеприпасов, реактивные снаряды, головные части ракет, авиационные бомбы и приборы, их штатная металлическая складская тара (контейнеры), крупнотоннажные железнодорожные цистерны, бочки, химические реакторы, транспортно-технологические контейнеры) и металлоконструкций (оборудования), применяемых для их уничтожения.

По состоянию на первый квартал 2011 г. на объектах по уничтожению ХО накоплено большое количество разнообразных корпусов боеприпасов, их штатной металлической складской тары (контейнеров), железнодорожных цистерн. С учётом продолжающегося процесса уничтожения ХО и ввода в строй новых производственных мощностей количество указанных металлоотходов будет возрастать [1].

Ёмкости и корпуса боеприпасов различного вида, непосредственно контактировавшие с ОВ, пройдя все стадии производственно-технологического процесса, включая высокотемпературное обеззараживание, необратимую деформацию и все виды контроля, не могут больше функционировать по прямому на-

значению. В то же время образовавшиеся металлоотходы как вторичное сырьё сохраняют свою определённую потребительскую стоимость и после специальной переработки снова могут быть широко использованы в интересах экономики, что в полной мере соответствует растущей потребности внутреннего рынка страны [2].

С учётом стратегии развития металлургической промышленности Российской Федерации до 2020 г. вторичное сырьё (металлоотходы производства) должно стать одним из основополагающих источников сырья для производства металлов, а их переработка – постоянной функцией общественного производства. Повторное использование металлоотходов значительно расширяет сырьевую базу страны, сохраняет невозобновляемые источники первичного сырья, предотвращает загрязнение окружающей среды, обеспечивает достижение значимого экономического эффекта за счёт экономии текущих затрат и инвестиций [3]. Реальный вклад в реализацию данной стратегии могут внести металлоотходы с действующих и строящихся объектов по уничтожению ХО, что определяет актуальность стоящей перед Федеральным управлением по безопасному хранению и уничтожению химического оружия задачи по созданию и реализации безопасных условий подготовки, передачи, дальнейшей переработки и получения продукции из имеющихся металлоотходов.

Под металлоотходами, как вторичным сырьём с объектов по уничтожению ХО, понимаются прошедшие высокотемпературную термическую обработку, обезвреженные от взрывчатых, отравляющих и других веществ, необратимо деформированные корпуса артиллерийских боеприпасов, реактивных снарядов, головных частей ракет, фрагменты (части) авиационных бомб и приборов, производственное и иное оборудование, предназначенные после переработки для использования в хозяйственных целях.

Безопасность металлоотходов при передаче и дальнейшей переработке на металлоперерабатывающих предприятиях должна быть подтверждена в ходе первичного и вторичного контролей соответствующими документами и соответствовать утверждённым санитарно-эпидемиологическим правилам, гигиеническим и экологическим нормативам, действующим на территории РФ.

Безопасные условия подготовки металлоотходов как вторичного сырья

Обеспечение безопасности металлоотходов как вторичного сырья для металлоперерабатывающих предприятий достигается выполнением комплекса мероприятий, направленных на соблюдение требований взрывобезопасности, химической безопасности (уровень загрязнения металлоотходов ОВ, соответствующий гигиеническим нормативам), охраны окружающей среды и здоровья человека при подготовке, хранении, передаче, транспортировке и их переработке.

С учётом производственно-технологического процесса металлоотходы, образующиеся на объектах по уничтожению ХО и предназначенные для дальнейшего использования в интересах экономики, можно разделить на три вида:

- корпуса артиллерийских боеприпасов, реактивных снарядов, головных частей ракет, авиационных бомб и приборов, их штатная металлическая складская тара (контейнеры);
- ёмкости, используемые для хранения ОВ (крупнотоннажные железнодорожные цистерны, бочки, химические реакторы, транспортно-технологические контейнеры);
- металлоконструкции (оборудование), используемые для уничтожения всех видов ОВ.

Проверка данных металлоотходов на взрывобезопасность является обязательной для сдающих, заготавливающих, перераба-

тывающих и переплавляющих предприятий. При этом обезвреженные взрывоопасные предметы должны соответствовать требованиям ГОСТ 2787-75, а именно:

- металлоотходы первого вида (корпуса артиллерийских боеприпасов, реактивных снарядов, головных частей ракет, авиационных бомб и приборов, их штатная металлическая складская тара – контейнеры) должны иметь открытое очко, вывинченное дно и пустую камеру. Их внутренняя поверхность должна быть очищена от взрывчатых веществ и других специальных составов;
- металлоотходы второго вида (ёмкости, используемые для хранения ОВ: крупнотоннажные железнодорожные цистерны, бочки, химические реакторы, транспортно-технологические контейнеры) должны быть очищены от содержимого (в зимнее время от снега и льда), доступны для осмотра внутренней поверхности и разделаны на куски в соответствии с ГОСТ 2787-75. В случае, когда их разделка является нецелесообразной, горловины баллонов (ёмкостей) должны быть открыты, а в их корпусе необходимо прорезать второе отверстие. Днища бочек и других ёмкостей следует вскрывать;
- металлоотходы третьего вида (металлоконструкции, используемые для уничтожения всех видов ОВ) должны быть полностью очищены. При этом наружный диаметр трубы должен составлять не более 150 мм, а толщина стенок не менее 6 мм. Трубы с большим диаметром необходимо сплющивать или разрезать по образующим. Длина выступающих прямолинейных кусков не должна превышать 100 мм [4].

По результатам проверки составляется акт о взрывобезопасности металлоотходов, утверждаемый главным инженером объекта по уничтожению ХО, на основании которого каждая партия металлоотходов при передаче и транспортировке на металлоперерабатывающие предприятия должна обеспечиваться удостоверением о взрывобезопасности установленной формы.

Металлоотходы не должны содержать неметаллических примесей (резина, огнеупоры, бетон, битум, стекловата, минеральные масла и др.) и остатков золы. Засорённость безвредными примесями (примеси, наличие которых в ограниченном количестве не оказывает отрицательного влияния на качество выплавляемого металла: влага, дерево, земля,

ветошь, песок и др.), габариты и масса металлоотходов должны соответствовать требованиям ГОСТ 2787-75.

Уровень загрязнения металлоотходов ОВ должен соответствовать утверждённым санитарно-гигиеническим нормативам и контролироваться с использованием аттестованных методик измерений и средств измерений утверждённого типа и производиться специальными службами, имеющими аккредитованные лаборатории, с составлением протокола количественного химического анализа.

Все стадии работ с металлоотходами, ранее контактировавшими с ОВ, на этапах выгрузки из установок термообезвреживания (обжига), плазменной резки, деформации, складирования и формирования сводных партий, погрузки (выгрузки) в автотранспорт должны проводиться на асфальтированных (железобетонных) площадках с цельным покрытием, обеспеченных условиями для сбора отходов (окарины) и поверхностных стоков (с выводом на очистку стоков).

Персонал, работающий с металлоотходами, должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты: респиратором от пыли, спецодеждой, обувью, прорезиненными рукавицами, а также бытовым обслуживанием: гигиеническим душем, стиркой спецодежды, ежедневной сменой респиратора и рукавиц.

Для переработки металлоотходы должны направляться на предприятия, имеющие лицензию на право заниматься деятельностью по переработке данных видов металлоотходов и способные при их переплавке поддерживать температуру более 1500 °С [5].

Безопасные условия передачи металлоотходов как вторичного сырья для дальнейшей переработки

Безопасность металлоотходов, готовых к отправке на металлоперерабатывающие предприятия, достигается не только чётко организованным выполнением регламента производственно-технологического процесса, но и проведением двух видов химического контроля специальными службами, имеющими аккредитованные лаборатории, с использованием аттестованных методик измерений, включенных в Федеральный реестр методик выполнения измерений.

При этом первичный контроль включает в себя проверку следующих параметров:

- полноты дегазации внутренних полостей боеприпасов, всех видов устройств, ём-

костей с проверкой содержания ОВ в промывных водах не выше предельно допустимого уровня (Технический регламент объекта по хранению и уничтожению ХО);

- полноты термообработки корпусов боеприпасов, путём определения содержания остаточного количества ОВ на их поверхности;

- остаточного содержания ОВ на поверхности и внутренней полости каждого из корпусов боеприпасов, всех видов устройств и ёмкостей после проведения их газоплазменной резки и деформации – 1 проба на партию.

Результаты лабораторного контроля должны отражаться в протоколе количественного химического анализа, который является гарантом безопасности корпусов боеприпасов, всех видов устройств, ёмкостей и металлоконструкций, прошедших этап термической обработки, и завершающим этапом первичного контроля. В случае обнаружения превышений допустимых норм загрязнения должен оформляться акт с указанием причин возникновения и мероприятий по их устранению, а вся партия подвергаться повторной термической обработке и химическому контролю.

Дальнейший цикл производственно-технологического процесса – механическая деформация (разрезание и разделение на компоненты, раскрой, сверление, прессование и т. д.), а также извлечение медных поясков автоматически переводит все виды корпусов химических боеприпасов и устройств, металлоконструкций в новую категорию – металлоотходы как вторичное сырьё для металлоперерабатывающих предприятий.

По акту данные металлоотходы передаются на временное хранение ответственному лицу, назначенному приказом начальника объекта по уничтожению ХО, на площадку временного складирования, где они размещаются по индексам и номенклатурам ранее существовавших химических боеприпасов всех видов с учётом порядка технологического процесса уничтожения ОВ. После окончания всех видов работ данная площадка должна быть закрыта, опечатана и сдана под охрану.

Технологический процесс подготовки, складирования, временного хранения, безопасной передачи и последующего вывоза металлоотходов должен исключать попадание на площадку временного складирования взрывоопасных изделий, элементов, химических веществ и посторонних предметов, а также корпусов химических боеприпасов и

устройств, не прошедших все стадии контроля. При их обнаружении составляется акт, проводится административное расследование, принимаются меры по исключению нарушений режима хранения, а данная партия при необходимости направляется на повторное термообезвреживание и контроль заражённости.

Как было указано выше, передавать металлоотходы для дальнейшего использования следует партиями и только предприятиям, имеющим лицензию на осуществление деятельности по переработке данных видов металлоотходов и техническое оборудование, позволяющее создавать температуры плавления более 1500 °С.

Под партией металлоотхода как вторичного сырья понимается количество определённого (однородного) вида металлоотхода, выпущенного из соответствующей марки стали (чугуна, цветного металла), имеющего единый типоразмер, полученного по одной и той же технологии, одновременно предъявляемого на испытания и (или) приёмку, при оценке качества которого принимается одно общее решение [6].

Вторичный контроль проводится непосредственно перед передачей металлоотходов металлоперерабатывающим предприятиям с обязательным присутствием представителей данных предприятий. При этом все металлоотходы должны подвергаться поштучному визуальному контролю на отсутствие в них боевых элементов, остатков взрывчатых, химических и других веществ, порохов, посторонних предметов.

Химическая безопасность и соответствие требованиям санитарно-эпидемиологических и гигиенических норм металлоотхода выборочно должны быть проверены специалистами ФМБА, имеющими свидетельство (сертификат) установленного образца на право проведения работ с металлоотходами, ранее контактировавшими с ОВ. По договорённости с предприятием-приёмщиком объём выборки должен составлять не менее 5% представляемой партии. По положительным результатам химического контроля составляется протокол, подтверждающий безопасность передачи и дальнейшей переработки металлоотходов с объектов по хранению и уничтожению ХО.

Обращение с металлоотходами, не прошедшими испытания на соответствие их качества по уровню загрязнения, осуществляется в соответствии с технологической доку-

ментацией, действующей на объектах. Засорённость безвредными примесями, габариты и масса металлоотходов должны контролироваться по ГОСТ 2787-75.

Объём представляемой партии определяется грузоподъёмностью транспортных средств, используемых предприятием-приёмщиком для перевозки металлоотходов.

При положительных результатах всех испытаний на каждую партию металлоотхода на объектах по уничтожению ХО оформляется паспорт, удостоверяющий соответствие качества металлоотхода требованиям ТУ.

Паспорт должен содержать:

- информацию о предприятии-поставщике;
- наименование металлоотхода;
- обозначение технических условий (ТУ) на данный вид металлоотхода;
- номер партии;
- общую массу нетто;
- дату приёмки;
- информацию о соответствии качества металлоотхода требованиям ТУ.

При обнаружении во время погрузки металлоотходов на транспорт каких-либо взрывоопасных предметов (нерасснаряженных боеприпасов, элементов пиротехнических зарядов и др.) работы по погрузке прекращаются. О прекращении работ проводится немедленный доклад начальнику объекта, который принимает все меры по удалению, обезвреживанию или уничтожению обнаруженных предметов.

В соответствии с «Правилами обращения с ломом и отходами чёрных и цветных металлов и их отчуждения», приём металлоотходов осуществляется с обязательным составлением на каждую партию металлоотходов приёмосдаточного акта по установленной форме. Отбор (извлечение) лома и отходов цветных металлов при переработке металлоотходов с объектов по уничтожению ХО производится предприятием, осуществляющим его переработку. При этом составляется акт по установленной форме [7, 8].

Каждая партия металлоотходов, транспортируемая с объектов по уничтожению ХО на металлоперерабатывающие предприятия, должна обеспечиваться следующим комплектом документов:

- паспорт на данный вид металлоотходов;
- удостоверение о взрывобезопасности;
- протокол химического контроля;
- приёмосдаточный акт;
- транспортная накладная.

Перевозка металлоотходов железнодорожным транспортом осуществляется навалом в открытых или закрытых защитной крышкой цельнометаллических полувагонах по ГОСТ 22235-76.

Транспортирование металлоотходов автомобильным транспортом осуществляется в соответствии с «Правилами перевозок грузов автомобильным транспортом», утвержденными Министерством транспорта Российской Федерации. При этом оформляется товарно-транспортная накладная формы № 1-Т, утвержденная постановлением Госкомстата Российской Федерации от 28.11.97 № 78 «Об утверждении унифицированных форм первичной учётной документации по учёту работ строительных машин и механизмов, работ в автомобильном транспорте».

По договорённости (согласованию) с командованием объекта металлоперерабатывающие предприятия могут принимать партии металлоотходов и не более шести месяцев бесплатно хранить на отдельной площадке накопления металлоотходов. Данная площадка должна быть огорожена, иметь запирающиеся на замок ворота и располагаться на территории объекта по уничтожению ХО. Ответственность за приём, состояние и сохранность металлоотходов несёт представитель металлообрабатывающего предприятия, за охрану площадки накопления металлоотходов и порядок вывоза в целом – начальник объекта.

На данной площадке принятые металлоотходы могут подвергаться плазменной резке, пакетированию и брикетированию с последующим вывозом силами и средствами металлообрабатывающего предприятия. После переработки на металлоперерабатывающем предприятии металлоотходы в полной мере могут быть использованы в интересах экономики страны.

Оплата стоимости металлоотходов, переданных с объектов по уничтожению ХО в качестве сырья для получения новой продукции, осуществляется в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Принципиальная схема безопасных условий передачи металлоотходов с объектов по хранению и уничтожению ХО на металлоперера-

батывающие предприятия представлена на рисунке (см. цветную вкладку).

Таким образом, металлоотходы, как вторичное сырьё, образующееся в ходе выполнения федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» на объектах по уничтожению ХО, исходя из государственных принципов ресурсосбережения, должно быть активно вовлечено в хозяйственный оборот страны. Строгое и неукоснительное выполнение всех стадий производственно-технологического процесса, соответствующих видов контроля позволяют в современных условиях создавать безопасные условия подготовки, передачи, переработки и получения продукции, предназначенной для дальнейшего широкого их использования в народном хозяйстве.

Литература

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 21.03.96. № 305 (ред. от 09.12.10) Об утверждении федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации».
2. Гришаев С.И., Петров И.М. Соотношение вторичного и рудного сырья в производстве черных и цветных металлов в России // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2008. № 5.
3. Стратегия развития металлургической промышленности Российской Федерации до 2020 года. М.: Министерство промышленности и торговли Российской Федерации. 2008.
4. Государственный стандарт Союза ССР 2787-75. Металлы чёрные вторичные.
5. Отчёт «Разработка технических решений по разделке корпусов авиационных химических боеприпасов и их разбраковка для сдачи в металлолом». М.: ФГУП «ЦНИИчермет им. И. П. Бардина, 2008.
6. ГОСТ 15.309-98. Межгосударственный стандарт. Система разработки и постановки продукции на производство.
7. Постановление Правительства Российской Федерации от 11.05.01 № 369 «Правила обращения с ломом и отходами чёрных металлов и их отчуждения»
8. Постановление Правительства Российской Федерации от 11.05.01 № 370 «Правила обращения с ломом и отходами цветных металлов и их отчуждения».

Гигиенические аспекты рекультивации промплощадки бывшего объекта по производству иприта, люизита и ипритно-люизитных смесей

© 2012. Б. Н. Филатов¹, д.м.н., директор, Н. Г. Британов¹, к.м.н., зав. лабораторией,
В. В. Клаучек¹, д.м.н., зам. директора, С. П. Лось², зам. начальника управления,

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

²Федеральное управление по безопасному хранению и уничтожению химического оружия,
e-mail: filatov@rihtop.ru; britanov@rihtop.ru; klauchek@rihtop.ru; svetlos5@mail.ru

На бывшем объекте по производству отравляющих веществ кожно-нарывного действия ОАО «Капролактам» (г. Дзержинск Нижегородской области) выполнена гигиеническая оценка загрязнения почвы вокруг основных производственных корпусов. Рассчитан риск для здоровья персонала и населения от загрязнённости грунта. По результатам оценки разработаны мероприятия по безопасному проведению работ при обращении с потенциально опасным грунтом.

The hygienic assessment of soil contamination was made around main production buildings at the former blister agents producing plant production JSC «Caprolactam» (Dzerzhinsk, Nizhny Novgorod region). Personnel and population health risk related to soil contamination was assessed. On the basis of that assessment safety measures for dealing with potentially hazardous soil have been worked out.

Ключевые слова: рекультивация почвы, люизит, мышьяк, загрязнение грунта,
гигиеническая оценка, риск для здоровья

Keywords: soil remediation, lewisite, arsenic,
soil contamination, hygienic assessment, health risk

Конверсия бывших объектов по производству химического оружия является частью химического разоружения. Она позволила накопить определённый опыт по медико-гигиеническому сопровождению процессов ликвидации и перепрофилирования подобных производств [1 – 3].

В процессе уничтожения или конверсии бывших объектов по производству и хранению химического оружия приоритетными являются вопросы обеспечения безопасности работ для персонала, населения и окружающей природной среды [4].

При ликвидации бывших объектов по производству химического оружия образуется большое количество отходов с возможным содержанием высокотоксичных веществ, образовавшихся в технологическом цикле производства при функционировании в штатном режиме и при нештатных ситуациях. Это прежде всего материалы разрушенных строительных конструкций (кирпич, бетон, штукатурка, футеровочная плитка, дерево, шифер, металл, рубероид, утеплитель, полимеры, ре-

зна, стекло и т. п.), различные ёмкости, коммуникации и оборудование, выполненные из металлов, грунт прилегающей территории и другие материалы. Дальнейшая переработка, складирование, утилизация и уничтожение указанных отходов зависит от уровня их потенциальной опасности для человека и окружающей среды. При проведении работ по ликвидации производственных мощностей подобных производств необходимо обеспечивать санитарную, экологическую и гигиеническую безопасность этих процессов [5].

На территории бывшего объекта по производству отравляющих веществ кожно-нарывного действия ОАО «Капролактам» (г. Дзержинск Нижегородской области) производили до 1946 года люизит и до 1957 года иприт. Корпус № 317 использовался для производства люизита из трёххлористого мышьяка и ацетилену, корпус № 316 – для производства трёххлористого мышьяка, корпус № 315 – для хранения люизита, корпус № 305 – для приготовления и хранения смеси иприта и люизита, корпус № 310 – для подготовки смеси

иприта с люизитом и снаряжения ею боеприпасов, корпус № 251 – для сборки и проверки боеприпасов, корпус № 252 – для завершающей обработки боеприпасов и их покраски.

В настоящее время корпуса по производству люизита и его смесей с ипритом разрушены, материалы строительных конструкций и грунт на прилегающей территории подлежат обезвреживанию.

Вышеизложенное обуславливало актуальность разработки мероприятий по обеспечению безопасности персонала, населения и окружающей среды при проведении рекультивации грунта промплощадки бывшего объекта по производству отравляющих веществ кожно-нарывного действия.

Целью данного исследования являлась гигиеническая оценка опасности работ по рекультивации грунта промплощадки бывшего объекта по производству иприта, люизита и ипритно-люизитных смесей для разработки оздоровительных мероприятий.

Методика

На территории бывшего объекта по производству отравляющих веществ кожно-нарывного действия ОАО «Капролактамы» (г. Дзержинск Нижегородской области) пробы почвы отбирали вблизи корпусов и на расстоянии 2, 3 и 5 м от стен. Отбор проб почвы осуществляли методом «конверта» на глубине 0–0,25, 0,5 и 1,0 м в каждой точке отбора в соответствии с существующими требованиями [6]. В качестве контрольных были взяты точки пробоотбора за пределами санитарно-защитной зоны предприятия. Всего отобрано 180 проб почвы. Отобранные пробы были проанализированы в отделе химии ФГУП «НИИ ГТП» ФМБА России на содержание люизита, иприта и мышьяка методами газовой хроматографии и инверсионной вольтамперометрии [7 – 9].

Максимальные уровни загрязнённости грунта люизитом, ипритом и мышьяком оценивались на основании сравнения с предельно допустимыми концентрациями этих веществ в почве промплощадок объектов по уничтожению отравляющих веществ кожно-нарывного действия [10].

Результаты исследований

В ходе исследования было установлено, что иприт в пробах грунта на территории ОАО «Капролактамы» не обнаруживался, люизит содержался в 55,1 % проб, максимальная его

концентрация превышала допустимую величину в 25,6 раза. Мышьяк содержался практически во всех изученных пробах, максимальное содержание его превышало предельно допустимую концентрацию в 2246,5 раза.

Наибольшая загрязнённость мышьяком грунта регистрировалась вокруг корпусов № 317, 316 и 315 бывшего объекта по производству химического оружия на ОАО «Капролактамы». Вокруг корпуса № 317, где располагалось производство люизита, загрязнённость поверхностного слоя грунта мышьяком на удалении 5 м от корпуса составила более 1000 ПДК для почвы. Вокруг корпуса № 316 (производство трёххлористого мышьяка) максимальное загрязнение мышьяком грунта, составившее более 1000 ПДК, отмечалось на удалении 3 м от корпуса (на глубине 25–50 см) и 5 м (поверхностный слой). Вокруг корпуса № 315 загрязнённость мышьяком была несколько меньшей. Однако на удалении 5 м от корпуса (на глубине 25–50 см) максимальное загрязнение грунта было более 1000 ПДК. Максимальная загрязнённость грунта мышьяком вокруг корпусов № 305, № 310, № 252 и № 251 не превышала 10 ПДК.

Существенное загрязнение грунта люизитом (до 30 ПДК) наблюдалось вокруг корпусов № 317, № 315, № 305 и № 310 бывшего объекта по производству химического оружия на ОАО «Капролактамы». Максимальное загрязнение грунта люизитом вокруг корпуса № 317 зарегистрировано в поверхностном слое и на глубине 150 см при расстоянии 2 м от корпуса. Вокруг корпуса № 315 наибольшее загрязнение грунта люизитом наблюдалось на глубине 150 см при расстоянии 2 м от корпуса и в поверхностном слое на расстоянии 5 м от этого корпуса. Около корпуса № 305 максимальное загрязнение люизитом грунта было на глубине 150 см при расстоянии 5 м от корпуса, у корпуса № 310 максимальное загрязнение отмечено в поверхностном слое грунта и на глубине 25–50 см на расстоянии 2 м от корпуса. Меньшее загрязнение грунта люизитом (максимально до 6 ПДК) отмечено на территории предприятия вокруг корпусов № 316, № 252 и № 251 практически на всех изученных расстояниях и уровнях по глубине.

Расчётным методом установлено, что грунты вокруг корпусов бывшего объекта по производству химического оружия на ОАО «Капролактамы», являющиеся потенциальными отходами и имеющими наибольшее загрязнение мышьяком и люизитом, относятся ко второму классу опасности (территория вокруг

корпусов № 317, № 316 и № 315), менее загрязнённые – четвёртому классу опасности (территория вокруг корпусов № 305, № 310, № 251, № 252).

Рассчитан риск для здоровья персонала и населения от загрязнённости грунта на территории, прилегающей к основным корпусам бывшего объекта по производству химического оружия ОАО «Капролактан», при ингаляционном, пероральном и перкутанном поступлении.

В целом, комплексный анализ всех типов рассмотренных рисков свидетельствует, что значение риска по люизиту находится на приемлемом уровне, значение риска по мышьяку возле корпусов № 315, 316 и 317 – высокое, а в пробах грунта в южном направлении возле корпусов № 315 и 317 и в восточном направлении корпуса № 316 – риск чрезвычайно высокий.

По результатам оценки разработаны мероприятия по безопасному проведению работ при обращении с потенциально опасным грунтом.

Для обеспечения безопасности работ рекомендовано разработать технические мероприятия по обезвреживанию (реабилитации или удалению) почвы и грунта вокруг корпусов бывшего объекта по производству химического оружия ОАО «Капролактан» в зависимости от степени загрязнённости территории, включающие использование эффективных средств пылеподавления и герметичных транспортных средств для исключения попадания загрязнённой почвы и грунта на прилегающие территории, наличие средств очистки и обезвреживания задействованного транспорта.

Предусматривалось исключить воздействие осадков и грунтовых вод на удалённый сильно загрязнённый грунт. Захоронение грунта на полигоне должно осуществляться в соответствии с гигиеническими требованиями к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления (СанПиН 2.1.7.1322-03).

Предложено организовать мониторинг загрязнения мышьяком грунтовых вод на территории предприятия и полигона. Рекомендовано предусмотреть мероприятия по обеспечению безопасности при обращении с грунтом как с отходами второго класса опасности.

Для окончательного решения вопроса определения степени токсичности грунта, содержащего отравляющее вещество кожно-нарывного действия (люизит) и продукт его деструкции (мышьяк), для предотвращения вредного воздействия на здоровье человека и

среду обитания обоснована целесообразность экспериментального определения класса опасности грунта, подлежащего реабилитации или удалению, в соответствии с санитарными правилами по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления (СП 2.1.7.1386-03).

При обращении с загрязнённым грунтом рекомендовано использовать средства индивидуальной защиты кожи и органов дыхания в зависимости от величины загрязнения почв, подвергающихся реабилитации (для защиты кожных покровов предложено использовать пылезащитные костюмы, органов дыхания – фильтрующие пылезащитные респираторы). В комплект пылезащитных средств индивидуальной защиты должны входить белье нательное, хлопчатобумажные костюмы, носки и головной убор, перчатки защитные в комплекте с нитяными, рукавицы брезентовые. Кроме того, персонал должен быть обеспечен защитными касками, надеваемыми поверх капюшона пылезащитного костюма, и ботинками кожаными с усиленной подошвой и носком.

В санитарно-бытовых помещениях необходимо предусмотреть помещения по обеспыливанию и дегазации средств индивидуальной защиты и гигиенической обработке персонала.

Работающие должны проходить предварительные и периодические медосмотры в соответствии с Приказом Министерства здравоохранения РФ № 101 от 21.03.2000 г. и Приказом Минздравсоцразвития России № 302н от 12.04.2011 г.

Заключение

Результаты проведённых исследований по оценке загрязнённости грунта вокруг основных корпусов бывшего объекта по производству химического оружия на ОАО «Капролактан» свидетельствуют о выраженной неравномерности (от единиц до тысяч ПДК) и высокой степени содержания мышьяка (более 1000 ПДК) и в меньшей степени люизита (до 100 ПДК).

По результатам оценки разработаны мероприятия по безопасному проведению работ при обращении с потенциально опасным грунтом.

Обоснована необходимость разработки технических мероприятий по обезвреживанию (реабилитации или удалению) почвы и грунта вокруг корпусов бывшего объекта по производству химического оружия ОАО «Капролактан», целесообразность экспериментально-

го определения класса опасности грунта, подлежащего реабилитации или удалению, и обеспечения безопасности при обращении с грунтом как с отходами второго класса опасности, а также организации мониторинга загрязнения мышьяком грунтовых вод на территории предприятия и полигона.

При обращении с загрязнённым грунтом рекомендовано использовать персоналом средства индивидуальной защиты кожи и органов дыхания. Обоснована необходимость наличия санитарно-бытовых помещений по обеспыливанию и дегазации средств индивидуальной защиты и гигиенической обработке работников, а также прохождения персоналом предварительных и периодических медосмотров.

Литература

1. Нагорный С. В., Мирошникова О. И., Цибульская Е. А., Силантьев В. Ф., Тидген В. П. Комплексная гигиеническая оценка «бывших» производств отравляющих веществ при разработке и реализации научных медицинских программ на объектах хранения и уничтожения химического оружия // Медико-гигиенические аспекты обеспечения работ с особо опасными химическими веществами: Тр. научно-практич. конф., посвященной 40-летию НИИГПЭЧ. Санкт-Петербург, 2002. С. 303–309.
2. Грачев В. Ф., Сагдаков В. Г. Опыт работы территориального отдела межрегионального управления № 5 и ЦГиЭ № 40 Федерального медико-биологического агентства России по медико-санитарному сопровождению конверсии бывших производств химического оружия на Волгоградском ОАО «Химпром» // Медицина экстремальных ситуаций. 2009. № 4. С. 55–61.
3. 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.
4. Филатов Б. Н., Британов Н. Г., Клаучек В. В., Першин С. Е., Васильков А. В., Цариковский И. В. Гигиенические аспекты ликвидации и конверсии бывших объектов по производству и хранению химического оружия // Вестник Российской военно-медицинской академии. Приложение. 2006. № 1 (15). С. 400–401.
5. Филатов Б. Н., Британов Н. Г., Клаучек В. В., Масленников А. А. Гигиенические вопросы обращения с отходами, образующимися при ликвидации бывших производств химического оружия // Современные проблемы утилизации отходов: Матер. межрегион. науч.-практ. конф. Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2008. С. 14–21.
6. МУ 2.1.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест: утв. Гл. гос. сан. врачом РФ 07 февраля 1999 г. Введ. в действие 05 апреля 1999. М.: Минздрав РФ, 1999. – 38 с.
7. ПНД Ф 16.1:2:2:2:3.48-06. Количественный химический анализ проб почв, тепличных грунтов, илов, донных отложений, сапропелей, твёрдых отходов. Методика выполнения измерений массовых концентраций цинка, кадмия, свинца, меди, марганца, мышьяка, ртути методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторах типа ТА. МУ 31-11/05.
8. ФР.1.31.2011.09227. Методические указания по методам контроля. Методика выполнения измерений массовой доли люизита в пробах почв методом газовой хроматографии. МУК 4.1.007-2009.
9. ФР.1.31.2011.09228. Методические указания по методам контроля. Методика выполнения измерений массовой доли иприта в пробах почв методом газовой хроматографии. МУК 4.1.008-2009.
10. Гигиенические нормативы. ГН 2.1.7.2559-09. Предельно допустимые концентрации (ПДК) 2,2'-дихлордиэтилсульфида (иприта) и 2-хлорвинилдихлорарсина (люизита) в почве территорий промплощадок объектов по уничтожению отравляющих веществ кожно-нарывного действия.

Информационная поддержка процесса перепрофилирования объектов по хранению и уничтожению химического оружия

© 2012. Ю. С. Богоявленская¹, к.х.н., н.с., П. В. Казаков¹, д.х.н., нач. отделения,
В. В. Афанасьев¹, к.х.н., нач. отдела, В. Ф. Головков¹, д.х.н., г.н.с.,

Е. Н. Глухан¹, д.х.н., нач. лаборатории, Р. В. Хохлов², к.х.н., зам. главного инженера,

¹Государственный научно-исследовательский институт органической химии и технологии,

²Федеральное управление по безопасному хранению и уничтожению химического оружия,

e-mail: dir@gosniokht.ru

Рассмотрена возможность информационной поддержки процесса перепрофилирования объекта по уничтожению химического оружия с использованием принципов перспективной CALS-технологии.

Possibility of information support of process of a reshaping of chemical weapon destruction plant with using of principles CALS-technology is considered.

Ключевые слова: объект по уничтожению химического оружия,
CALS-технология, перепрофилирование, информационная поддержка

Keywords: chemical weapon destruction plant, CALS-technology,
reshaping, information support

К основным проблемам, которые должны быть решены в рамках федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации», относится обеспечение поэтапного вывода объектов по уничтожению химического оружия (ХО) из эксплуатации. Поэтому в настоящее время проводится комплекс исследований по изысканию научно-технических путей их перепрофилирования на выпуск продукции широкого потребления.

По опыту подобных работ (конверсии объектов военно-промышленного комплекса России и ряда западных стран) можно сделать вывод о недостаточно высоком уровне проектного мышления при решении таких проблем в нашей стране, что выражается в разорванности управления жизненным циклом производства [1]. Анализ литературных источников показал [2], что для наиболее эффективного и успешного процесса перепрофилирования объектов по уничтожению ХО необходима единая научно разработанная концепция. В её основе лежит сочетание различных подходов: системного, научно-практического, социально-экономического и др. Для решения подобных проблем используются новые, эффективные информационные технологии.

В качестве современной информационной технологии сегодня широко используются так называемые CALS-технологии («Continuous Acquisition and Life-cycle Support» – непрерывная информационная поддержка жизненного цикла изделия). Суть данной технологии состоит в применении принципов и технологий информационной поддержки на всех стадиях жизненного цикла продукции (объекта) [3]. Жизненный цикл изделия (ЖЦИ) – это перечень этапов, через которые проходит изделие (объект) за весь период своего существования от момента замысла создания до утилизации изделия (объекта). Основой, ядром CALS-технологий и создаваемых на этой основе автоматизированных систем является интегрированная информационная среда (ИИС).

Ключевым принципом CALS-технологий является отображение реальных процессов, характеризующих стадии ЖЦИ (маркетинг, проектирование, производство и т. д.), на виртуальную информационную среду, где эти процессы реализуются в виде компьютерных систем, а информация существует только в электронном виде. Компьютерное представление и обмен данными об изделии (объекте) в виртуальном пространстве возможны благодаря стандартам, которые определяют единые требования к представлению, обмену и хране-

нию информации. Благодаря стандартизации осуществляются совместимость программно-технических средств и параллельная работа всех участников ЖЦИ.

По данным различных зарубежных источников, основным результатом от внедрения CALS должно стать повышение эффективности процессов на всех стадиях жизненного цикла изделия.

Впервые работы по созданию интегрированных систем, поддерживающих жизненный цикл продукции, были начаты в 1980-х годах в оборонном комплексе США [4]. В настоящее время в развитых странах CALS рассматривается как комплексная системная стратегия, непосредственно влияющая на конкурентоспособность предприятия [5].

В России CALS-технологии только начинают развиваться. Русскоязычное наименование этой концепции и стратегии – ИПИ (Информационная Поддержка жизненного цикла Изделий). Государство поддерживает внедрение ИПИ-технологий в России. Об этом свидетельствует организованный Минэкономки России комплекс НИОКР по разработке и апробации этих технологий в различных отраслях промышленности [6]. Созданы начальные элементы инфраструктуры, необходимой для разработки и внедрения CALS-технологий: Государственный научно-образовательный центр CALS-технологий, научно-исследовательский центр (НИЦ) CALS-технологий «Прикладная логистика» и технический комитет ТК 431 Госстандарта России, координирующий разработку отечественной нормативной базы [7].

Отечественный опыт внедрения данной технологии [8], заключающийся в проведении системного анализа способов утилизации отходов фосфорной промышленности и в разработке методических подходов к комплексному анализу инновационных ресурсов отраслевых научно-промышленных комплексов, доказывает необходимость применения CALS-технологий в химической промышленности России, особенно при производстве наукоемкой, конкурентоспособной, в том числе на внешнем рынке, продукции.

Однако внедрение и использование данной технологии в полном объеме в российских отраслях промышленности сопряжено со многими трудностями. Одна из проблем – это высокая стоимость современных систем проектирования и подготовки производства, а также новых информационных технологий для подавляющего большинства наших предприя-

тий из-за того, что в CALS-технологии широко используются зарубежные разработки. В настоящее время существуют отечественные информационные системы, успешно функционирующие на производстве, но для их дальнейшего развития необходима государственная поддержка [4].

Немаловажной проблемой является отсутствие или нехватка кадров. Известно, что сферу CALS-технологий характеризует практически полный кадровый вакуум [9]. Удержание существующих кадров на отечественном производстве проблематично (нет соответствующей оплаты и условий труда). В связи с этим в ряде вузов проводится целевая подготовка специалистов по CALS из числа студентов, на предприятиях ведутся мероприятия по переподготовке кадров.

Одна из главных проблем внедрения CALS-технологии в отечественной промышленности – существенные отличия общероссийских и отраслевых стандартов от мировых, в особенности в части документирования (требования Регистров, ЕСКД, ЕСТД и т. д.).

Существуют сложности, связанные с составлением единого словаря терминов и получением доступа к международным CALS-стандартам и STEP-протоколам. Стандарт ISO 10303 (STEP) включает в себя как инструменты описания предметных областей, так и собственно набор описаний. Описание конкретной предметной области называется «Прикладной Протокол». По мнению специалистов, нет смысла развивать свою, только российскую CALS-технологию, но при этом нельзя забывать, что CALS-технологии не ограничиваются одним стандартом ISO 10303 (STEP).

Применительно к объектам по уничтожению ХО рассматриваемая концепция никогда не использовалась.

Целью внедрения CALS-технологий как инструмента организации и информационной поддержки на всех этапах перепрофилирования объектов по уничтожению ХО является решение наиболее сложных и трудоемких задач. Среди этих задач можно выделить следующие:

- разработка на основе комплексного системного анализа объекта по уничтожению ХО методики определения и оценки основных характеристик, влияющих на его перепрофилирование;
- разработка методологии и структуры маркетинговых исследований возможных инновационных технологических направлений конверсии;

- разработка информационной системы поддержки принятия решений по наиболее эффективному перепрофилированию объекта;

- повышение эффективности деятельности участников конверсии за счёт ускорения процессов исследования и перепрофилирования.

На сегодня среди объектов по уничтожению ХО в высшей степени актуальны вопросы перепрофилирования для объекта в г. Камбарке. Работы по уничтожению ХО на данном объекте были завершены в марте 2009 года. В настоящее время осуществляется ликвидация последствий его эксплуатации.

В 2009–2010 годах ФГУП «ГосНИИОХТ» провёл работы по выявлению возможных путей перепрофилирования рассматриваемого объекта. Анализ собранной информации показал, что использование CALS-технологий позволит обеспечить выбор наиболее экономически эффективного подхода к конверсии объекта.

В соответствии с концепцией CALS в процессе внедрения данной технологии применительно к объекту в г. Камбарке нужно выполнить ряд основных требований.

Во-первых, необходимо построение функциональной модели процесса перепрофилирования объекта по уничтожению люизита в г. Камбарке на основании методологии IDEF/0 (стандарта построения функциональной модели), официально принятой в России [10]. Функциональная модель необходима для оптимизации процессов с целью построения модели, описывающей более совершенную технологию выполнения процессов. Разработанное формализованное описание процесса конверсии объекта по уничтожению люизита в г. Камбарке позволит определить план действий, необходимых для реализации наиболее эффективного пути перепрофилирования, составить перечень необходимых программных средств и информационных технологий, оценить величину и распределение затрат, обосновать возможность и необходимость создания новых производств. Этот этап принято называть реинжинирингом, который определяется как изменение структуры бизнес-процессов ЖЦИ.

Второй этап – представление данных в электронном виде. В качестве данных мы рассматриваем информационные объекты (ИО), которые создаются на всех этапах ЖЦИ. Данный этап является первым шагом на пути к созданию единого информационного пространства

(ЕИП) для предприятий-участников жизненного цикла процесса перепрофилирования.

Наиболее сложной и определяющей функцией в процессе внедрения CALS-технологии является интеграция данных в рамках ЕИП. Основным содержанием этой работы является выбор и согласование протоколов связи между предприятиями-участниками жизненного цикла объекта, выбор и согласование единой технологии взаимодействия прикладных компонентов, создание единой модели данных и создание в этих условиях виртуального предприятия. Необходима разработка интегрированного электронного описания объекта, т. е., набора данных различного типа, полученных в ходе проектирования различными способами, а затем преобразованных в стандартизованный вид и достаточных для решения задач последующих этапов. Единое представление и расположение данных позволит обеспечить полноту и целостность информации, а также избавит от возможного искажения информации. Данные в формате STEP могут быть использованы на всех этапах жизненного цикла объекта, для решения задач по перепрофилированию, для технической подготовки производства, планирования потребностей, управления производством и т. д.

Создание системы информационной поддержки конверсии применительно к объекту в г. Камбарке на основе концепции CALS позволит обеспечить наиболее эффективное перепрофилирование рассматриваемого объекта, сократить время разработки, проектирования, внедрения и освоения нового наукоемкого производства и использовать накопленные данные и опыт на последующих этапах жизненного цикла данного объекта и при перепрофилировании других объектов по уничтожению химического оружия.

Литература

1. Пустякова Н.Г. Реструктуризация и конверсия оборонной промышленности. Проблемы и перспективы // Экономический журнал ВШЭ. 1999. № 4. С. 569–580.
2. Лесных В., Попов Е. Коэволюционная стратегия интеграции ОПК в народное хозяйство // Экономические стратегии. 2006. № 4. С. 44–51.
3. ГОСТ Р ИСО 9004-2000. Система менеджмента качества. Рекомендации по улучшению деятельности.
4. Кривошеев И.А., Яруллин Т.Р., Сапожников А.В. и др. Методы и средства для внедрения компонентов CALS-технологии в авиадвигателе-

строении // Приложение к журналу «Информационные технологии» №3/2004. Новые технологии, информационные технологии. 2004. С. 32.

5. Барабанов В.В., Ковалева Е.Н., Свирин В.И., Судов Е.В. Применение CALS-технологий для создания средств информационной поддержки процессов обеспечения качества продукции // Проблемы продвижения продукции и технологий на внешний рынок, специальный выпуск. 1997. С. 38–40.

6. Судов Е. В., Левин А. И., Давыдов А. Н., Барабанов В. В. Концепция развития CALS-технологий в промышленности России. М.: НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика», 2002. 127 с.

7. Барабанов В., Херсонский Н., Карасев С., Пономаренко В., Рожков В. Применение CALS-

технологий для электронного описания систем качества предприятий с учётом реализации принципов TQM. По материалам сайта <http://www.souzsert.ru>

8. Заколотина Т.В. Системный анализ утилизации отходов фосфорной промышленности на основе концепции CALS. Диссертация к.т.н. 05.13.01. Москва: ФГУП «ИРЕА». 2008. 172 с.

9. Головкин М. Нужен ли отечественному машиностроению российский ИТ-бизнес? По материалам сайта <http://www.osp.ru/cw/2002/24/53646>.

10. Овсянников М.В., Шильников П.С. Как нам реализовать ISO 10303 STEP // САПР и Графика. 1998. № 7. С. 43–49.

Способ определения зомана по продуктам его деструкции

© 2012. М. А. Гольшев¹, н.с., А. Ю. Исаева², начальник лаборатории,
А. Ю. Кармишин¹, к.т.н., зам. начальника, В. И. Хурса³, д.т.н., в.н.с.,

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

²1206 объект по хранению и уничтожению химического оружия,

³Научный центр ФГКУ «33 ЦНИИИ МО РФ»,

e-mail: pip12007@mail.ru

Рассмотрен способ определения зомана по продуктам его деструкции. Представленный метод предполагает проводить определение и подтверждение отравляющего вещества в рамках процедур Конвенции по продуктам, входящим в состав реакционной массы, после его детоксикации.

The method of finding soman judging by the products of its degradation is considered. The method presented consists in assessing and proving the amount of poisonous substances within the Convention on products contained in reaction mixture after detoxicity.

Ключевые слова: хранение и уничтожение химического оружия,
отравляющее вещество, детоксикация, анализ

Keywords: storage and destruction of chemical weapons,
chemical agent, detoxification, analysis

Обязательной процедурой международной проверки деятельности по уничтожению химического оружия (ХО) на объектах по уничтожению ХО является идентификация подлежащих уничтожению отравляющих веществ (ОВ) в рамках процедур «Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении» (далее – Конвенция). Без подтверждения инспекционной группой международной организации по запрещению химического оружия (ОЗХО) типа ОВ принципиально невозможно подтвердить факт его уничтожения. Более того, в соответствии с пунктом 12 части IV А Приложения по проверке Конвенции деятельность по уничтожению ХО без обеспечения возможности её проверки ОЗХО не допускается [1].

В настоящее время идентификация ОВ на всех российских объектах по уничтожению ХО осуществляется на основе отбора проб ОВ непосредственно из корпусов уничтожаемых боеприпасов с последующим проведением хромато-масс-спектрометрического анализа отобранной пробы и её идентификацией по существующим библиотекам масс-спектров [2].

Однако при уничтожении изделий сложной конструкции (ИСК) в снаряжении зоманом

идентификация непосредственно по исходному ОВ невозможна из-за того, что процесс уничтожения ИСК полностью автоматизирован для обеспечения максимальной безопасности и исключения возможности несанкционированного (случайного) аварийного подрыва изделий во время технологического процесса. При использовании данной технологии подтверждение типа ОВ возможно только в полученной реакционной массе (РМ) после расснаряжения боеприпаса и детоксикации ОВ [3]. Чтобы гарантированно обеспечить возможность проверки деятельности по уничтожению ИСК согласно положениям Конвенции, предложен способ идентификации зомана по продуктам его деструкции.

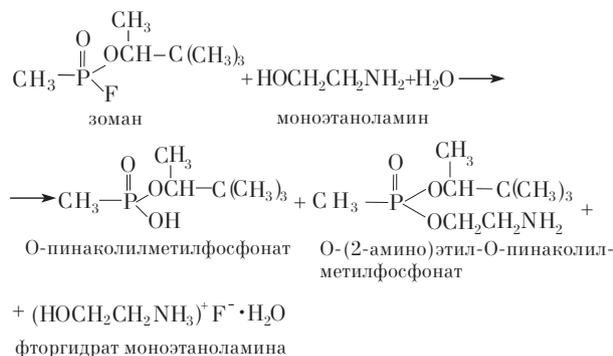
При осуществлении расснаряжения ИСК производится детоксикация ОВ с помощью реагента. В качестве реагента для детоксикации зомана используется 80-процентный водный раствор моноэтаноламина (МЭА). Основной принцип детоксикации зомана состоит в разрыве Р–F связи МЭА, сочетающем в себе свойства нуклеофила и основания (два реакционных центра реализуют внутримолекулярный катализ) и обладающем высокой растворяющей способностью органических и неорганических веществ и всевозможных комплексных и смолообразных продуктов.

Водный гидролиз зомана протекает с образованием О-пинаколилметилфосфоновой кислоты. При взаимодействии с МЭА образуется О-(2-амино)-этил-О'-пинаколилметилфосфонат, О-пинаколилметилфосфонат, фторгидрат моноэтаноламина [4, 5].

Для зомана в присутствии малых количеств воды характерен кислотный катализ, приводящий к спонтанному разложению исходных продуктов до метилфосфоновой кислоты (МФК) и кислого эфира МФК.

Из основных продуктов РМ зомана при его уничтожении МЭА только диэфиры МФК могут быть определены прямым газохроматографическим методом. В условиях разработанной технологии уничтожения зомана они могут образовываться в результате взаимодействия кислого эфира и пинаколинового спирта. Однако известно, что в присутствии воды диалкилметилфосфонаты гидролизуются с образованием моноалкилметилфосфонатов и далее превращаются в МФК. Также в соответствии со схемой реакции гидролиза одним из продуктов является фторгидрат МЭА, образующийся при разрыве связи Р–F.

Суммарная реакция детоксикации зомана 80-процентным водным раствором МЭА протекает по схеме, приведённой ниже:



Реакцию проводят при атмосферном давлении и температуре $\approx 100^\circ\text{C}$. Образующиеся фосфонаты малотоксичны, а выделяющийся фтороводород связывается МЭА.

При проведении качественного анализа технического зомана установлено, что основными компонентами являются: зоман, О-пинаколилметилфосфонат, О,О'-дипинаколилметилфосфонат, МФК. Идентификацию О-пинаколилметилфосфоната и МФК осуществляли по их силилированным производным.

Исследование состава РМ, полученной при детоксикации технического зомана 80-процентным водным раствором МЭА, показало, что её основными компонентами являются: О-пинаколилметилфосфонат, О,О'-

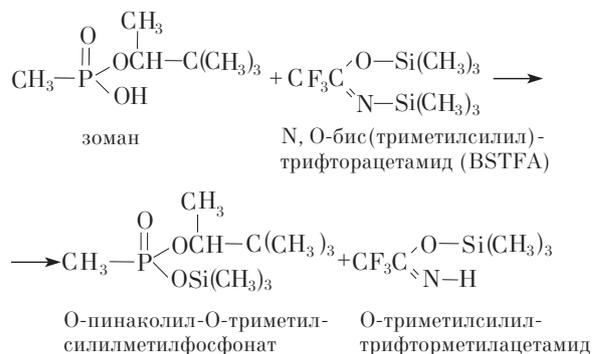
ди-пинаколилметилфосфонат, МФК и фторгидрат МЭА.

Очевидно, что для подтверждения типа уничтожаемого ОВ целесообразно использовать группу маркеров, содержащих в своём составе пинаколиловую группу, так как характер алкильного радикала в молекуле однозначно указывает на структуру исходного соединения – зомана. Такими соединениями являются О-пинаколилметилфосфонат и О,О'-дипинаколилметилфосфонат.

Одновременно с вышеуказанными соединениями для дополнительного подтверждения идентификации зомана можно использовать МФК как универсальный маркер всех фосфорорганических ОВ, а также фторгидрат МЭА, являющийся показателем того, что в РМ присутствует фтор-ион.

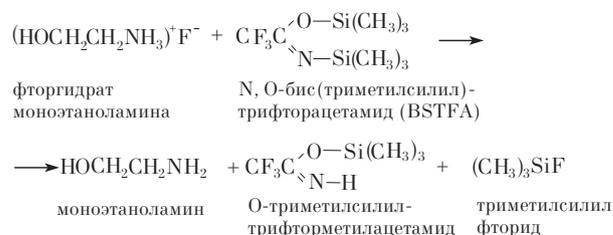
Известно, что для определения моноалкилметилфосфонатов широко применяется метод дериватизации с использованием реактива N,О-бис(триметилсилил)трифторацетамида (BSTFA), так как напрямую газохроматографически определить их невозможно.

Реакция дериватизации представлена на схеме:



Наличие в анализируемых пробах МФК и О-пинаколилметилфосфоната определялось по наличию их дериватов – бис(триметилсилилового) эфира МФК и О-пинаколил-О'-триметилсилил-метилфосфоната.

Для обнаружения фторидов газохроматографическим методом также используется реактив BSTFA, превращение HF в триметилфторсилан протекает по реакции, представленной на схеме:



Для определения точного времени удерживания О-пинаколилметилфосфоната, О,О'-дипинаколилметилфосфоната и МФК анализировали растворы, приготовленные на основе государственных стандартных образцов.

Независимо от времени выдержки РМ количество О,О' –дипинаколилметилфосфоната в пробе изменяется незначительно, что свидетельствует о том, что он является примесью зомана, а не продуктом деструкции и не может выступать в роли маркера.

МФК определяется газохроматографически нестабильно и в большинстве случаев не обнаруживается. В связи с этим нецелесообразно использовать МФК в качестве маркера зомана.

О-пинаколилметилфосфонат, независимо от времени выдержки РМ, является наиболее стабильным при газохроматографировании по сравнению с другими компонентами РМ.

Фторгидрат МЭА при данных условиях пробоподготовки и условиях хроматографирования не отделяется. Для определения данного соединения проведены дополнительные экспериментальные исследования по разделению данного соединения в пробе.

Для этого был изменён ввод образца с делением потока (split) 1:10. Учитывая тот факт, что кислые продукты гидролиза зомана с 80-процентным водным раствором МЭА останутся в водной фазе, для их экстракции был выбран наиболее подходящий растворитель – хлористый метилен. Данные условия хроматографирования оптимальны для определения в РМ как фторгидрата МЭА, так и О-пинаколилметилфосфоната [7].

Полученные экспериментальные данные позволяют сделать вывод о том, что выбранные условия пробоподготовки и условия хроматографирования для проведения качественного газохроматографического анализа РМ на

содержание О-пинаколилметилфосфоната и фторгидрата МЭА по их силилированным продуктам являются наиболее оптимальными.

Предложенный способ определения зомана по продуктам его деструкции позволяет идентифицировать и подтвердить тип уничтожаемого ОВ в рамках процедур Конвенции.

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. 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.
3. Капашин В.П., Пункевич Б.С., Элькин Г.И. Метрологическое обеспечение уничтожения химического оружия – основа безопасности химического разоружения в Российской Федерации. М.: ФУ БХУХО, 2010. 174 с.
4. Александров А.Н., Емельянов В. И. Отравляющие вещества: учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Воениздат, 1990. 271 с.
5. Франке З. Химия отравляющих веществ: учебник; в 2 т. М.: Химия, 1973. Т. 1. 440 с.
6. Стандартные операционные процедуры анализов на месте инспекционной группой. Использование оборудования и процедур ОЗХО. ОЗХО. Технический секретариат. 26 с.
7. 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.

Применение метода анализа иерархий в оценке эффективности обращения с жидкими отходами в процессе уничтожения высокотоксичных веществ

© 2012. Г. Г. Фризоргер¹, зам. директора, В. Г. Исаков², д.т.н., зав. кафедрой, А. А. Абрамова¹, зам. начальника отдела,

¹Управление охраны окружающей среды и природопользования Минприроды Удмуртской Республики,

²Ижевский государственный технический университет,
e-mail: aaa2785@mail.ru

На основе метода системного анализа – метода анализа иерархий проведена оценка факторов, оказывающих влияние на эффективность обращения с жидкими отходами при уничтожении высокотоксичных веществ.

Assessment of facts influencing efficiency of handling liquid waste during toxic substances decommission has been carried out on the basis of systematic analysis method – hierarchy analysis method.

Ключевые слова: метод анализа иерархий, жидкие отходы, уничтожение химического оружия, матрица парных сравнений

Keywords: hierarchy analysis method, liquid waste, chemical weapons decommission, the matrix of pairwise comparisons

В процессе функционирования любого промышленного предприятия неизбежно образуются сточные воды, как производственные, так и хозяйственно-бытовые и ливнёвые. Особенностью предприятий по уничтожению высокотоксичных веществ является образование сложных по составу и значительных по объёму сточных вод, реакционных масс, которые все вместе именуется жидкими отходами предприятия.

Под эффективностью обращения с жидкими отходами на предприятии понимается выполнение требований безопасности, соответствие проектного режима работы оборудования реальному и принятие дополнительных мер по повышению качества переработки сточных вод, а также оценка влияния образующихся на объекте сточных вод на окружающую среду, которые определяются многочисленными качественными показателями, начиная от состава отравляющих веществ, финансирования объекта, квалификации обслуживающего персонала и заканчивая соблюдением установленных экологических нормативов. Все эти факторы можно разбить на 4 группы (рис. 1).

Целью данной работы была количественная оценка методом системного анализа факторов, оказывающих влияние на эффектив-

ность обращения с жидкими отходами на примере трёх объектов по уничтожению химического оружия (УХО). Сравнимые попарно элементы – это возможные варианты выбора объекта УХО, который характеризуется наибольшей эффективностью обращения с жидкими отходами.

На первом этапе применения метода анализа иерархий (МАИ) к решению поставленной проблемы проводим структурирование проблемы в виде иерархии с декомпозицией проблемы на более простые составляющие (параметры, влияющие на эффективность обращения с жидкими отходами) с дальнейшей обработкой последовательности суждений лица, принимающего решение (ЛПР), по парным сравнениям каждого параметра (рис. 1).

Все суждения выражаются численно в качестве коэффициентов соотношений каждого параметра друг к другу. Для применения субъективных парных сравнений применяется шкала, представленная в таблице 1 [1 – 4].

Для выявления наиболее значимых параметров при организации системы обращения с жидкими отходами на этих объектах составляем матрицу парных сравнений (табл. 2), где оценивается важность каждого фактора (рис. 1), влияющего на обращение с жидкими отходами.

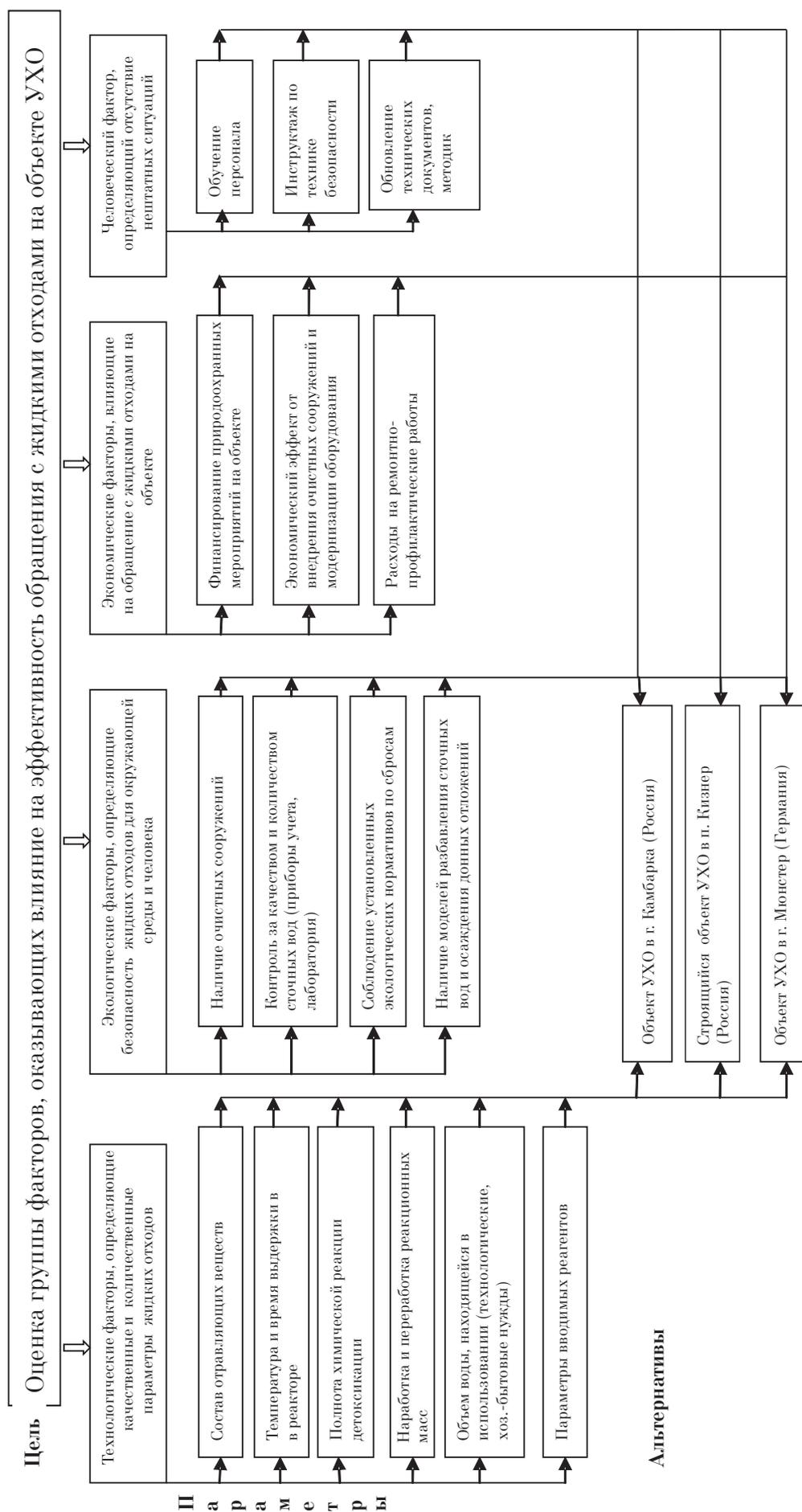


Рис. 1. Оценка факторов, оказывающих влияние на эффективность обращения с жидкими отходами на объектах УХО

Таблица 1

Шкала относительной важности

Интенсивность относительной важности	Определение
1	Сравниваемые факторы (к примеру, А и В) одинаково важны
3	А незначительно важнее, чем В
5	А значительно важнее В
7	А явно важнее В
9	А по своей значительности абсолютно превосходит В
2, 4, 6, 8	Промежуточные решения, которые используются для облегчения компромиссов между слегка отличающимися от основных чисел суждениями
Обратные величины приведенных выше чисел	Если при сравнении фактора А с фактором В получено одно из вышеуказанных чисел (например, 3), то при обратном сравнении фактора В с фактором А получим обратную величину (то есть 1/3)

Таблица 2

Матрица парных сравнений факторов

Оценка факторов	Технологические	Экологические	Экономические	Человеческие
Технологические	1	1/4	1/5	3
Экологические	4	1	1/3	2
Экономические	5	3	1	5
Человеческие	1/3	1/2	1/5	1

Теперь перейдем к парным сравнениям элементов на нижнем уровне (табл. 3). Получаем четыре матрицы суждений размерностью 3x3, поскольку имеется четыре критерия на втором уровне и три объекта, которые попарно сравниваются по каждому из критериев.

В качестве альтернатив предлагается рассмотреть 3 объекта по хранению и уничтожению химического оружия, на каждом из которых в процессе деятельности образуются жидкие отходы: А – объект по УХО в г. Камбарка Удмуртской Республики, Б – строящийся объект по УХО в п. Кизнер Удмуртской Республики, который рассматривается в данном случае с учётом технологических решений, принятых на стадии проектирования; В – объект по сжиганию высокотоксичных химических веществ в г. Мюнстер (Германия). Коэффициенты приоритетности по каждой альтернативе также определяются ЛПР, на основе следующих характеристик каждой из альтернатив:

– объект А: принятая технология уничтожения высокотоксичных веществ – нейтрализация 20% NaOH с последующим выпариванием реакционных масс; температура в реакторе – 75 °С; общее количество уничтожен-

ного ОВ – 6349 т; количество ступеней очистки сточных вод – 3; используемый окислитель H₂O₂; количество наработанных и переработанных реакционных масс – 40 тыс. т; состояние очистных сооружений – хорошее; комплектация лабораторного комплекса по анализу сточных вод – полная; расстояние до водного объекта – 3 км; нормативно-допустимый сброс сточных вод – установлен; квалификация обслуживающего персонала – высокая, численность сотрудников объекта – 900 человек [5];

– объект Б – принятая технология уничтожения высокотоксичных веществ – детоксикация моноэтаноламином (при уничтожении зарина, зомана) и рецептура РД-4М (при уничтожении V_x) с последующей битумизацией реакционных масс; общее количество подлежащего уничтожению ОВ – 5745 т; температура в реакторе – 45–70 °С; количество ступеней очистки сточных вод – 3; используемый окислитель KMnO₄; состояние очистных сооружений – неудовлетворительное (планируется полная их реконструкция); расстояние до водного объекта – 2 км; нормативно-допустимый сброс сточных вод – не установлен; ожидаемая численность сотрудников объекта – 1200 человек [6];

Таблица 3

Матрицы парных сравнений для выбранных альтернатив

Технологические факторы	А	Б	В	Экологические факторы	А	Б	В
А	1	9	5	А	1	9	1
Б	1/9	1	1/2	Б	1/9	1	1/9
В	1/5	2	1	В	1	9	1
Экономические факторы	А	Б	В	Человеческий фактор	А	Б	В
А	1	5	1/2	А	1	5	1/2
Б	1/5	1	1/7	Б	1/5	1	1/6
В	2	7	1	В	2	6	1

объект В – применяется технология сжигания высокотоксичных веществ; объём образования сточных вод значителен в силу того, что вода используется для улавливания мышьяксодержащих ЗВ в газах; количество ступеней очистки сточных вод – 2; используемый окислитель $KMnO_4$; состояние очистных сооружений – хорошее; комплектация лабораторного комплекса по анализу сточных вод – полная; расстояние до водного объекта – 1 км; экологические нормативы – менее жёсткие по сравнению с российскими; квалификация обслуживающего персонала – высокая, численность сотрудников объекта – около 30 человек [7].

Для полученных приоритетов в серии указанных параметров проводим вычисление вектора приоритетов (по первой матрице). Полученные значения оценок векторов приоритетов: для 1 ряда матрицы – 0,12; для 2 ряда ма-

трицы – 0,24; для 3 ряда матрицы – 0,56; для 4 ряда матрицы – 0,08.

Умножение вектора приоритетов на матрицу для оценки согласованности, отражающей пропорциональность предпочтений, позволило получить следующие результаты: для 1 ряда матрицы – 0,53; для 2 ряда матрицы – 1,06; для 3 ряда матрицы – 2,28; для 4 ряда матрицы – 0,35.

Максимальное собственное значение λ_{max} , используемое для оценки согласованности, равно 4,34, что говорит о согласованности результата, поскольку λ_{max} близко к $n=4$ (число параметров). Рассчитанное из соотношения индекса согласованности (ИС=0,08) (формула 1) и случайного индекса (СИ=0,9) отношение согласованности ОС (формула 2) равно 0,09 и считается приемлемым, поскольку оно меньше 0,1 (10 %).

Таблица 4

Оценка представленных альтернатив по каждому фактору

Технологические факторы	А	Б	В	Вектор приоритетов	Экологические факторы	А	Б	В	Вектор приоритетов
А	1	9	5	0,67	А	1	9	1	0,46
Б	1/9	1	1/2	0,13	Б	1/9	1	1/9	0,09
В	1/5	2	1	0,21	В	1	9	1	0,46
				ИС=0,05 ОС=0,097 $\lambda_{max}=3,17$					ИС=0,069 ОС=0,1 $\lambda_{max}=3,2$
Экономические факторы	А	Б	В	Вектор приоритетов	Человеческий фактор	А	Б	В	Вектор приоритетов
А	1	5	1/2	0,35	А	1	5	1/2	0,35
Б	1/5	1	1/7	0,11	Б	1/5	1	1/6	0,12
В	2	7	1	0,54	В	2	6	1	0,52
				ИС=0,052 ОС=0,091 $\lambda_{max}=3,16$					ИС=0,053 ОС=0,092 $\lambda_{max}=3,16$

Таблица 5

Определение глобальных приоритетов по каждой альтернативе

	Технологич. фактор (0,12)	Экологич. фактор (0,24)	Экономич. фактор (0,56)	Человеч. фактор (0,08)	Обобщённые или глобальные приоритеты
А	0,67	0,46	0,35	0,35	0,414
Б	0,13	0,09	0,11	0,12	0,108
В	0,21	0,46	0,54	0,52	0,479

$$ИС = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (1),$$

$$ОС = \frac{ИС}{СИ} \quad (2).$$

Отсюда следует, что приоритеты в матрице расставлены верно, и эти факторы будут наиболее значимыми в определении эффективности обращения с жидкими отходами.

Для выбора оптимальной альтернативы проводится попарное сравнение альтернатив по каждому из рассматриваемых факторов с определением вектора приоритетов, λ_{\max} , ИС и ОС (табл. 4).

Для выбора оптимального варианта одной из представленных альтернатив вычисляем значения глобальных приоритетов (табл. 5).

На примере работы объектов по УХО в г. Камбарка, п. Кизнер и в г. Мюнстер (Германия) применение метода анализа иерархий показало, что обращение с жидкими отходами на объектах УХО в г. Камбарка и в г. Мюнстер характеризуется одинаковой достаточно высокой эффективностью (разница в глобальных приоритетах в пределах 10% незначительна). При этом на объекте г. Камбарка это обусловлено высокой значимостью преимущественно технологического (химический способ уничтожения ОВ вместо сжигания) и экологического факторов (более жесткие требования к качеству сточных вод), на объекте УХО в г. Мюнстер – экономического (не испытывает недостатка финансирования) и человеческого факторов. Строящийся в п. Кизнере объект по УХО получит высокую оценку факторов в случае стабильного финансирования строительства, реконструкции очистных сооружений и полной реализации предусмотренных проектом мер по обращению с жидкими отходами.

Выводы

Эффективность обращения с жидкими отходами в процессе уничтожения вы-

сокотоксичных веществ (на примере уничтожения химического оружия) определяется 4 группами основных факторов, которые включают широкий перечень показателей, начиная от состава отравляющих веществ, финансирования объекта, квалификации обслуживающего персонала и заканчивая соблюдением установленных экологических нормативов.

Оценка этих факторов при обращении с жидкими отходами на объектах УХО методом анализа иерархий показала, что возможна количественная оценка этого процесса (вектор приоритетов, ИС, ОС), которая делает применение данного подхода полезным для выявления «слабых» мест в технологии и организации, что необходимо учитывать на стадии проектирования объекта.

Применение данного метода свидетельствует о том, что обращение с жидкими отходами на объектах УХО в г. Камбарка и в г. Мюнстер характеризуется одинаковой достаточно высокой эффективностью. При этом на объекте г. Камбарка это обусловлено высокой значимостью преимущественно технологического и экологического факторов, на объекте УХО в г. Мюнстер – экономического и человеческого факторов. Строящийся в п. Кизнере объект по УХО получит высокую оценку факторов в случае стабильного финансирования строительства, реконструкции очистных сооружений и полной реализации предусмотренных проектом мер по обращению с жидкими отходами.

Литература

1. Цапок М. В. Разработка и исследование методов технического мониторинга химически опасных объектов на пересечённой местности: дис... канд. техн. наук. Ижевск: ИжГТУ, 2008. 23 с.
2. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование: организация систем. М.: Радио и связь, 1991. 224 с.
3. Саати Т. Принятие решений: метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 278с.

4. Ганжа О.А. Оценка факторов, оказывающих влияние на уровень шума в зоне городских транспортных пересечений на одном уровне // Вестник ВолгГАСУ. Серия: Строительство и архитектура. 2007. № 7. С. 239–243.

5. Петрунин В.А., Баранов Ю.И., Кузнецов Б.А., Русанов В.М., Горский В.Г., Швыряев Б.В., Смирягина Т.Г., Сохадзе Л.А., Привезенцев Ю.В., Гореленко С.В. Математическое моделирование процесса щелочного гидролиза люизита // Российский химический журнал. 1995. Т. 39. № 4. С. 15–17.

6. Корректировка технико-экономического обоснования (проекта) на строительство объекта по уничтожению химического оружия на территории Кизнерского района Удмуртской Республики. Волгоград. 2006.

7. Абрамова А. А. Сравнительный анализ систем безопасности обращения со сточными водами на объектах уничтожения отравляющих веществ в России и Германии // Система управления экологической безопасностью: Труды заоч. междунар. науч.-практич. конференции. Екатеринбург. 2008. С. 19–23.

УДК 623.459.8:504.064.3

Информационное обеспечение системы производственного контроля и мониторинга на объекте «Марадыковский» Кировской области

© 2012. Ю. В. Новойдарский, начальник,
1205 объект по хранению
и уничтожению химического оружия,
e-mail: ecolab2@gmail.com

В статье описана сеть и представлена схема автоматизированной системы сбора и обработки информационных данных, реализуемая в рамках системы производственного контроля и мониторинга на объекте по хранению и уничтожению химического оружия «Марадыковский» Кировской области.

The article describes the network and presents the diagram of automated system of information collection and processing, implemented as part of the system of production control and monitoring of the chemical weapons storage and decommission plant «Maradykovsky» in Kirov region.

Ключевые слова: информационно-аналитическое обеспечение, автоматические посты контроля, картографическое отображение, визуализация, прогноз

Keywords: informational and analytical support, automatic control posts, cartographic mapping, visualization, prognosis

С пуском в сентябре 2006 г. объекта «Марадыковский» (Объект) в Кировской области в России начался совершенно новый этап в ликвидации боевых отравляющих веществ (ОВ). Раньше в Российской Федерации такого масштабного уничтожения фосфорсодержащих отравляющих веществ (ФОВ) не было, не было и методической базы по контролю ФОВ и продуктов их деструкции в промышленных выбросах.

В связи с этим с начала функционирования Объекта самое пристальное внимание было уделено созданию систем экологической безопасности. Меры, принимаемые по обеспечению безопасности для таких промышленных предприятий, беспрецедентны и на сегодня не имеют аналога в отечественной и зарубежной практике. При этом особая роль отведена организации системы производственного экологического контроля и мониторинга как многоцелевой информационной системе, в задачи которой входит наблюдение, оценка и прогноз степени техногенного воздействия производственной деятельности на компоненты окружающей среды [1 – 4].

В программу производственного экологического контроля и мониторинга включён перечень приоритетных загрязнителей – вещества остронаправленного действия (ОВ) и продукты их детоксикации, а также приоритетные общепромышленные загрязнители, характерные для данного объекта.

Контроль за приоритетными загрязнителями на объекте обеспечивается с использованием новых аттестованных методик измерений ФОВ, которые дают возможность проводить анализы, обеспечивающие выполнение требований контрольных государственных органов. Аттестацией методик занимались многие научно-исследовательские институты: ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева», ОАО ФНТЦ «Инверсия», ФГУП ВНИИМС, МП «Региональный центр экологического мониторинга», ФГУП «УНИИМ» и многие другие.

Система производственного экологического контроля и мониторинга на объекте выполняет следующие задачи:

- обеспечение контроля за соблюдением санитарно-гигиенических нормативов труда работающего персонала путём непрерывного автоматического контроля воздуха рабочей и промышленной зон Объекта на уровне ПДК ОВ (1 ПДКр.з.), заражённости поверхностей технологического оборудования на уровне предельно допустимых значений для ОВ, оповещение о появлении таких концентраций;
- обеспечение аварийного автоматического контроля воздуха рабочих и промышленных зон Объекта, санитарно-защитной зоны (СЗЗ) и зоны защитных мероприятий (ЗЗМ) в результате определения кон-

центраций отравляющих и нормируемых веществ на уровне 100–1000 ПДК р.з. и оповещение о появлении таких концентраций;

– оценка воздействия Объекта на окружающую среду (ОС) путём определения и учёта количества продуктов детоксикации ОВ и общепромышленных загрязнителей, поступающих в объекты ОС;

– химико-аналитическое обеспечение контроля параметров технологического процесса уничтожения химического оружия;

– обработка, систематизация и протоколирование полученной информации, прогноз изменения химической обстановки, передача этой информации по каналам связи соответствующим контролирующим органам.

Система производственного экологического мониторинга (ПЭМ) Объекта представляет собой многоуровневую систему наблюдений [2 – 5]. На первом уровне осуществляется контроль воздуха рабочей зоны посредством автоматических газоанализаторов и дублированием показателей посредством отбора проб в рабочей зоне специалистами лаборатории. На следующем уровне посредством отбора проб воздуха происходит анализ вентиляционных выбросов с последующим анализом в лаборатории мониторинга окружающей среды (МОС), здесь же происходит периодический анализ проб почвы, снежного покрова, подземных и грунтовых вод промышленной площадки. На последующем уровне система контролирует состояние окружающей среды в районе расположения населённых пунктов и в особо неблагоприятных местах СЗЗ и ЗЗМ, где с высокой степенью вероятности возможно максимальное загрязнение окружающей среды, на этом уровне осуществляется автоматический контроль состояния атмосферного воздуха и периодический отбор проб исследуемых сред с последующим анализом их в лаборатории МОС.

Система ПЭМ Объекта состоит из следующих подсистем [2]:

– мониторинга в рабочей и промышленной зонах Объекта;

– мониторинга в технологическом процессе;

– мониторинга в СЗЗ и в ЗЗМ;

– наблюдения за метеорологической обстановкой;

– мониторинга животного и растительного мира;

– наблюдения за подземными и грунтовыми водами;

– сбора, хранения, обработки информации о состоянии ОС в районе расположения Объекта;

– подсистемы прогнозирования, поддержки и принятия управленческих решений на Объекте.

Перечисленные выше подсистемы позволяют осуществлять:

– производственный контроль за соблюдением санитарно-гигиенических нормативов рабочей зоны и промышленной площадки, СЗЗ и ЗЗМ;

– экологический контроль за соблюдением нормативов, согласованных для данного Объекта;

– непрерывный мониторинг состояния атмосферного воздуха с помощью автоматических стационарных постов контроля (АСПК), установленных на границе СЗЗ и ЗЗМ;

– контроль загрязнителей с помощью технических средств передвижных лабораторий в зоне, попадающей под техногенное влияние объекта;

– сбор и представление информации соответствующим службам Объекта о результатах определения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, воде и почве;

– оперативную поддержку принятия, руководством Объекта, решений при возникновении чрезвычайных ситуаций (ЧС);

– обеспечение предупреждения возникновения аварийных ситуаций и ликвидации их последствий;

– оценку эффективности и достаточности выполняемых мероприятий, направленных на минимизацию выбросов и сбросов в ОС.

Все уровни схемы организации ПЭМ действуют параллельно, независимо друг от друга и снижают вероятность ошибок и отказов на последующих уровнях.

В ходе реализации системы ПЭМ обеспечивается:

– постоянное получение оперативной информации о содержании ОВ, продуктов их детоксикации и общепромышленных загрязнителей в контролируемых зонах;

– предупреждение о создающихся критических ситуациях, вредных или опасных для здоровья людей и ОС;

– оценка и прогноз изменения состояния ОС.

Система ПЭМ функционирует в соответствии с согласованным и утвержденным с контрольными, надзорными органами «Ре-

гламентом контроля источников загрязнения на объекте по хранению и уничтожению химического оружия и проведения мониторинга окружающей среды в СЗЗ и ЗЗМ». Этот регламент по своей сути является совокупным документом, который определяет такие основополагающие показатели, как перечень приоритетных загрязнителей, подлежащих контролю; точки и регламент отбора проб; перечень приборно-технических средств, МВИ и многое другое.

Система ПЭМ ориентирована на функционирование в двух режимах: штатном и аварийном. Мобильные и стационарные элементы системы имеют возможность передачи информации по радиоканалам. Сбор, обработка и накопление информации внутри системы организуется локальной информационной сетью. Сеть имеет возможность информационного взаимодействия с автоматизированной системой управления технологическим процессом (рис. 1).

Система ПЭМ включает в себя следующие основные элементы:

- информационно-аналитический центр (ИАЦ);
- промышленную химико-аналитическую лабораторию (ХАЛ), оснащённую специ-

- фичными химико-аналитическими приборами и оборудованием;
- лабораторию мониторинга окружающей среды (МОС), оснащённую специфичными химико-аналитическими приборами и оборудованием;
- передвижные лаборатории контроля воздушной среды;
- передвижные лаборатории контроля воды и почвы;
- стационарные посты контроля воздушной среды, АСПК-1,2,3;
- пробоотборные машины;
- автоматические газоанализаторы и сигнализаторы определения ОВ;
- стационарные пробоотборные устройства;
- тест-наборы;
- анализаторы-течеискатели;
- индикаторы локальной заражённости;
- сеть подземных скважин;
- сеть площадок для проведения биомониторинга и другие элементы.

Для получения информации о метеорологической обстановке на Объекте оборудован метеорологический наблюдательный пост, позволяющий в реальном масштабе времени получать информацию о погод-

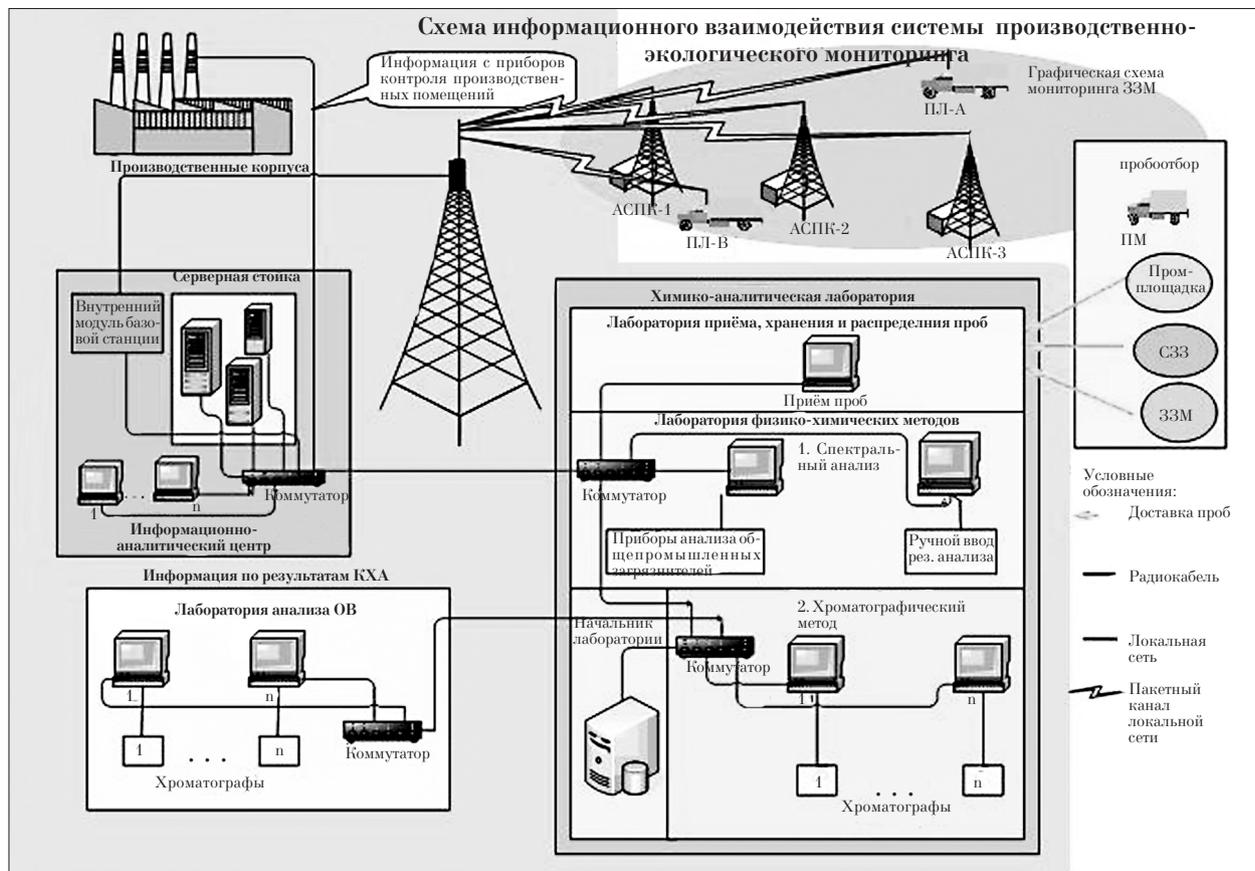


Рис. 1. Схема организации связи ПЭМ



Рис. 2. Автоматический стационарный пост контроля

ных условиях на территории промышленной зоны Объекта.

Для непрерывного контроля воздушной среды на границе СЗЗ Объекта установлены АСПК, которые предназначены для контроля и оценки состояния атмосферного воздуха в точке их расположения и автоматизированной передачи полученной информации в ИАЦ. На границе СЗЗ расположено 3 стационарных постах: пос. Мирный, с. Брагичи, с. Быстряги.

АСПК (рис. 2) комплектуются приборами для проведения контроля заражённости воздуха ОВ на уровне санитарно-гигиенических нормативов, установленных для населённых мест.

Для непрерывного контроля за газовыми выбросами в воздушную среду на печных трубах Объекта установлены системы автоматического газового контроля «МИР», которые проводят непрерывный контроль общепромышленных загрязнителей в газовых выбросах.

Экологический мониторинг на установленных точках контроля и участках мониторинга осуществляется с помощью передвижных лабораторий, которые 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, а также для периодического отбора проб воздуха с последующим их анализом в стационарной лаборатории. Передвижная лаборатория оснащена автоматизированной подсистемой контроля функционирования измерительной аппаратуры, системой регистрации хранения и передачи результатов измерений в ИАЦ [3].

Химико-аналитические лаборатории, входящие в систему ПЭМ, комплектуются высокочувствительными и специфичными химико-аналитическими приборами и оборудованием.

Основной задачей функционирования ХАЛ является наблюдение за экологической обстановкой в районе, выявление источников загрязнения окружающей среды с последующими аналитическими выводами.

Сбором и обработкой всей полученной информации производственного экологического контроля и мониторинга занимается информационно-аналитический центр.

ИАЦ решает следующие задачи:

- сбор, обработка, накопление, анализ экологических и метеорологических параметров окружающей среды;

- оценка полученных результатов наблюдений на соответствие критериям контроля, установленным для данного объекта мониторинга, на основании нормативных документов, соответствующих требованиям промышленной и экологической безопасности;

- предупреждение о создающихся нештатных или аварийных ситуациях, вредных или опасных для здоровья людей и других живых организмов;

- формирование и оперативная передача информации в различных видах соответствующему персоналу объекта для повышения качества принимаемых решений по снижению отрицательного влияния Объекта на окружающую среду;

- математическое моделирование процессов распространения загрязняющих веществ, в том числе ОВ, в атмосфере и водных средах;

- формирование прогнозов вероятных последствий деятельности Объекта;

- формирование рекомендаций по выбору вариантов действия при возникновении нештатных или аварийных ситуаций.

На Объекте проводятся работы по совмещению инструментальных методов химико-аналитических исследований с измерениями автоматических стационарных приборов. Вся перечисленная выше система ПЭМ является компонентом программно-аппаратного комплекса Автоматизированной системы сбора и обработки данных (АССОД), которая реализована на Объекте и успешно эксплуатируется. Данная система претерпела необходимые изменения, в связи с накапливаемым опытом работы Объекта в системе ПЭМ, она внедрена и успешно эксплуатируется на других Объектах. Данный комплекс является своего рода научно-техническим подходом к автоматизированному обеспечению производственного экологического контроля и мониторинга на Объекте. С помощью этого программного сопровождения, системы ПЭМ, стало возмож-

ным получение мгновенной оперативной информации о превышении нормативов выбросов для дальнейшего принятия решения о изменении технологических параметров производства, с целью недопущения загрязнения окружающей среды.

Комплекс состоит из связанных между собой стационарных постов, датчиков контроля за общепромышленными выбросами и передвижных лабораторий экологического мониторинга. Каждая лаборатория, вне зависимости от типа, может содержать газоаналитическое оборудование, газосигнализирующее оборудование, оборудование жизнеобеспечения, оборудование резервного питания, систему пожарно-охранной сигнализации, промышленный компьютер и специализированное программное обеспечение [6].

Программное обеспечение выполняет функцию управляющей программы и обеспечивает сбор информации со всего оборудования, её хранение и отображение на дисплее компьютера, формирование аварийных сигналов, формирование выходных документов и передачу накопленной информации в другие информационные системы.

Основными функциями программного комплекса являются получение показаний различного количества и состава устройств мониторинга; хранение информации о показаниях устройств; обработка, преобразование и хранение информации; обеспечение доступа к информации пользователю с целью оперативного мониторинга показателей и анализа их за длительные периоды времени; информирование пользователя о превышении пороговых значений; о возникновении нештатных ситуаций; о текущем состоянии системы по постам с привязкой к ГИС; обеспечение загрузки/выгрузки информации с целью обмена с другими системами; выгрузка информации

в автоматическую систему принятия решения.

Главное окно комплекса (рис. 3) состоит из трёх сегментов: верхняя панель, боковая панель, рабочее окно и строка состояния. На верхней панели находятся основные пункты меню и кнопки визуализации. Содержимое боковой панели и рабочего окна зависит от выбранной визуализации.

В блоке с данными по каналу (рис. 4) отображаются:

- имя поста, которому принадлежит канал (пост-1);
- имя канала данных (диоксид серы);
- текущее значение канала (19,829);
- единицы измерения ($\text{мг}/\text{м}^3$);
- статус канала (ОК);
- горизонтальная гистограмма % от ПДК м.р.;
- дата и время получения текущего значения.



Рис. 4. Блок с данными по каналу

Гистограмма и цвет шрифта текущего значения канала могут быть окрашены в следующие цвета:

- зелёный – значение значительно ниже ПДК,
- жёлтый – значение близко к ПДК,
- красный – превышение ПДК

Также имеется возможность картографического отображения текущей информации, для визуализированной постановки задач, при превышении уровней ПДК, на оперативное проведение инструментального анализа лабораторией МОС.

Посты отображаются в виде значков обведённых кольцами различных цветов. Значение цветов:

- серый – отсутствует связь с постом, невозможно получить данные;
- зелёный – состояние всех параметров поста в норме, нет превышений ПДК, важных показаний, аварийных статусов;
- жёлтый – на poste зафиксировано небольшое превышение ПДК, либо аварийный статус, либо показание средней степени важности;

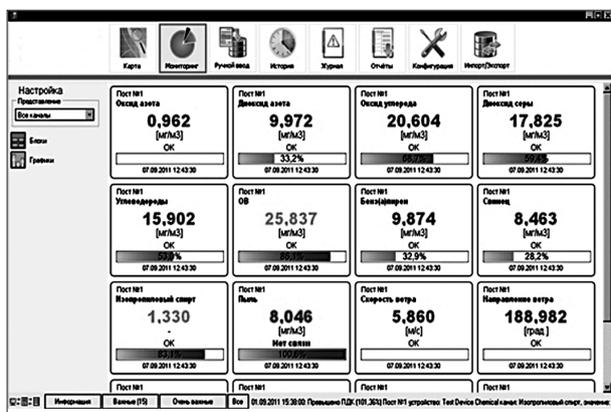


Рис. 3. Общий вид отображения информации от автоматических датчиков контроля системы ПЭМ

– красный – превышение ПДК, либо показание большой степени важности.

При наведении курсора на объект отображается его состояние в реальном времени.

В правом нижнем углу окна отображается информация о скорости и направлении ветра в районе Объекта, получаемая с метеостанции (рис. 5).



Рис. 5. Направление и скорость ветра

Мониторинг в режиме отображения графиков (рис. 6) отображает все данные в одном общем графике.

Окно визуализации «История» (рис. 7) может отображать список усреднений по различным представлениям за период времени, графики усреднений, а также графики мгно-

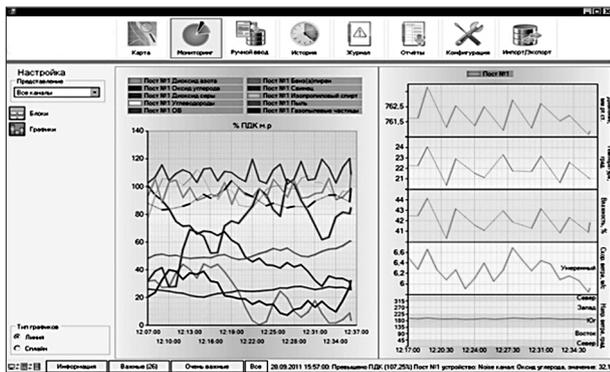


Рис. 6. Мониторинг в режиме отображения графиков

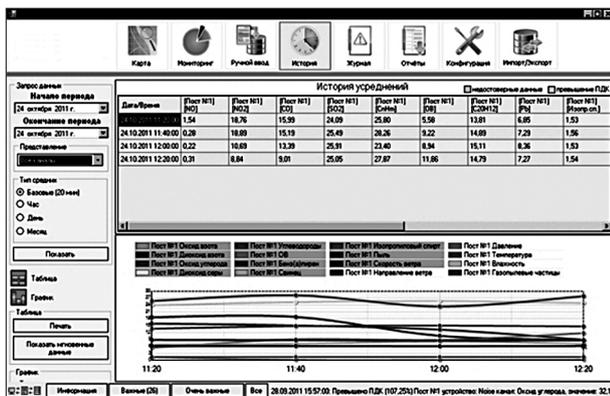


Рис. 7. Окно визуализации «История»

Внимание!

Сервер	Описание	Статус	Время	И
Почет	Нет связи с сервером: -1	Открыт	01.02.2011 14:01:44	3
АСПК-1	Превышено ПДК (100.00%) точка: АСПК-1 устройство: АСЗМ канал: NO, значение: 0.40000005960464	Открыт	01.02.2011 14:50:50	5
АСПК-1	Превышено ПДК (130.50%) точка: АСПК-1 устройство: АСЗМ канал: NO, значение: 0.522000014791952	Открыт	01.02.2011 15:01:00	5
АСПК-1	Превышено ПДК (157.50%) точка: АСПК-1 устройство: АСЗМ канал: NO, значение: 0.622999995231628	Открыт	01.02.2011 15:11:10	5
АСПК-1	Превышено ПДК (157.50%) точка: АСПК-1 устройство: АСЗМ канал: NO, значение: 0.622999995231628	Открыт	01.02.2011 15:21:10	5
АСПК-1	Превышено ПДК (153.50%) точка: АСПК-1 устройство: АСЗМ канал: NO, значение: 0.614000022411346	Открыт	01.02.2011 15:31:20	5
АСПК-1	Превышено ПДК (23.50%) точка: АСПК-1 устройство: АСЗМ канал: NO, значение: 0.4939999784852	Открыт	01.02.2011 15:41:20	5
АСПК-1	Превышено ПДК (100.00%) точка: АСПК-1 устройство: АСЗМ канал: NO, значение: 0.40000005960464	Открыт	01.02.2011 16:38:10	5
АСПК-1	Превышено ПДК (130.50%) точка: АСПК-1 устройство: АСЗМ канал: NO, значение: 0.522000014791952	Открыт	01.02.2011 16:43:20	5
АСПК-1	Превышено ПДК (161.00%) точка: АСПК-1 устройство: АСЗМ канал: NO, значение: 0.64299998301117	Открыт	01.02.2011 16:49:30	5
АСПК-1	Превышено ПДК (162.50%) точка: АСПК-1 устройство: АСЗМ канал: NO, значение: 0.720000013074948	Открыт	01.02.2011 17:09:40	5
АСПК-1	Превышено ПДК (153.00%) точка: АСПК-1 устройство: АСЗМ канал: NO, значение: 0.6119999855909	Открыт	01.02.2011 17:19:50	5
АСПК-1	Превышено ПДК (123.00%) точка: АСПК-1 устройство: АСЗМ канал: NO, значение: 0.482000013568959	Открыт	01.02.2011 17:29:50	5

Рис. 8. Окно «Тревога»

венных значений. Данная возможность программного комплекса позволяет воспроизводить информацию за любой период времени с начала работы Объекта, полученную инструментальными путём и с автоматических приборов контроля ПЭМ.

Также в процессе работы комплекса возможно появление дополнительного окна «Тревога» (рис. 8), которое отображает оперативную информацию, требующую внимания оператора.

При превышении измеряемых показателей по специфическим загрязнителям выше 1 ПДК автоматически запускается компьютерная система информационной поддержки принятия решений.

Основное назначение компьютерной системы информационной поддержки принятия решений – анализ и прогноз обстановки в случае аварийной ситуации (на ранней стадии аварии), включая расчёт распространения заражённого воздуха, токсических доз и выработку рекомендаций при необходимости проведения защитных мероприятий для населения, попавшего в зону аварии.

Работа в системе строится по принципу клиент – сервер. Все расчёты выполняются в системе. При этом клиенты могут взаимодействовать с системой как локально (в рамках локальной вычислительной сети), так и удалённо.

В случае, если произошло одно из зарегистрированных событий (например, приход определённого сигнала, содержащего сообщение об аварии), диспетчер задач в автоматическом режиме запускает выполнение необходимого расчёта – цепочку, последовательно исполняемых расчётных модулей.

Информация о полученных результатах выводится в графическом и цифровом изображении с координатной привязкой к местности

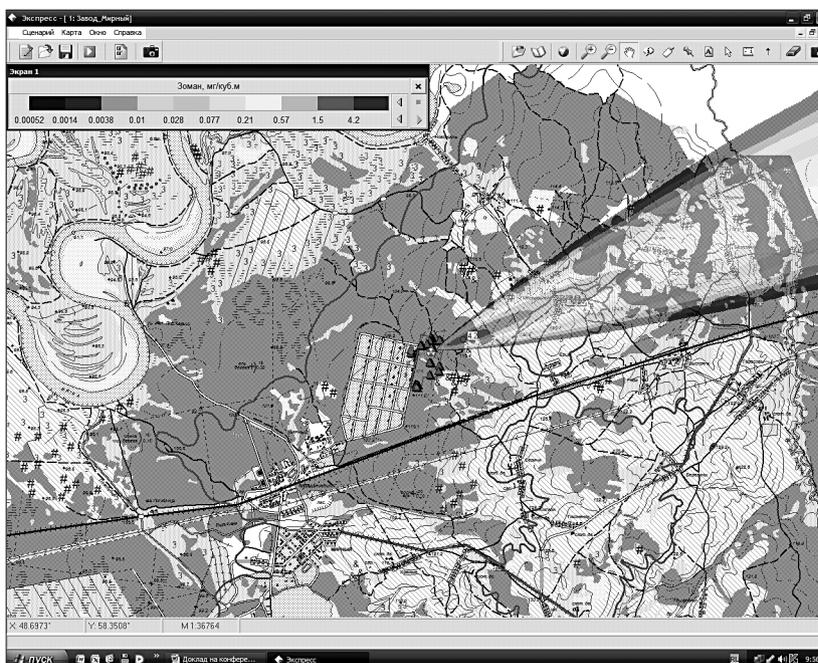


Рис. 9. Графическое отображение анализа и прогноза обстановки в случае аварийной ситуации на Объекте

(рис. 9), с зоной покрытия заражённого облака, изменяющегося в зависимости от метеорологической обстановки вокруг объекта, с числовыми значениями концентраций в интересных точках.

Данные об измеряемых величинах, на основе которых строится модель прогноза аварии, берутся из единой базы данных Объекта (Агат).

Данный комплекс является составной частью автоматической системы для принятия решений в случае возникновения аварий.

Ежедневно информация о результатах производственного экологического контроля и мониторинга на объекте направляется в Управление Ростехнадзора, Росгидромета, Росприроднадзора и Роспотребнадзора по Кировской области, администрацию правительства Кировской области и Мирнинского городского поселения.

Структурные подразделения Объекта проводят многоступенчатую, последовательную работу с органами исполнительной власти, уполномоченными в области государственного надзора за процессом уничтожения отравляющих веществ, правительством Кировской области, СМИ и населением, что даёт возможность открытости в освещении процесса уничтожения химического оружия и его безопасности для близлежащих населённых пунктов и области в целом. Схема передачи данных о состоянии окружающей среды в районе рас-

положения Объекта в уполномоченные органы исполнительной власти Кировской области представлена на рисунке 10 (см. цветную вкладку).

Действующая система ПЭМ на Объекте и в районе его расположения позволяет в полной мере обеспечить контроль экологической обстановки, информационную поддержку в управлении и принятии управленческих решений по охране здоровья человека и ОС.

Надзор и контроль деятельности Объекта со стороны специально уполномоченных органов исполнительной власти в рамках проведения государственного экологического контроля и надзора позволяет сделать вывод о том, что принятые решения и концептуальные подходы, направленные на безопасную эксплуатацию Объекта, реализуются успешно. Действующая система производственного экологического контроля и мониторинга на Объекте и в районе его расположения позволяет своевременно принять решения и максимально снизить негативное влияние Объекта на человека и ОС в целом.

Литература

1. Холстов В.И. О состоянии работ по уничтожению химического оружия в Российской Федерации // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 4. С. 5–10.
2. Капашин В.П. Экологическая безопасность уничтожения химического оружия – основа государствен-

ной политики по защите населения и окружающей среды // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 4. С. 11–15.

3. Ашихмина Т.Я. Научно-методологические основы комплексного мониторинга окружающей среды в районе объектов хранения и уничтожения химического оружия // Теоретическая прикладная экология. 2007. № 2. С. 23.

4. Чупис В.Н. Система экологического мониторинга

объектов уничтожения химического оружия. Опыт эксплуатации и основные направления развития // Теоретическая прикладная экология. 2010. № 1. С. 27.

5. Ашихмина Т.Я. Комплексный экологический мониторинг объектов хранения и уничтожения химического оружия. Киров: Вятка, 2002. 514 с.

5. Проект ТЭО. Раздел 17 «Промышленно – экологический мониторинг источников загрязнения окружающей среды» 2004 г. С. 81–183.

УДК: 631.4: 502.65

Совершенствование методов контроля продуктов техногенеза при мониторинге объектов уничтожения химического оружия

© 2012. В. Г. Петров, д.х.н., зав. лабораторией, М. А. Шумилова, к.х.н., с.н.с.,
О. С. Набокова, аспирант, М. Г. Лебедева, аспирант,
Институт механики Уральского отделения РАН,
e-mail: petrov@udman.ru

Особенности форм соединений мышьяка и тяжёлых металлов в природных объектах приводят к отличию их физико-химических свойств, обусловленных действием естественных факторов, что влечёт за собой разницу в поведении поллютантов в окружающей среде. Найденная закономерность требует совершенствования подхода к организации мониторинга объектов уничтожения химического оружия для получения более объективной оценки их воздействия на окружающую среду.

Different forms of arsenic and heavy metals compounds in natural objects cause difference in their physical and chemical properties due to natural causes. This entails difference in pollutants' behavior in the environment. The obtained data shows the need to improve the organization of CWD plants monitoring for a more objective assessment of their impact on the environment.

Ключевые слова: объект по уничтожению химического оружия, мониторинг, мышьяк, тяжёлые металлы, степень выделения, период полувыведения

Keywords: chemical weapons destruction facility, monitoring, arsenic, heavy metals, the degree of separation, elimination half-life

Выполнение Международной Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и его уничтожении, инциденты на опасных промышленных объектах – с одной стороны, а также развитие аналитической техники и информационных технологий – с другой обуславливают необходимость модернизации подхода к мониторингу техногенных загрязнений для получения более объективной картины их воздействия.

Существующие методы мониторинга потенциально опасных промышленных объектов, как правило, не учитывают специфику

поведения поллютантов в окружающей среде, которая вызвана ионными обменными реакциями в почвах и донных отложениях, диффузионными процессами миграции загрязнителей в почвах под действием атмосферных осадков, динамикой соотношений между подвижными и неподвижными формами загрязнителей. Учёт этих особенностей позволяет разработать новые принципы организации мониторинга загрязняющих веществ промышленных предприятий, обладающих повышенной опасностью, в частности, таких как объекты по уничтожению химического оружия, атомные станции и др.

В качестве примера можно привести результаты исследования поведения мышьяка и тяжёлых металлов (ТМ) в различных природных средах при мониторинге объекта по уничтожению люизита в Камбарке. В рамках реализации Международной Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и его уничтожении к 2009 г. в г. Камбарке Удмуртской Республики было уничтожено более 6 тыс. т мышьяксодержащего отравляющего вещества – люизита. В результате использования реagenтного метода его обезвреживания с последующим упариванием было получено более 10 тыс. т сухих мышьяксодержащих солей, содержащих арсенит и хлорид натрия. Результаты мониторинга в момент уничтожения люизита показывают, что загрязнения мышьяком стремятся к делокализации, в то время как загрязнения другими металлами, такими как хром, медь, кадмий, находятся в локализованном состоянии [1]. На наш взгляд, это связано с тем, что техногенные формы этих металлов проявляют разные свойства в окружающей среде, т. к. в результате уничтожения люизита мышьяк находится в форме арсенита натрия [2],

в то время как металлы, в частности, в выбросах металлургических заводов – в форме оксидов.

В лаборатории природоохранных и ресурсосберегающих технологий на экспериментальном стенде были проведены исследования по изучению подвижности в почве загрязнений арсенита натрия и оксидов тяжёлых металлов. Стенд представляет конструкцию из нескольких колонок и дозирующего устройства. В колонки помещаются образцы почвы и проводится их загрязнение в количестве 10 (образец «1») и 100 (образец «2») ПДК по металлу, затем из дозирующего устройства через загрязненный образец пропускается дистиллированная вода. В нижней части колонки устанавливается фильтрующее устройство и отбираются фракции воды, прошедшие через загрязненный образец. Таким образом, на стенде моделируется воздействие атмосферных осадков в виде дождя и условия фильтрации в верхней части почвы, при этом определяется скорость прохождения и объём пропущенной воды через загрязнённый образец. В отобранных водных фракциях содержание мышьяка и ТМ определяли с помощью

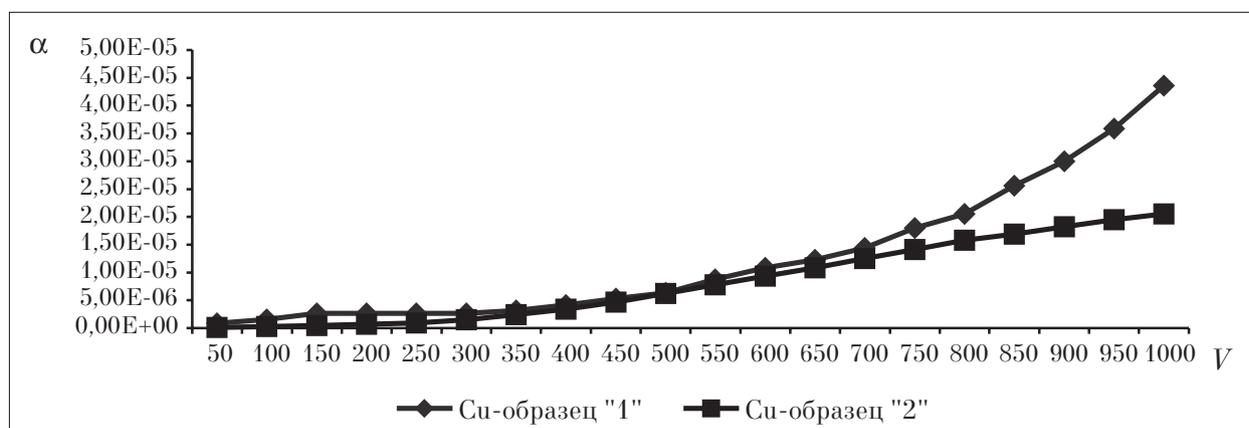


Рис. 1. Зависимость степени выделения меди – α из образцов почвы «1» и «2» от пропущенного объема воды – V (мл)

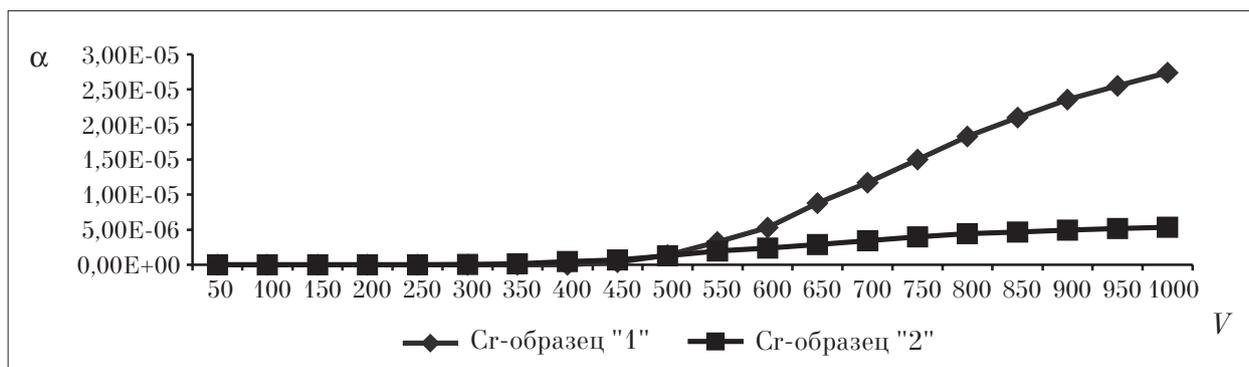


Рис. 2. Зависимость степени выделения хрома (3+) – α из образцов почвы «1» и «2» от пропущенного объема воды – V (мл)

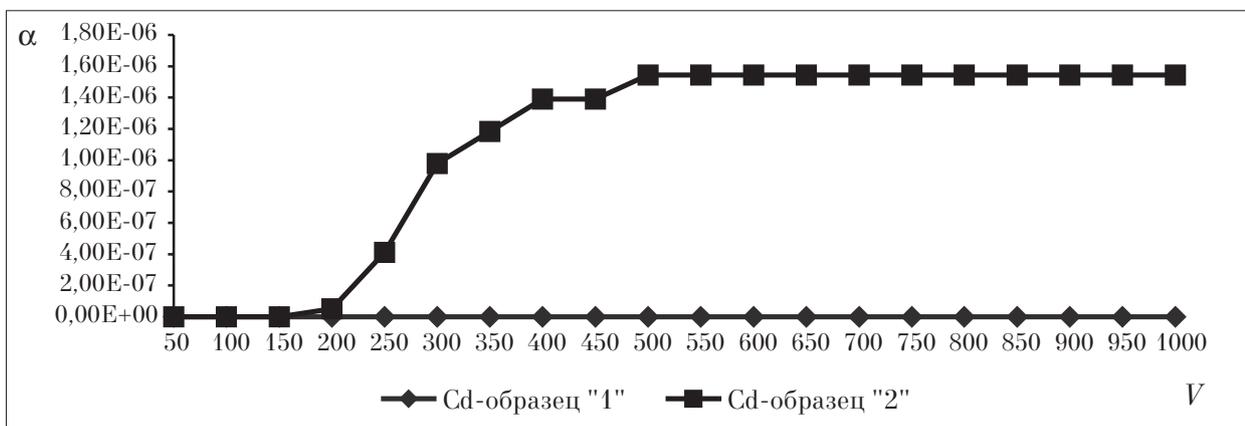


Рис. 3. Зависимость степени выделения кадмия – α из образцов почвы «1» и «2» от пропущенного объёма воды – V (мл)

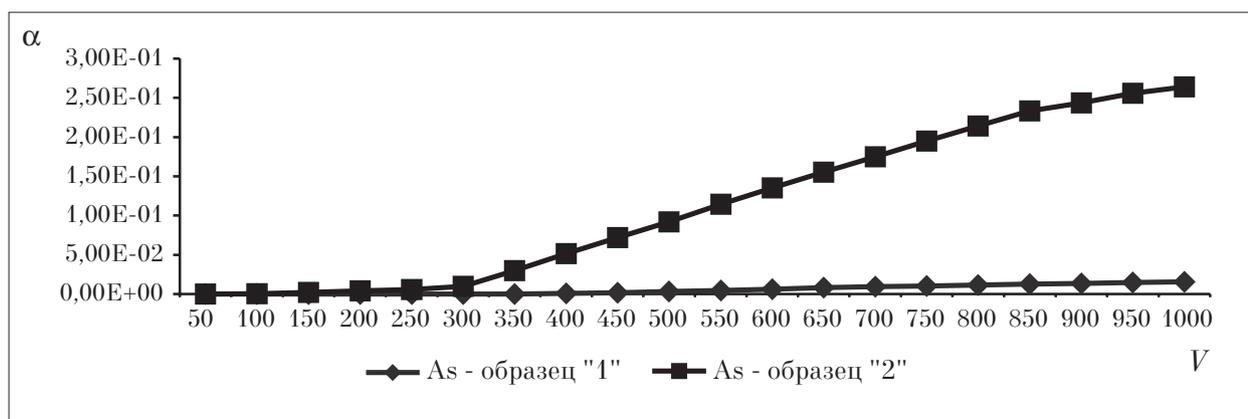


Рис. 4. Зависимость степени выделения мышьяка – α из образцов почвы «1» и «2» от пропущенного объёма воды – V (мл)

атомно-абсорбционного спектрофотометра «Shimadzu»- AA7000, рассчитывали степень выделения загрязнителя из почвы, кинетические параметры процесса и период полувыведения. На рисунках 1–4 представлены зависимости степени выделения загрязнителя α (доля от исходного содержания) из почвенного образца (речной песок) от объема пропущенной воды.

Расчёт периода полувыведения загрязнителя определяли по формуле:

$$\int_0^{\alpha} \frac{d\alpha}{(1-\alpha)^n} = \kappa_n T_{r,\alpha} S \sum_{i=0}^m \frac{H_{r,i}}{\omega_i},$$

где T_r – время, необходимое для выделения вещества из загрязненной почвы до степени α, в годах; S – площадь почвенного покрова, на который было оказано техногенное воздействие; $H_{r,i}$ – годовая высота отдельного вида атмосферных осадков в виде дождя (слабый дождь, дождь, сильный дождь), в мм; ω_i – скорость прохождения воды через загрязнённую почву, мл/с, m – количество осадков

в виде дождя, n – порядок процесса, рассчитанный согласно методике [3].

В таблице представлены параметры подвижности различных поллютантов из почвенного покрова, рассчитанные по данным лабораторного эксперимента.

Как следует из таблицы, величины периодов полувыведения для различных загрязнённых образцов почвы существенно отличаются для арсенита натрия и оксидов ТМ, поэтому, по нашему мнению, мониторинг по этим загрязнителям также должен различаться.

В настоящий момент в лаборатории разрабатывается метод контроля загрязнителей в окружающей среде с использованием специальных устройств, фиксирующих загрязнение и минимизирующих влияние некоторых природных факторов на определение содержания поллютантов в почвах, что позволяет создать более верную картину промышленного воздействия. Такой подход предлагается нами осуществить при контроле фосфорсодержащих и мышьяксодержащих техногенных выбросов для объектов по уничтожению фосфорсодер-

Таблица

Константы скорости выделения оксидов ТМ и железа и период полувыведения загрязнителей из почвы (речной песок)

Загрязнитель, порядок процесса	Константа скорости		Период полувыведения, лет (= 0,5)
	Образец почвы	k, c^{-1}	
CuO $n \sim 1$	«1»	$1,238 \cdot 10^{-9}$	32
	«2»	$5,836 \cdot 10^{-10}$	69
Cr ₂ O ₃ $n \sim 1$	«1»	$7,791 \cdot 10^{-10}$	51
	«2»	$1,558 \cdot 10^{-10}$	257
CdO $n \sim 1$	«1»	–	–
	«2»	$4,533 \cdot 10^{-11}$	885
NaAsO ₂ $n \sim 2$	«1»	$4,449 \cdot 10^{-7}$	1,19
	«2»	$1,017 \cdot 10^{-5}$	0,05

жащих ОБ в пос. Кизнер и для других опасных промышленных объектов [4]. Предлагаемое устройство накапливает загрязнения в течение длительного времени, а также позволяет установить соотношение между подвижными и неподвижными формами загрязнителей. При таком подходе осуществляется системный анализ воздействия производства на окружающую среду, в то время как существующие методы носят в основном вероятностный характер.

Выводы

Установлены существенные отличия в характере поведения загрязнителей в окружающей среде, что обусловлено различием их химических и физико-химических свойств в условиях действия природных факторов. Процесс мониторинга опасных промышленных объектов, например, таких как объекты по уничтожению химического оружия, требует применения новых подходов к организации контроля за техногенными выбросами для бо-

лее объективной оценки степени воздействия производств на окружающую среду.

Литература

1. 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.
2. Петров В.Г., Липанов А.М., Трубачев А.В., Чечина А.А. Обезвреживание опасных веществ на перепрофилированном объекте по уничтожению люизита // Химическая физика и мезоскопия. 2009. Т. 11. № 1. С. 54–58.
3. 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.
4. Petrov V.G., Shumilova M.A., Trubachev A.V., Nabokova O.S., Kharaldina Y.A. New approaches to the organization of the control of pollution on object on destruction of the chemical weapon and other dangerous industrial enterprises // Book of abstracts of CBMTS-IX Int. Symposium. 2012, Spiez, Switzerland. 2012. P. 49.

Численность и разнообразие почвенных актиномицетов вблизи объекта по уничтожению химического оружия «Марадыковский»

© 2012. Т. Я. Ашихмина¹, д.т.н., зав. лабораторией,

Е. В. Товстик², аспирант, С. Ю. Огородникова¹, к.б.н., с.н.с.,

Е. А. Домнина¹, к.б.н., доцент, И. Г. Широких^{1,2}, д.б.н., в.н.с.,

¹Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН,

²Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого Россельхозакадемии,
e-mail: irgenal@mail.ru

Изучены численность, разнообразие и структура комплексов актиномицетов в почвах лесных и луговых биомов вблизи объекта хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский». Показаны количественные и качественные изменения в составе актиномицетных комплексов за период деятельности объекта с 2007-го по 2012 г., обусловленные как естественными, так и техногенными факторами.

We consider size, diversity and structure of actinomycetes complexes of in forest and grassland biomes soil near the chemical weapons decommission plant «Maradykovsky». Quantitative and qualitative changes in aktinomitsetnyh complexes are shown the in the plant operation from 2007 to 2012, caused by both natural and man-made factors.

Ключевые слова: почвы, комплекс актиномицетов, уничтожение химического оружия, биодиагностика

Keywords: soil, actinomycetes complex, chemical weapons decommission, biodiagnostics

Введение

В связи с реализацией процесса уничтожения химического оружия (УХО), осуществляемого в соответствии с международной Конвенцией [1], особую актуальность приобретает проблема контроля над поступлением отравляющих веществ и продуктов их деструкции в различные объекты окружающей среды, включая почву. Объекты, организованные для реализации процесса УХО, относят к числу объектов повышенной техногенной опасности для природных комплексов и экосистем [2]. Несмотря на исключение возможности прямого загрязнения почвы при штатном функционировании объектов хранения и уничтожения химического оружия (ОХУХО), остаётся возможность опосредованного загрязнения почвы за счёт осаждения токсичных веществ из воздуха. В связи с этим обязательным условием контроля за безопасным уничтожением химического оружия является биологический мониторинг прилегающих к ОХУХО территорий. Биомониторинг позволяет получить, наряду с инструментальными методами, объективные сведения об экологическом состоянии природных комплексов [3].

В силу большого разнообразия биохимических функций и высокой чувствительности к изменениям среды перспективны в биоиндикации возникающих нарушений почвенные микроорганизмы [3 – 7]. Под влиянием техногенного загрязнения в почве может происходить изменение структуры сообществ, поскольку в его состав входят микроорганизмы с разной физиологической толерантностью. Почва, обладая благодаря принципу дублирования и полифункциональности видов значительной буферностью, сохраняет до определённого предела воздействий свои биологические свойства (состояние гомеостаза). Однако изменения в структуре комплексов почвенных микроорганизмов уже поддаются обнаружению и могут свидетельствовать об испытываемом экосистемой состоянии стресса, хотя в целом микробное сообщество остаётся таким же функциональным, как и до воздействия стрессора. При значительном уровне загрязнения в сообществах почвенных микроорганизмов происходят необратимые изменения, указывающие на исчерпание микробной системой почвы запаса своей прочности [8]. Таким образом, структура микробного сообщества, т. е. набор отдельных элементов (например, так-

сонов), их относительное обилие, пространственное и временное расположение, а также взаимосвязь между ними имеют для биоиндикационных целей существенное значение.

В почвенной микробиологии из-за ряда методических трудностей анализ структуры микробного сообщества становится возможным только после выделения в качестве объекта какой-либо группы популяций, учитываемых конкретным методом. В данной работе мы попытались проанализировать индикационную ценность параметров комплексов почвенных актиномицетов. Накопленные данные, характеризующие актиномицетные комплексы в различных экосистемах, позволяют перейти к выявлению влияния на них различных видов техногенных воздействий [9 – 11].

Целью данной работы было изучение численности, разнообразия и структуры комплексов почвенных актиномицетов для оценки состояния почв луговых и лесных биоценозов за период деятельности ОХУХО в режиме уничтожения отравляющих веществ.

Объекты и методы

Объектами исследования служили образцы почв, отобранные на площадках системы государственного экологического мониторинга (ГЭМ) в санитарно-защитной зоне (СЗЗ) ОХУХО «Марадыковский». Отбор образцов произведён из верхних почвенных горизонтов на глубину 0–20 см, включая толщу подстилки или дернины, летом 2007, 2008, 2011, 2012 гг.

Участки отбора образцов расположены на различном удалении от объекта ОХУХО, в северо-восточном, восточном, юго-восточном и южном направлениях в соответствии с розой ветров и приурочены к лесным и луговым фитоценозам (табл. 1).

Учёт численности почвенных актиномицетов проводили методом поверхностного посева из разведений почвенных суспензий на среду с пропионатом натрия. Для селективного ограничения роста немиецелиальных бактерий и грибов почву прогревали при 70 °С и в среду дополнительно вводили 50 мкг/мл нистатина. Чашки с посевами инкубировали в термостате при 27 °С в течение 10–12 суток и при комнатной температуре до трёх недель. Проводили дифференцированный подсчет колоний, выделяя по морфологическим признакам четыре морфотипа, соответствующих родам *Streptomyces*, *Micromonospora*, *Streptosporangium* и группе олигоспоровых родов.

К роду *Streptomyces* предварительно относили представителей, имеющих цепочки спор на воздушном мицелии и нефрагментированный субстратный мицелий. Культуры, имеющие одиночные споры на субстратном мицелии, отсутствие или слабое развитие стерильного воздушного мицелия, 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 родов объединяли представителей, образующих одиночные споры, либо короткие цепочки более крупных по размеру спор на ветках воздушного мицелия [12].

Структуру комплекса актиномицетов характеризовали на основании показателей частоты встречаемости [9] отдельных представителей: доминирующие (≥ 85%), типичные частые (≥ 60%), типичные редкие (≥ 40%) и случайные (< 40%). Для оценки родового разнообразия актиномицетов использовали индекс Шеннона [13].

Таблица 1

Характеристика участков отбора образцов почвы для анализа

Тип фитоценоза	Тип почвы	От объекта		№ участка в системе ГЭМ
		расстояние, км	направление	
Лес	Среднеподзолистая песчаная	3,12	С-В	34
	Сильно подзолистая супесчаная	2,75	С-В	36
Луг	Дерново-слабоподзолистая супесчаная	6,24	В	84
		1,15	С-В	3
	Дерново-подзолистая супесчаная	3,96	Ю-В	60
	Дерново-подзолистая легкосуглинистая	2,72	Ю	43
	Дерново-подзолистая среднесуглинистая	2,77	В	39

Данные обработаны стандартными методами статистического анализа [14] с использованием программ STATGRAFICS и EXEL 7.

Результаты и обсуждение

Общая численность актиномицетов при учёте на среде с пропионатом натрия варьировала в исследуемых почвах в пределах двух порядков (от $1,8 \times 10^4$ до $1,9 \times 10^6$ КОЕ/г) в зависимости от типа фитоценоза и времени отбора образца (табл. 2). Почвы луговых фитоценозов отличались от почв под лесом существенно более высокой численностью мицелиальных прокариот как в начальный период наблюдений (2007–2008 гг.), так и по прошествии пяти-шести лет деятельности ОХУХО в режиме уничтожения ХО (2011–2012 гг.). Общей тенденцией для тех и других почв явилось увеличение в 2012 году общей численности актиномицетов в почвах лесов в 4,2–16,1 раза, в почвах под лугами – в 1,9–4,5 раза по сравнению с началом наблюдений. Эти результаты согласуются с общей тенденцией к доминированию в микробных сообществах техногенно-загрязнённых почв микроорганизмов с K-стратегией [15].

Возможность выявить те биологические эффекты, которые вызваны техногенным воздействием на почву, затруднена в природных экосистемах многочисленностью сопутствующих естественных факторов. Для более корректной интерпретации получаемой в процессе мониторинга информации необходимо разграничение изменчивости почвенного микробного комплекса, обусловленной естественными и техногенными причинами. С помощью многофакторного дисперсионного анализа проводили оценку влияния на параметры актиномицетных комплексов таких факторов, как тип фитоценоза (фактор А), год пробоотбора (фактор В), направление от объекта, сопряжённое с особенностями почвенного покрова (фактор С), и удалённость от объекта (фактор D) (табл. 3). При этом факторы А и С подразумевались как естественные, а факторы В и D рассматривались как техногенные, действующие во времени и пространстве соответственно. Наибольшее влияние на общую численность актиномицетов в ряду сопряжённых почв лесных и луговых угодий оказал фактор С, связанный с почвенной разностью ($F=82,51$; $p \geq 0,0000$). Вторым по силе влияния на варьирование численности актиномицетов оказался фактор «год пробоотбора» ($F=58,52$; $p \geq 0,0000$). Влияние фактора «удалённость от

объекта», хотя и оценивалось как достоверное ($F=3,70$; $p \geq 0,0056$), уступало остальным рассматриваемым факторам.

Комплексы почвенных актиномицетов в исследуемых почвах были представлены родами *Streptomyces*, *Micromonospora*, *Streptosporangium* и олигоспоровыми видами. Уже в начальный период наблюдений обратила на себя внимание необычная для зональных почв структура комплексов, при которой все входящие в его состав представители имеют одинаково высокую частоту встречаемости (80–100%) и, следовательно, относятся к доминантам (табл. 2). Такая структура доминирования, как было показано ранее [8, 15], характерна для нарушенных местообитаний и может являться следствием техногенного загрязнения почв до начала уничтожения ХО в 2006 г.

За период деятельности объекта в режиме уничтожения ХО значительных изменений по частоте встречаемости стрептомицетов, микромоноспор и стрептоспорангиумов в почвенных комплексах не выявлено. Изменилась в ту или другую сторону лишь частота встречаемости олигоспоровых видов, среди которых, по-видимому, могут иметь место специфические индикаторы данного химического загрязнения. Вместе с тем другой показатель экологической структуры актиномицетного комплекса – относительное обилие родов – достоверно изменялся в зависимости от времени отбора образца почвы. Так, для стрептомицетов долевое участие в комплексе возросло ($F=99,55$; $p \geq 0,0000$) за период уничтожения ХО, а для микромоноспоровых актиномицетов, напротив, существенно ($F=30,8$; $p \geq 0,0000$) снизилось (табл. 3). Особенно отчетливо эта тенденция прослеживается на примере лесных экосистем. В 2007 году относительное обилие в почвенных комплексах стрептомицетов составляло менее 10%, микромоноспор – 46–65%, а в 2012 году относительное обилие стрептомицетов возросло до 53,7–66,8%, при снижении обилия микромоноспор до 20–28% от общего числа актиномицетов (табл. 2). Аналогичные изменения произошли и в комплексах актиномицетов почв луговых угодий. Выявленное в 2012 г. (и в 2011 г. для участков 39 и 60) соотношение между представителями родов *Streptomyces* и *Micromonospora* (>1) соответствует типичной структуре комплексов актиномицетов в зональной дерново-подзолистой почве [16], тогда как это же соотношение, зафиксированное в 2007–2008 гг. (<1), должно расцениваться как отклонение от нормы. Показатели относительного обилия

Таблица 2

Характеристика комплексов актиномицетов, выделяемых на среде с пропионатом натрия

Тип фитоценоза	№ участка	Год отбора образца	Общая численность, тыс. КОЕ/г	Частота встречаемости/долевое участие родов, %				Разнообразие, Н%
				1	2	3	4	
Лес	36	2007	18,0±2,3	100/7,7	100/65,2	100/9,9	100/17,2	1,40±0,16
		2012	290,5±65,4	100/66,8	100/20	100/13,1	40/0,1	1,23±0,13
	34	2007	104,7±49,3	80/9,1	100/46,1	100/44,2	20/0,6	1,33±0,22
		2012	435,0±144,1	100/53,7	100/28,0	100/16,9	80/1,4	0,50±0,08
Луг	43	2007	603,4±100,9	100/35,8	100/56,3	100/0,8	100/7,1	1,31±0,07
		2012	1573±413,7	100/65,7	100/26,5	100/5,0	100/2,8	1,23±0,17
	84	2008	602,2±70,7	100/23,6	100/63,7	60/1,0	100/2,7	1,12±0,18
		2012	1271,4±170,4	100/74,8	100/22,1	100/2,5	80/0,6	0,94±0,13
Луг	3	2007	60,7±28,9	80/16,5	100/42,8	100/30,8	60/9,9	1,51±0,44
		2012	278,6±42,4	100/46,9	100/45,7	100/7,4	0/0	1,28±0,10
	39	2011	953,2±163,1	100/72,4	100/25,0	100/1,4	80/0,9	0,99±0,11
		2012	1902,8±132,9	100/67,0	100/26,2	100/6,2	80/0,6	1,19±0,04
60	2011	871,8±71,8	100/58,1	100/35,5	100/4,6	100/1,8	1,29±0,01	
	2012	1902,8±132,9	100/58,5	100/38,8	100/2,2	60/0,5	1,12±0,06	

Таблица 3

Оценка степени влияния факторов на комплекс почвенных актиномицетов

Источник варьирования	df	SS	F	p
Относительное обилие стрептомицетов				
Тип фитоценоза (фактор А)	1	337,4	4,48	0,0383
Год пробоотбора (фактор В)	3	22470,8	99,55	0,0000
Направление от объекта (фактор С)	2	2730,5	18,14	0,0000
Удалённость от объекта (фактор D)	1	325,3	4,32	0,0418
Относительное обилие микромоноспор				
Тип фитоценоза (фактор А)	1	85,8	0,78	0,3791
Год пробоотбора (фактор В)	3	3369,1	30,83	0,0000
Направление от объекта (фактор С)	2	498,7	4,56	0,0142
Удалённость от объекта (фактор D)	1	19,1	0,17	0,6776
Относительное обилие стрептоспорангиумов				
Тип фитоценоза (фактор А)	1	6,9	0,08	0,7730
Год пробоотбора (фактор В)	3	1197,9	4,86	0,0043
Направление от объекта (фактор С)	2	1854,6	4,28	0,0001
Удалённость от объекта (фактор D)	1	549,5	6,69	0,0121
Относительное обилие олигоспоровых актиномицетов				
Тип фитоценоза (фактор А)	1	35,16	1,60	0,2112
Год пробоотбора (фактор В)	3	510,73	7,72	0,0002
Направление от объекта (фактор С)	2	31,43	0,71	0,4943
Удалённость от объекта (фактор D)	1	119,16	5,40	0,0234
Общая численность актиномицетов				
Тип фитоценоза (фактор А)	1	7,93	0,00	0,9925
Год пробоотбора (фактор В)	3	1,59	58,52	0,0000
Направление от объекта (фактор С)	2	1,49	82,51	0,0000
Удалённость от объекта (фактор D)	1	334656,0	3,70	0,0056
Разнообразие актиномицетов				
Тип фитоценоза (фактор А)	1	0,0016	0,05	0,8316
Год пробоотбора (фактор В)	3	0,1025	0,95	0,4215
Направление от объекта (фактор С)	2	0,5009	6,98	0,0019
Удалённость от объекта (фактор D)	1	0,0016	0,05	0,8321

Примечание: df – число степеней свободы, SS – сумма квадратов, F – критерий Фишера, p – уровень значимости.

в комплексе изменялись в период наблюдений и для стрептоспорангиумов и олигоспоровых актиномицетов. Однако эти изменения минорных компонентов актиномицетного комплекса носили разнонаправленный характер, в зависимости от типа фитоценоза, почвенной разности и удалённости от объекта (табл. 3). Многофакторный дисперсионный анализ показал, что на долевое участие в комплексе рода *Streptosporangium* наибольшее влияние оказал фактор «удалённость от объекта» ($F=6,69$; $p \geq 0,0121$). При этом высоким (11,6%) обилием данного рода отличалась почва на расстоянии ≥ 3 км от объекта. Влияние факторов «год пробоотбора» и «направление от объекта» на относительное обилие стрептоспорангиумов оценивалось также как достоверное, но менее значимое.

Наибольшее влияние на относительное обилие олигоспоровых актиномицетов в комплексе оказал фактор «год пробоотбора». Долевое участие олигоспоровых актиномицетов в комплексе снижалось от 5,7% в 2008 г. до 1,4 % в 2012 г.

За период уничтожения ХО на объекте в прилегающих к нему лесных и луговых фитоценозах, за редким исключением (табл. 2, участок 34), не выявлено достоверного сокращения родового разнообразия почвенных актиномицетов. Достоверное ($F=6,98$; $p \geq 0,0019$) влияние на разнообразие актиномицетного комплекса оказал фактор С, т. е. природная разновидность почвы. Это может указывать на более высокую, в сравнении с другими группами микроорганизмов, физиологическую толерантность актиномицетов

к возможным в зоне влияния ОХУХО химическим загрязнителям.

Заключение

Таким образом, варьирование уровня численности, разнообразия, структуры комплекса актиномицетов в ряду прилегающих к УХО почв вызвано как природными (тип фитоценоза, почвенная разность), так и техногенными (продолжительность воздействия и удалённость от объекта) причинами.

Общая численность и разнообразие актиномицетов определялись, в первую очередь, той почвенной разностью, в условиях которой происходило формирование комплекса. Кроме того, на общую численность актиномицетов оказали существенное влияние продолжительность техногенного воздействия и удалённость от объекта. Влияние продолжительности воздействия на почву многократно превосходило влияние фактора пространственной удалённости от объекта не только в отношении показателя общей численности актиномицетов, но и в отношении относительного обилия представителей родов *Streptomyces* и *Micromonospora*. Вместе с тем варьирование долевого участия стрептомицетов и микромоноспор достоверно зависело и от природных факторов, тогда как доленое участие стрептоспорангиумов и олигоспоровых актиномицетов в комплексе определялось в основном техногенными факторами.

В целом, оценка экологического состояния почв лесных и луговых биомов не выявила на уровне мицелиальных прокариот драматических последствий деятельности объекта в режиме уничтожения ХО (за период до 2012 г.). Комплекс почвенных актиномицетов претерпел перестройки, заключающиеся в повышении общей численности и изменении соотношения по обилию доминантных родов (стрептомицетов и микромоноспор), а также в изменении относительного обилия минорных компонентов комплекса. Полученная информация о состоянии микробной системы почв различного хозяйственного назначения может быть использована для дальнейшего мониторинга в зоне возможного влияния объекта ОХУХО, а также для своевременного принятия решений о характере использования почв или выведении их из активного оборота.

Литература

1. Конвенция о запрещении химического оружия. Проблемы ратификации // Химическое оружие и проблемы его уничтожения. 1996. № 2. С. 5–9.
2. Ашихмина Т.Я. Комплексный экологический мониторинг объектов хранения и уничтожения химического оружия. Киров: Вятка, 2002. 544 с.
3. 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.
4. Биологический мониторинг природно-техногенных систем/Под общ. ред Т.Я. Ашихминой, Н.М. Алалыкиной. Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 2011. 388 с.
5. Свирскене А. Микробиологические и биохимические показатели при оценке антропогенного воздействия на почвы // Почвоведение. 2003. № 2. С. 202–210.
6. Brooks P.C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals// Biol. Fertil. Soils. 1995. V. 19. P. 269–279.
7. Stenberg B. Monitoring soil quality of arable land: microbiological indicators // Acta Agriculture Scandinavia. 1999. V. 49. P 1–24.
8. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / Под ред. Р. Шуберта. М.: Мир, 1988. 348 с.
9. Звягинцев Д.Г., Зенова Г.М. Экология актиномицетов. М: ГЕОС, 2001. 257 с.
10. Гришко В.Н., Сыщикова О.В. Сообщества актиномицетов рода *Streptomyces* в почвах, загрязнённых тяжёлыми металлами // Почвоведение. 2009. № 2. С. 235–243.
11. Гришко В. Н., Сыщикова О. В. Структурно-функциональные особенности сообщества актиномицетов в некоторых чернозёмах и засоленных почвах Украины // Почвоведение. 2010. №2. С. 221–228.
12. Определитель бактерий Берджи. В 2-х т./ Под ред. Дж. Хоулт, Н. Криг, П.Снит, Дж. Стейли, С. С. Уилльямс. М.: Мир, 1997. Т. 2. 800 с.
13. Мэггаран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 1992. 173 с.
14. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа. 1990. 352с.
15. 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.
16. Широких И.Г., Широких А.А. Микробные сообщества кислых почв Кировской области. Киров: НИИСХ С-В., 2004. 332 с.

**Сравнительный анализ специфики почвенных
альго-микологических комплексов в зоне действия
объекта хранения и уничтожения химического оружия
«Марадыковский»**

©2012. Л. И. Домрачева^{1,2}, д.б.н., профессор,
Т. Я. Ашихмина^{2,3}, д.т.н., зав. кафедрой, зав. лабораторией,
Л. В. Кондакова^{2,3}, к.б.н., зав. кафедрой, Е. В. Дабах^{1,2}, к.б.н., доцент,
Т. С. Елькина¹, аспирант,

¹Вятская государственная сельскохозяйственная академия,

²Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН,

³Вятский государственный гуманитарный университет,
nm-flora@rambler.ru

Изучена специфика альго-циано-микологических комплексов почв в районе действия объекта хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский» на территории Кировской области. Во временном аспекте показаны особенности количественной трансформации данных комплексов.

Specific features of algocyanomycological complexes in soil in the vicinity of the chemical weapons decommission plant «Maradykovsky» in Kirov region are presented. Quantitative data transformation of the complexes is shown in development.

Ключевые слова: биомониторинг, водоросли, цианобактерии, микромицеты

Keywords: biomonitoring, algae, cyanobacteria, fungi

Мониторинговый поиск в оценке состояния окружающей среды выявил достаточно широкий круг биоиндикаторов и тест-организмов. Было показано, в частности, что требованиям, которые предъявляют к данной группе организмов, вполне соответствуют такие представители почвенной микробиоты, как водоросли, цианобактерии (ЦБ) и микромицеты [1, 2]. Исследование особенностей подобных микробных комплексов проводилось нами в рамках фонового мониторинга строящегося объекта по хранению и уничтожению химического оружия (ХО) «Марадыковский» в 2004 и 2005 гг., а затем и действующего объекта в 2007 и 2012 гг. Первоначально сеть мониторинга включала более полутора сотен участков. Определение количественных характеристик водорослевых и грибных популяций на этих участках в почвах различных фитоценозов в 2004 и 2005 гг. позволило выявить следующие закономерности [3]:

1. Микробными доминантами в зоне действия арсенала ХО являлись микромицеты, биомасса которых в отдельных точках достигала свыше 3 т/га, а длина мицелия – 900–1200 м/г. При этом наибольшие

запасы грибной биомассы характерны для подзолистых лесных почв. Замедленное развитие грибов фиксировалось в луговых фитоценозах на дерново-подзолистых почвах лёгкого гранулометрического состава, а также в болотно-подзолистой и дерново-глеевой почвах, где их биомасса не превышала 600–800 кг/га, а длина мицелия 50–400 м/г.

2. В почвенных пробах с повышенным содержанием таких поллютантов, как мышьяк и свинец, в структуре грибного мицелия преобладали меланизированные формы. Известно, что именно меланинам приписывают важную роль в адсорбции и детоксикации поллютантов. Поэтому доминирование меланинсодержащих микромицетов является косвенным доказательством наличия в почве соединений, обладающих жёстко депрессивным действием на микробиоту.

3. Химическое загрязнение почвы провоцирует массовое размножение грибов р. *Fusarium*. Плотность их макроконидий в отдельные сроки наблюдения достигала 200 тыс./г. Подобная плотность грибных спор в природе наблюдается в период фузариозных эпифитотий. Грибы этого рода известны как активные

фитопатогены и продуценты сильнейших микотоксинов. Поэтому накопление в почве фузариозного потенциала – один из показателей её фитотоксичности.

4. Запасы водорослевой биомассы существенно ниже грибной. Так, одномоментная масса зелёных водорослей не превышала 50 кг/га, у диатомей достигала до 1,8 т/га (болотные почвы). Однако вследствие высокой скорости обновления и интенсивности продукционного процесса биомасса водорослей играет существенную роль в питании почвенных беспозвоночных и активизации сапротрофного микробного комплекса [4].

5. Видовое обилие альгофлоры в почвах луговых и лесных фитоценозов района объекта «Марадыковский» насчитывает 125 видов водорослей и ЦБ, в том числе Cyanophyta – 41 (32,8%), Bacillariophyta – 11 (8,8%), Xanthophyta – 18 (14,4%), Eustigmatophyta – 4 (3,2%), Chlorophyta – 50 (40,0%), Euglenophyta – 1 (0,8%). Из 70 видов почвенных водорослей лесных фитоценозов нами отмечено преобладание зелёных водорослей – 44,3% (представители родов *Chlamydomonas*, *Coccomyxa*, *Stichococcus*, *Klebsormidium*) и жёлтозелёных – 15 видов (виды родов *Pleurochloris*, *Botrydiosis*, *Characiopsis*). Почвы луговых фитоценозов имеют более богатую альгофлору. Из 117 выяв-

ленных видов преобладают зелёные водоросли (40,2%) и ЦБ (30,8%). Среди ЦБ интенсивно развиваются в культуре виды *Nostoc*, *Phormidium*, *Oscillatoria*, *Cylindrospermum*. Среди зелёных водорослей основную роль играют представители родов *Chlorella*, *Chlamydomonas*, *Klebsormidium*, *Chlorococcum*. Диатомеи представлены родами *Pinnularia*, *Navicula*, *Hantzschia*.

Дальнейшее исследование состояния микробиоты было проведено в начале действия объекта хранения и уничтожения химического оружия (ОХУХО) в 2007 г. и позднее – осенью 2012 г. При этом почвенные образцы отбирались не со всех участков первоначального мониторинга. В 2007 г. анализировалось состояние альго-микологических комплексов на 11 площадках мониторинга (ПМ), а в 2012 г. – на 9.

Анализ результатов, полученных в ходе исследований в 2007 г., показал [5], что интенсивность развития микробных группировок после начала действия ОХУХО несущественно отличается от показателей, которые определялись в 2004–2005 гг. Так, длина мицелия варьировала в широком диапазоне – от 12,7 до 814,8 м/г (табл. 1), отражая известный факт, что максимальное развитие мицелия характерно для подзолистых почв, минимальное наблюдается в гумусовых горизонтах заброшенных пахотных дерново-подзолистых

Таблица 1
Микологические показатели состояния почв на площадках мониторинга (ПМ) в 2007 г.

Номер ПМ	Почва	Длина мицелия, м/г			Структура популяций, %	
		бесцветного	окрашенного	суммарная	БМ	ММ
3	Подзолистая антропогенно нарушенная	111,4±25,6	31,7±1,9	143,1±27,5	77,9	22,1
6	Дерново-глеевая антропогенно нарушенная	10,7±1,6	5,5±0,9	16,2±2,5	66,1	33,9
17	Подзолистая	86,4±11,7	241,6±11,8	328,0±23,5	26,3	73,7
36	То же	333,8±131,2	481,0±17,4	814,8±148,6	41,0	59,0
28	То же	149,8±57,6	550,4±83,2	700,2±140,8	21,4	78,6
30	То же	124,2±51,2	406,1±22,7	530,3±73,9	23,4	76,6
55	То же	108,5±33,6	220,2±26,9	328,7±60,5	33,0	67,0
45	Дерново-подзолистая нарушенная	23,7±4,3	9,0±2,7	32,7±7,0	72,5	27,5
52	Антропогенно нарушенная	4,1±0,6	8,6±1,6	12,7±2,2	32,2	67,8
53	То же	23,3±6,3	30,2±1,4	53,5±7,7	43,6	56,4
39П	Антропогенно нарушенная подзолистая	88,5±6,7	68,8±3,2	157,3±9,9	56,3	43,7

Примечание: БМ – микромицеты с бесцветным мицелием, ММ – микромицеты с меланизированным мицелием.

Таблица 2

Показатели состояния фототрофных микробных комплексов почв на площадках мониторинга (ПМ) в 2007 г.

Номер ПМ	Численность клеток фототрофов, тыс./г			Всего
	Зелёные водоросли	Диатомеи	Цианобактерии	
3	1530±180	70±12	–	1600±192
6	530±83	33±0	–	563±83
17	720±30	180±15	2250±290	3150±335
36	170±50	–	270±80	440±130
28	1000±177	67±14	760±116	1827±307
30	200±17	33±7	4370±600	4603±624
55	200±10	30±0	1097±109	1327±119
45	1023±140	67±12	670±110	1760±262
52	530±37	–	–	530±37
53	430±60	870±35	930±40	2230±135
39П	3230±300	33±0	930±130	4193±430

Примечание: «–» – данная группа фототрофов при прямом микроскопическом учёте не обнаружена.

Таблица 3

Миколого-цианобактериальные показатели загрязнения подзолистой почвы на площадках мониторинга (ПМ)

Номер ПМ	Доля меланинсодержащих грибов в структуре грибной популяции (%)	Доля цианобактерий в структуре фототрофной популяции (%)
17	73,7	71,4
36	59,0	61,4
30	76,6	95,0
55	67,0	82,7

почв (ПМ 45), в нарушенных дерново-глеевых почвах (ПМ 6) и сильно загрязнённых, переувлажнённых и перерытых почвах (ПМ 52). Одним из критериев техногенного загрязнения почвы служит увеличение в ней доли меланизированных грибов.

В семи из 11 проанализированных образцов данный показатель превышает 50%, что может свидетельствовать о наличии в почве каких-либо поллютантов, но не вскрывает их природу.

Для дифференцирования характера загрязнения необходимо проведение химического анализа. Достоинство микологического метода индикации состояния почвы как раз и состоит в том, что он позволяет оценить уровень загрязнения почвы до проведения дорогостоящих химических анализов и определить их первоочерёдность [6].

Результаты параллельного альгологического анализа показали, что в исследуемых почвах численность фототрофных микроорганизмов также колеблется в значительных пределах – от 440 тыс. до 4,6 млн. клеток в 1 г почвы (табл. 2).

Примечательно, что в разных почвах доминировали различные группировки фототро-

фов. Так, в антропогенно нарушенных почвах основной вклад в создание первичной продукции вносят эукариотные зелёные и диатомовые водоросли (ПМ 3, 6, 45, 52, 53, 39П). Максимум развития прокариотных фототрофов ЦБ наблюдается на тех участках, где доминируют меланинсодержащие грибы (коэффициент корреляции между этими группировками равен 0,75) (табл. 3).

При проведении альго-микологических анализов в 2012 г. отбор почвенных образцов проводился с девяти ПМ. Изучение количественных параметров микоценозов показало, что на исследуемых участках суммарная длина грибного мицелия колеблется от 28,6 до 390 м/г (табл. 4), при этом доминирование тёмноокрашенных форм микромицетов отмечено на ПМ 3, 17, 34, 36, 60. Максимальная величина этого показателя (73,1–74,9%) характерна для ПМ 17 и 36.

Сравнение структуры популяций микромицетов в почве четырёх ПМ (3, 17, 36 и 39П) показывает (табл. 5), что за 5 лет повысилась степень доминирования меланизированных микромицетов на трёх ПМ (3, 17, 36), при этом на двух ПМ (36 и 39П) произошло существенное снижение суммарной длины грибного ми-

Таблица 4

Микологические показатели состояния почв на площадках мониторинга (ПМ) в 2012 г.

Номер ПМ	Почва	Длина мицелия, м/г			Структура популяций, %	
		бесцветного	окрашенного	суммарная	БМ	ММ
3	Подзолистая антропогенно нарушенная	81,3 ± 16,0	85,1 ± 22,4	166,4 ± 38,4	48,8	51,2
17	Подзолистая	78,4 ± 3,2	212,8 ± 26,6	291,2 ± 31,8	26,9	73,1
34	То же	260 ± 50	130 ± 50	390 ± 100	40,1	59,9
36	То же	46,7 ± 10,9	139,2 ± 25,6	185,9 ± 36,5	25,1	74,9
39П	Антропогенно нарушенная подзолистая	21,4 ± 12,8	15,7 ± 2,6	37,1 ± 15,4	57,7	42,3
43	Дерново-подзолистая легко суглинистая	14,7 ± 2,9	10,6 ± 1,4	25,3 ± 4,3	58,1	41,9
54	Аллювиальная дерновая среднесуглинистая	220 ± 40	100 ± 0	320 ± 40	73,8	26,2
60	Дерново-подзолистая супесчаная	24,3 ± 4,8	26,9 ± 6,4	51,2 ± 11,2	47,5	52,5
84	Дерново-слабоподзолистая супесчаная	16,9 ± 6,4	11,7 ± 2,2	28,6 ± 8,6	59,0	41,0

Примечание: БМ – микромицеты с бесцветным мицелием, ММ – микромицеты с меланизированным мицелием.

Таблица 5

Сравнительная характеристика микоценозов почвы на площадках мониторинга (ПМ) в 2007 и 2012 гг.

Номер ПМ	Год	Длина мицелия, м/г	Микромицеты с бесцветным мицелием, %	Микромицеты с окрашенным мицелием, %
3	2007	143,0	77,9	22,1
	2012	166,4	48,8	51,2
17	2007	241,6	73,7	26,3
	2012	291,2	26,9	73,1
36	2007	814,8	41,0	59,0
	2012	185,9	25,1	74,9
39П	2007	157,3	56,3	43,7
	2012	37,1	57,7	42,3

Таблица 6

Показатели состояния фототрофных микробных комплексов почв на площадках мониторинга (ПМ) в 2012 г.

Номер ПМ	Численность клеток фототрофов, тыс./г			Всего
	Зелёные водоросли	Диатомеи	Цианобактерии	
3	400 ± 60	30 ± 0	2530 ± 400	2960 ± 460
17	450 ± 14	300 ± 16	–	750 ± 30
34	260 ± 50	130 ± 50	–	390 ± 100
36	380 ± 70	–	–	380 ± 70
39П	280 ± 70	100 ± 0	780 ± 100	1160 ± 170
43	270 ± 50	140 ± 50	500 ± 100	910 ± 200
54	220 ± 40	100 ± 0	970 ± 200	1290 ± 240
60	517 ± 40	280 ± 40	730 ± 130	1527 ± 210
84	730 ± 80	150 ± 50	530 ± 150	1410 ± 280

Примечание: «–» – данная группа фототрофов при прямом микроскопическом учёте не обнаружена.

Таблица 7

Сравнительная характеристика альгоценозов почвы на площадках мониторинга (ПМ) в 2007 и 2012 гг.

Номер ПМ	Год	Численность водорослей, тыс. кл./г	Численность цианобактерий, тыс. кл./г	Суммарная численность фототрофов, кл./г
3	2007	1597	–	1597
	2012	430	2530	2960
17	2007	900	2250	3150
	2012	750	–	750
36	2007	170	270	440
	2012	380	–	380
39П	2007	3263	930	4193
	2012	880	530	1410

Примечание: «–» – данная группа фототрофов при прямом микроскопическом учёте не обнаружена.

целия, что может быть связано с уменьшением количества попадающего в почву растительного опада.

В развитии фототрофных группировок выделяются следующие особенности (табл. 6): максимальные показатели обилия фототрофных популяций находятся на уровне 3 млн. кл./г почвы (ПМ 3), минимальные показатели колеблются от 380 тыс. до 750 тыс. кл./г; в почве трёх из девяти ПМ не обнаружены ЦБ; наиболее равномерный характер размножения фототрофов присущ зелёным водорослям.

Сравнение особенностей развития фототрофных популяций в разные годы (2007 и 2012) показывает, что во всех случаях, кроме почвенных образцов с ПМ 3, в 2012 г. наблюдается снижение суммарной численности фототрофов, особенно ярко выраженное на ПМ 17 и 39П (табл. 7).

Особенно нестабильным оказалось развитие ЦБ, хотя почвенные образцы были отобраны в благоприятные для размножения ЦБ

сроки (сентябрь), тем не менее зафиксировано их отсутствие на ПМ 17 и 36. В то же время на ПМ 3 численность популяций ЦБ превышает 2,5 млн. кл./г почвы, хотя в 2007 г. эта группа прокариотных водорослей на данном участке в сентябре не была выявлена при прямом микроскопическом учёте. Отсутствие ЦБ на определённых ПМ может быть как следствием затягивания хода сезонной сукцессии в данной почве, так и изменением экологических параметров почвы в сторону, неблагоприятную для ЦБ (величина рН, минимальное содержание фосфора и т. д.).

Сравнение характера развития фототрофных и грибных комплексов в подзолистой почве на ПМ 3, 17, 36, 39П в три срока наблюдения (2005, 2007 и 2012 гг.) показало, что за годы исследований минимальный микробный пул фототрофов практически не снизился (рис. 1), хотя динамика численности водорослей и ЦБ носит различный характер на разных ПМ. Резкое последовательное возрас-

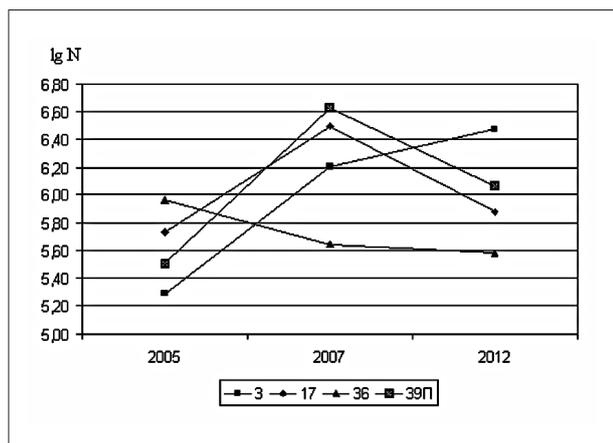


Рис. 1. Динамика численности фототрофных микроорганизмов в почве в зоне действия объекта хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский» в 2005–2012 гг. (3, 17, 36, 39П – площадки мониторинга)

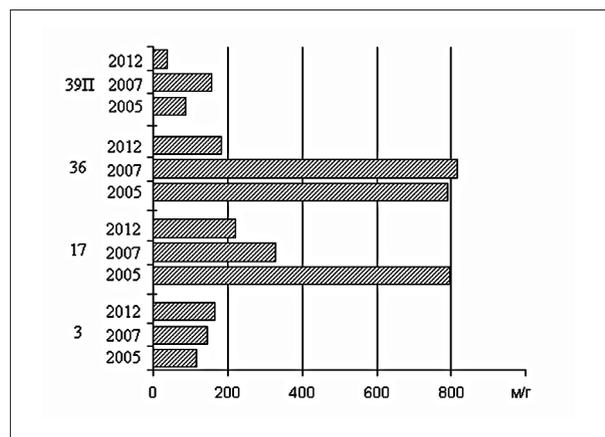


Рис. 2. Длина мицелия микромицетов в почве в зоне действия объекта хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский» в 2005–2012 гг. (3, 17, 36, 39П – площадки мониторинга)

тание фототрофных популяций произошло в почве ПМ 3 от 194 тыс. кл./г в 2005 г. до почти 3 млн. кл./г в 2012 г. На двух ПМ (17 и 39П) пик численности наблюдается в 2007 г., а на ПМ 36 происходит неуклонное снижение численности фототрофных популяций по годам.

Динамика развития грибной флоры, выраженная через длину мицелия, показывает относительную стабильность этого показателя на ПМ 3 при очень незначительной абсолютной суммарной длине мицелия – менее 200 м/г (рис. 2). В то же время на ПМ 17 и 36 в 2012 г. произошло существенное уменьшение этого показателя по сравнению с предыдущими годами. Для ПМ 39П характерны минимальные показатели длины мицелия, которые лежат в пределах 37–157 м/г.

Таким образом, изучение особенностей развития внутрипочвенных группировок микроорганизмов, включающих водоросли, ЦБ и микромицеты, показало, что за годы действия ОХУХО в целом не произошло катастрофического снижения плотности изучаемых микробных популяций. В то же время произошло существенное возрастание в структуре популяций микромицетов с меланизированным мицелием на ПМ 3, 17 и 36. Изменения наблюдаются в подзолистой антропогенно нарушенной почве ПМ 3, обусловленные стимуляцией размножения ЦБ, что привело к возрастанию общей численности фототрофов и увеличению длины мицелия.

Литература

1. Биоиндикаторы и биотестсистемы в оценке окружающей среды техногенных территорий / Под общ. ред. Т.Я. Ашихминой и Н.М. Алалыкиной. Киров: О-Краткое, 2008. 336 с.
2. Биологический мониторинг природно-техногенных систем / Под общ. ред. Т.Я. Ашихминой, Н.М. Алалыкиной. Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 2011. 388 с.
3. Домрачева Л.И., Ашихмина Т.Я., Дабах Е.В., Кондакова Л.В., Кантор Г.Я., Огородникова С.Ю., Варакина А.И. Микробиологические аспекты в экологическом мониторинге почв в районе объекта хранения химического оружия // Экология и биология почв: проблемы диагностики и индикации. Матер. междунар. научн. конф. Ростов-на-Дону. 2006. С. 158–161.
4. Домрачева Л.И. «Цветение» почвы и закономерности его развития. Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 2005. 336 с.
5. Кондакова Л., Домрачева Л., Дабах Е., Плетнёва А. Принципы диагностики состояния почвы с использованием количественных характеристик альгомикологических комплексов // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. 2008. № 6. С. 12–15.
6. 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.

СОСТОЯНИЕ РАБОТ ПО УНИЧТОЖЕНИЮ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ В КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

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

В соответствии с федеральной целевой программой «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» боевые отравляющие вещества на объекте «Марадыковский» должны быть полностью утилизированы к 31 декабря 2015 года.

В 1998 году Кировская область приступила к решению проблемы уничтожения химического оружия, правительством области были определены приоритетные направления при эксплуатации объекта уничтожения химического оружия (УХО). К ним отнесено обеспечение экологической безопасности для окружающей среды и населения, а также охрана здоровья граждан, проживающих и работающих в районе хранения и уничтожения химического оружия.

За период эксплуатации объекта «Марадыковский» с 2006 г. уничтожено более 90% всех хранящихся на территории области запасов химического оружия, в том числе полностью уничтожены зарин – 232,595 т и ипритно-люизитная смесь – 150,059 т. Боеприпасы с отравляющим веществом Ви-икс уничтожены на 99,38%, или 4546,741 т. В настоящее время на объекте осуществляется уничтожение боеприпасов с зоманом, уничтожено, на конец декабря 2012 г., более 1303,9 т зомана, или более 66 %.

В процессе уничтожения используются высокоэффективные и надёжные системы производственного контроля и экологического мониторинга окружающей среды.

С участием специалистов области разработана уникальная трёхуровневая система государственного экологического контроля и мониторинга, которой ранее не было в России.

Контроль состояния окружающей среды в 2012 г. осуществлялся в соответствии с регламентом контроля источников загрязнения на объекте «Марадыковский» и проведения мониторинга окружающей среды в санитарно-защитной зоне и в зоне защитных мероприятий.

По данным Регионального центра государственного экологического контроля и мониторинга по Кировской области, в 2012 году спе-

циалистами центра было проведено комплексное обследование более 300 точек экологического мониторинга, проведены исследования 772 проб компонентов окружающей среды и выполнено более 4000 определений. Результаты производственного контроля и государственного экологического контроля и мониторинга показывают, что за всё время работы объекта случаев превышения установленных для объекта экологических нормативов и качества окружающей среды на объекте не зафиксировано.

При реализации программы уничтожения химического оружия ведётся непрерывный мониторинг здоровья обслуживающего персонала и населения, проживающего в зоне защитных мероприятий объекта «Марадыковский».

Всего в зоне защитных мероприятий объекта «Марадыковский» за 2005–2012 гг. было обследовано больше 7,5 тыс. человек.

За период с 2005-го по 2011 г. было проведено комплексное обследование 3420 детей в возрасте от 2 до 16 лет, в том числе в пгт Оричи – 1690 детей, в пгт Мирный – 432 ребёнка и в г. Котельниче и Котельничском районе – 1298 детей.

Научно-исследовательский центр Федерального медико-биологического агентства России продолжил работу по ведению и пополнению базы данных Единой системы медицинского мониторинга при хранении, перевозке и уничтожении химического оружия (ЕСММ). На 01.06.2012 на учёте в ЕСММ состоит 15817 граждан Кировской области.

Главный вывод, который делают учёные-экологи и медики объект хранения и уничтожения не оказывает воздействия на окружающую среду и население области.

Кроме того, в 2011–2012 гг. специалистами Регионального центра государственного экологического контроля и мониторинга по Кировской области совместно с учёными лаборатории биомониторинга Вятского государственного гуманитарного университета начата работа по проведению «фонового» мониторинга состояния окружающей среды в Вятско-Полянском районе Кировской области, территория которого вошла в зону защитных мероприятий (ЗЗМ) объекта уничтожения химического оружия «Кизнер» Удмуртской Республики.

Всего в ЗЗМ объекта «Кизнер» входит 23,3 км² территории Вятскополянского района Кировской области, включая участок от железной дороги на северо-запад площадью 16,5 км² и участок в северо-восточной части от пос. Елох до границы с Удмуртской Республикой площадью 6,8 км². Населённых пунктов на этой территории Вятскополянского района Кировской области нет. В рамках экологического мониторинга данной территории определены участки мониторинга, включающие ближайшие населённые пункты это д. Балдейка и д. Кочетло Удмуртской Республики и три контрольные площадки на р. Люга на территории Вятско-Полянского района Кировской области.

Результаты экологического мониторинга докладывались в 2012 г. на заседании антитеррористической комиссии Кировской области, а также на заседании областной комиссии по вопросам уничтожения химического оружия. Отмечено, что воздействие объекта хранения химического оружия на объекте «Кизнер» (объект уничтожения находится в стадии строительства) на природный комплекс территории Вятско-Полянского района Кировской области не проявляется.

Объём финансирования на строительство социальных объектов в Кировской области в рамках реализации ФЦП «Уничтожение запасов химического оружия в РФ» составляет 2113,1 млн. рублей. Всего в перечень строящихся социальных объектов включено 24 объекта, на начало 2012 года освоено 1787,02 млн. рублей.

В 2012 г. закончено строительство полигона твёрдых бытовых отходов для пгт Оричи, из 24 объектов завершено строительство и введено в эксплуатацию 23 объекта на сумму 2052,4 млн. рублей.

В соответствии с утверждённым планом передачи объектов социальной и инженерной инфраструктуры из федеральной собственности в муниципальную к настоящему времени передано три объекта. По семи объектам направлен пакет документов для учёта в реестре Росимущества Кировской области. На 2013 год запланировано к передаче 9 объектов, на 2014 год – 1 объект и в 2015 планируется передать 2 объекта. По двум объектам «Реконструкция средней школы в пгт Мир-

ный» и «Реконструкция дорожного полотна улиц в пгт Оричи и Мирный» не определён порядок государственной регистрации права.

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

Установлено оперативное взаимодействие правительства Кировской области с Департаментом реализации конвенционных обязательств Минпромторга России и Федеральным управлением по безопасному хранению и уничтожению химического оружия. Информация о всех планируемых работах на объекте хранения и уничтожения федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия своевременно поступает в правительство Кировской области.

Кроме того, в тесном контакте с Департаментом реализации конвенционных обязательств Минпромторга России осуществляется передача в муниципальную собственность построенных за счёт ФЦП социальных объектов, а также решаются вопросы организации строительства целлюлозно-бумажного комбината на базе имущественного комплекса объекта «Марадыковский» в Кировской области.

*М. Г. Манин,
начальник Управления конвенциальных проблем правительства
Кировской области*

ПОДГОТОВКА ИНЖЕНЕРОВ-ЭКОЛОГОВ ДЛЯ РАБОТЫ НА ОБЪЕКТАХ ПО УНИЧТОЖЕНИЮ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

В 1997 году Российская Федерация ратифицировала Конвенцию о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и его уничтожении. Поэтому перед нашей страной встала задача уничтожения запасов имеющегося химического оружия, которая является сложной химико-технологической и экологической проблемой.

Объекты по безопасному хранению и уничтожению химического оружия относятся к потенциально опасным объектам. Создание таких объектов с нулевым риском, как и других сложных химико-технологических объектов, невозможно, и вероятность аварий всегда остаётся. В случае аварии в объекты окружающей природной среды может поступить большое количество токсичных химикатов, что приведёт к поражению людей, заражению обширных территорий и потребует значительных затрат на ликвидацию последствий аварий.

В связи с этим встает проблема подготовки военных специалистов в области экологического обеспечения процессов хранения и уничтожения химического оружия. В военной академии войск РХБЗиИВ им. Маршала Советского Союза С.К.Тимошенко осуществляется подготовка инженеров-экологов по специальности «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов».

В процессе обучения курсанты изучают блок дисциплин экологической направленности. К ним относятся «Общая экология», «Промышленная экология», «Основы экологического обеспечения процессов хранения и уничтожения химического оружия», «Безопасность жизнедеятельности», «Средства и методы экологического мониторинга объектов по уничтожению химического оружия», «Основы управления воздействием на окружающую среду» и другие.

Такая дисциплина, как «Основы экологического обеспечения процессов хранения и уничтожения химического оружия», является одной из основных специальных дисциплин, формирующих профессиональные знания инженера-эколога в области охраны окружающей среды при воздействии на неё факторов антропогенного характера.

Предметом дисциплины является изучение теоретических основ организации и функ-

ционирования экологического мониторинга, а также технических средств химико-аналитического контроля, используемых для обеспечения экологической безопасности на объектах хранения и уничтожения химического оружия и при повседневной деятельности войск.

Основной целью изучения дисциплины является формирование у обучаемых твёрдых знаний, умений и навыков, необходимых инженерам-экологам по их должностному предназначению.

Достижение цели изучения дисциплины осуществляется в ходе проведения лекционных, групповых, практических занятий и лабораторных работ с использованием новых форм и методов обучения, электронно-вычислительной техники, новейших технических средств химико-аналитического контроля и другого аппаратного и технологического оборудования.

В результате изучения дисциплины курсанты знакомятся со структурой и основными принципами функционирования объектов по уничтожению химического оружия как источников загрязнения окружающей среды, с путями развития современных методов защиты окружающей среды от промышленных выбросов.

Кроме того, курсанты изучают теоретические основы организации и функционирования многоуровневого экологического мониторинга на объектах по уничтожению химического оружия, основные методы контроля состояния окружающей среды мест хранения и уничтожения химического оружия, назначение, принцип действия, технические характеристики, устройство приборов химико-аналитического контроля, используемых при организации экологического мониторинга, принципы организации экологического мониторинга мест дислокации войсковых частей и объектов по уничтожению химического оружия.

На базе Военной академии войск РХБЗиИВ ежегодно проводится межвузовский конкурс на лучшую научную работу среди слушателей и курсантов МО РФ по разделу «Радиационная, химическая и биологическая защита. Экологическое обеспечение жизнедеятельности войск и населения», в котором принимают участие военные вузы России. Курсан-

ты нашей академии ежегодно занимают призовые места и награждаются премиями Министра обороны РФ для поддержания талантливой молодёжи.

Будущие инженеры-экологи также активно участвуют и в научной работе, темы которой тесно связаны с экологическими проблемами процессов хранения и уничтожения химического оружия. Большинство научных работ связано с изучением путей распространения суперэкоотоксикантов (в том числе и фосфорорганических соединений) в окружающей среде в результате возможных аварийных ситуаций на объектах по уничтожению химического оружия. Результаты научных исследований неоднократно докладывались на научных конференциях, в том числе на региональном этапе научной молодёжной конференции «Шаг в будущее»

В конце обучения курсанты академии проходят производственную практику на объектах по уничтожению химического оружия (объекты в г. Щучье Курганской обл., п. Мардыковский Кировской обл., п. Кизнер Удмуртской Республики, п. Леонидовка Пензенской обл., г. Почеп Брянской обл.), где они знакомятся с производством, выполняют обязанно-

сти персонала объекта, согласно их будущей квалификации.

Темы дипломных работ курсантов, обучающихся по данной специальности, также связаны с экологическими проблемами процесса уничтожения химического оружия. Всё это позволяет подготовить высококвалифицированных специалистов в области экологического обеспечения процессов хранения и уничтожения химического оружия, которые в дальнейшем проходят службу на этих объектах.

Таким образом, тесное сотрудничество производства и военной вузовской науки позволяет эффективно решать задачи экологической безопасности персонала и населения, проживающего в районах расположения объектов по уничтожению химического оружия.

*А. Н. Бакин, БриД начальника академии,
Н. М. Кебец, д.б.н., профессор,
А. П. Синькелев, к.т.н., доцент,
А. П. Кебец, д.с-х. н., профессор,
Военная академия войск радиационной,
химической и биологической защиты
и инженерных войск
им. Маршала Советского Союза
С. К. Тимошенко*

X ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ «БИОДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ И ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ»

4-5 декабря 2012 г. в Вятском государственном гуманитарном университете состоялась юбилейная всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем». Конференция была проведена при поддержке Вятского государственного гуманитарного университета, Института биологии Коми НЦ УрО РАН и филиала Кирово-Чепецкого химического комбината ОАО «ОХК «УРАЛХИМ».

В работе конференции приняли участие 218 человек, из них 35 – из других городов России (Екатеринбург, Красноярск, Курган, Москва, Нижний Новгород, Новосибирск, Обнинск, Пермь, Санкт-Петербург, Саранск, Саратов, Стерлитамак, Сыктывкар, Тула, Уфа). На конференцию поступили материалы из Казахстана, Латвии, Беларуси, Молдовы, Таджикистана, что позволило придать статус конференции с междуна-

родным участием. Традиционно среди участников конференции наиболее многочисленной была делегация сотрудников Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Всего в оргкомитет конференции поступило 160 статей, которые вошли в сборник материалов конференции, опубликованный в двух частях.

В работе конференции приняли участие представители академических институтов различных отделений РАН: Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН, Ботанический сад УрО РАН, Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Институт геологии и природопользования ДВО РАН, Институт геологии и природопользования Дальневосточного отделения РАН. В работе конференции приняли участие научные сотрудники НИИСХ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого Россельхозакадемии,

Всероссийского научно-исследовательского института охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б. М. Житкова и Института химии им. В. И. Никитина АН Республики Таджикистан. В адрес оргкомитета конференции поступили материалы из 26 вузов России и ближнего зарубежья: Башкирский государственный университет, Белорусский государственный университет, Вятский государственный гуманитарный университет, Вятская государственная сельскохозяйственная академия, Вятский государственный университет, Латвийский сельскохозяйственный университет, Марийский государственный университет, МГУ им. М. В. Ломоносова, Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, Обнинский институт атомной энергетики, Петрозаводский государственный университет, Институт развития образования Кировской области, Приднестровский государственный университет им. Т. Г. Шевченко, Казахский национальный университет им. Абая, Кировская государственная медицинская академия, Самарский государственный университет, Сибирский федеральный университет, Сыктывкарский государственный университет, Тульский государственный университет, Северный (Арктический) федеральный университет, Пермский национальный политехнический университет, ИАТЭ НИЯУ МИФИ, ФГКУ «33 ЦНИИИ» МО РФ, Уфимский государственный нефтяной технический университет. В работе конференции приняли участие представители природоохранных организаций Государственный природный заповедник «Нургуш», Департамент экологии и природопользования Кировской области, Уральский филиал ФГУП «Госрыбцентр», Региональный центр государственного экологического контроля и мониторинга по Кировской области, Региональный центр по обеспечению государственного экологического контроля и мониторинга объектов хранения и уничтожения химического оружия по Курганской области.

Открытие конференции состоялось 5 декабря 2012 г. С приветствием к участникам конференции обратились ректор Вятского государственного гуманитарного университета В. Т. Юнгблюд, который отметил значимость для биологической науки и региона проводимых на протяжении десяти лет все-

российских научных конференций по экологии, многие вопросы, обсуждаемые на данных конференциях имеют важное практическое значение, в том числе и для решения экологических проблем на территории Кировской области.

Сразу после приветствия ректора состоялся Открытый диалог «Актуальные вопросы региональной экологии в преддверии Всероссийского года окружающей среды», организатором и ведущим которого была известный и уважаемый в Кировской области эколог, д.т.н., профессор Т. Я. Ашихмина. В работе Открытого диалога приняли участие руководители природоохранных служб и организаций: Управления Росприроднадзора по Кировской области, Западно-Уральского управления Ростехнадзора по Кировской области, Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Кировской области, Кировского областного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Департамента экологии и природопользования по Кировской области, Камское бассейновое водное управление, Управление конвенциональных проблем администрации Правительства Кировской области, члены комиссии по экологии и охране окружающей среды Общественной Палаты Кировской области.

Открытый диалог был посвящён предстоящему всероссийскому «Году охраны окружающей среды». Руководители органов власти, природоохранных служб и ведомств ответили на вопросы, касающиеся экологических проблем региона, стратегической политики администрации Кировской области в среде природопользования, о путях интеграции экологии и экономики, о том, какими событиями и природоохранными мероприятиями будет знаменателен этот год для нашего региона. Между участниками диалога развернулся активный разговор о том, как добиться согласия бизнеса и власти с природой, какие меры должны быть приняты для достижения основной цели – сохранения высокого качества окружающей среды в районах деятельности химически опасных производств и объектов к каким относятся в нашем регионе Кирово-Чепецкий химический комбинат и объект уничтожения химического оружия «Марадыковский», как добиться, чтобы в хозяйственной деятельности работал принцип «устранение первопричин загрязнения, а не последствий».

Наряду с региональными проблемами участниками диалога обсуждались и вопросы глобальной экологии об изменении климата на нашей планете, о причинах глобального потепления, о том, что сегодняшнее население Земли представляет собой общество суперпотребителей, ежегодно на каждого жителя затрачивается 20 т сырья, большая часть которого (до 97%) идёт в отходы.

В завершении диалога было отмечено, что окружающая нас среда – земля, вода, воздух не обладают бесконечным иммунитетом, требуется грамотное и ответственное отношение к природным ресурсам планеты, к сохранению природного равновесия как в локальном, так и в глобальном масштабе. Общество должно относиться к природе не как её хозяин и властелин, а как заботливый, рачительный хозяин своего Дома.

С докладами на пленарном заседании выступили д.м.н., профессор кафедры медико-биологических дисциплин Вятского государственного гуманитарного университета В. А. Оборин – «Возможности и перспективы изучения мембрано-повреждающего действия различных наночастиц в отношении эритроцитов млекопитающих», начальник объекта по хранению и уничтожению химического оружия «Марадыковский» Ю. В. Новойдарский – «Организация системы производственного экологического мониторинга атмосферного воздуха в районе размещения объекта по хранению и уничтожению химического оружия», председатель комитета Законодательного собрания по экономическому развитию, промышленности и предпринимательства, президент некоммерческого партнёрства «Биотехнологический кластер Кировской области» В. Н. Туруло – «Современные тенденции в решении проблем урбанизации».

Работа конференции включала 5 секций: «Фитоиндикация состояния природных экосистем»; «Зооиндикация состояния природных экосистем»; «Экология организмов и механизмы их адаптации к среде обитания»; «Мониторинг и геоэкологическая оценка природно-техногенных территорий», «Методы биоиндикации и биотестирования в оценке качества окружающей среды».

Секция 1. «Фитоиндикация состояния природных экосистем» (руководители – д.б.н. Н. П. Савиных, д.б.н. А. И. Видякин). На секции присутствовали 39 человек из Сыктывкара, Стерлитамака, Красноярска, Кур-

гана, Кирова и Кировской области, было представлено 9 докладов. Доклады были посвящены изучению флоры и растительности особоохраняемых природных территорий, водных экосистем, вопросам фитоиндикации наземных экосистем, интродукции растений.

Секция 2. «Зооиндикация состояния природных экосистем» (руководители – к.б.н. С. В. Пестов, с.н.с. Л. Г. Целищева). В работе секции приняли участие 27 человек из разных организаций: Государственный природный заповедник «Нургуш», Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкарский государственный университет, Региональный центр государственного экологического контроля и мониторинга по Кировской области, Региональный центр государственного экологического контроля и мониторинга по Курганской области, Вятский государственный гуманитарный университет, Вятская государственная сельскохозяйственная академия. На секции было представлено 17 докладов, из них достаточно большая серия докладов, посвящённых изучению энтомофауны и ихтиофауны государственного природного заповедника «Нургуш», рассмотрены вопросы динамики численности мелких млекопитающих в условиях трансформации северных ландшафтов, приведены результаты изучения трофических связей лесной куницы, чешуекрылых урбанизированных ландшафтов и влияния погодно-климатических факторов на повреждение рябины вредителями и болезнями.

Секция 3. «Экология организмов и механизмы их адаптации к среде обитания» (руководители – д.б.н. И. Г. Широких, к.б.н. Е. А. Домнина). В работе секции приняли участие 32 человека из разных городов (Сыктывкар, Пермь, Москва, Тирасполь, Киров). Было представлено 13 устных докладов, которые посвящены изучению ответных реакций живых систем и механизмов адаптации живых организмов к действию широкого спектра неблагоприятных факторов (УФ-воздействие, загрязнение тяжёлыми металлами, фосфор- и фторорганическими соединениями, пестицидами и т. д.).

Секция 4. «Мониторинг и геоэкологическая оценка природно-техногенных территорий» (руководители – д.т.н. Т. Я. Ашихмина, к.т.н. Г. Я. Кантор, к.б.н. Е. В. Дабах). На секции присутствовали 37 человек из Екатеринбурга, Владикавказа, Сыктывкара, Санкт-Петербурга, Кирова. Было пред-

ставлено 17 докладов, которые посвящены изучению природных сред и объектов в условиях техногенного загрязнения. Особое внимание было уделено методам оценки состояния природно-техногенных территорий (физико-химические, биологические и ГИС-технологии). Много докладов было посвящено изучению природных сред в зоне влияния крупных промышленных предприятий Кировской области. На секции представлены результаты исследований по разработке баз данных зелёных насаждений городов.

Секция 5. Методы биоиндикации и биотестирования в оценке качества окружающей среды (руководители – д.б.н. Л. И. Домрачева, к.б.н. Л. В. Кондакова). В работе секции приняло участие 58 человек из Сыктывкара, Владикавказа, Красноярска, Кургана, Тулы, Кирова. Всего участниками секции было сделано 20 докладов. Тематика докладов была посвящена апробации, разработке и применению методов биоиндикации и биотестирования природных сред. Все представленные работы включали большой экспериментальный материал. Особого внимания заслуживают исследования, выполненные представителями Тульского государственного университета, по разработке новых биосенсоров для целей биодиагностики.

На заключительном заседании участники конференции отметили высокий уровень представленных на секциях докладов, активность молодых учёных, аспирантов. Ежегодно на конференцию поступает большое количество материалов из разных регионов России, приезжают экологи, преподаватели вузов и научные сотрудники с целью обмена опытом, планирования совместных исследований. Оргкомитет конференции поблагодарил участников за работу на конференции и пригласил всех принять участие в 2013 г. в традиционной XI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем», которая традиционно состоится в конце ноября 2013 г.

*Сопредседатель оргкомитета конференции, д.т.н., профессор, зав. лабораторией биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ
Т. Я. Ашихмина.*

*Ответственный секретарь оргкомитета конференции, к.б.н., с.н.с. лаборатории биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ
С. Ю. Огородникова*

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ УНИЧТОЖЕНИИ, ХРАНЕНИИ И ТРАНСПОРТИРОВКЕ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ (ШЕСТАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ)

4-5 октября 2012 года в Москве в Федеральном управлении по безопасному хранению и уничтожению химического оружия состоялась шестая научно-практическая конференция «Научно-технические аспекты обеспечения безопасности при уничтожении, хранении и транспортировке химического оружия». В работе конференции приняли участие более 150 учёных и специалистов из 33 организаций и учреждений различных регионов России, представители федеральных и региональных органов исполнительной власти Российской Федерации, Российской академии медицинских наук и средств массовой информации, в том числе 14 докторов и 32 кандидата наук.

В приветственном слове к участникам конференции В. И. Холстова, директора Де-

партаментации реализации конвенционных обязательств Министерства промышленности и торговли РФ, было отмечено, что конференция проходит в год 20-летия Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия. За этот период сделано очень много, и этим действительно можно гордиться, но останавливаться пока рано, так как впереди предстоит выполнить последний, не менее сложный, а по отдельным показателям более трудный четвёртый этап программы уничтожения запасов химического оружия в Российской Федерации – этап окончательного избавления Отечества от химического оружия.

На пленарном заседании конференции было заслушано 6 докладов, работали две секции: «Технологические аспекты и проблемы

промышленной безопасности при уничтожении, хранении и транспортировке химического оружия» и «Медико-экологические аспекты уничтожения химического оружия и детоксикации отравляющих веществ», на которых с докладами выступили 20 участников конференции.

Все заслушанные доклады на конференции представляли интерес для науки, обладали значительной новизной и актуальностью, имели важный прикладной характер. В большинстве докладов было отмечено, что в ходе проведенных НИОКР было создано уникальное технологическое оборудование и безопасные, эффективные технологии уничтожения ХО, разработаны и реализуются системы промышленной и экологической безопасности и мониторинга окружающей среды, технические средства контроля содержания ОВ в природных средах. Создана методическая база химического разоружения, разработаны нормы и правила осуществления санитарно-эпидемиологического контроля, а также технологии ликвидации предприятий по бывшему производству ОВ и объектов по разработке химического оружия. Данные научные достижения способствуют успешной реализации федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» на всех этапах её выполнения.

По итогам конференции были отмечены наиболее значимые доклады: «Повышение надёжности и безопасности процесса термического обезвреживания жидких отходов детоксикации отравляющих веществ», докладчик И. Г. Епишин; «Новые высокотехнологичные сорбенты и сорбенты-биодеструкторы на основе гуминовых кислот в качестве средств ремедиации и рекультивации загрязнённых почв», докладчик А. В. Соснов;

«Система производственного экологического контроля и мониторинга на объекте «Марадыковский» Кировской области», докладчик Ю. В. Новойдарский; «Предсказание значений хроматографических характеристик О-алкилалкилфторфосфонатов по экспериментальным данным для родственных соединений», докладчик Ю. В. Ткачук; «Экспериментальное обоснование применения блокаторов глутаматных рецепторов в схемах терапии органофосфат-индуцированного судорожного синдрома», докладчик С. Н. Субботина; «Обоснование перспективности создания биосенсора для мониторинга атмосферного воздуха на содержание соединений антихолинэстеразного действия в следящем режиме на основе холинэстеразы с флуорогенной меткой», докладчик Д. К. Гуликова.

С заключительным словом выступил заместитель начальника федерального управления по технологии и производству В. Г. Мандыч, который отметил, что цель конференции достигнута. Конференция позволила обобщить научно-практический опыт проведения работ по уничтожению химического оружия и проанализировать проблемные вопросы, возникающие при обеспечении безопасности хранения, транспортировки и уничтожения химического оружия, выработать пути и методы их решения. На четвёртом завершающем этапе от фундаментальной и прикладной науки в области химического разоружения ожидаются новые научные достижения и открытия.

*А. Кармишин, заместитель начальника
НИЦ по НИР,
Т. Я. Ашихмина, д.т.н., профессор,
зав. лабораторией биомониторинга
Института биологии Коми НЦ УрО РАН
и ВятГГУ*

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

К публикации принимаются статьи в соответствии с тематикой журнала, объемом (включая подписи к рисункам, таблицы, аннотацию и список литературы) до 16 машинописных страниц.

В предлагаемых для публикации научных статьях должны содержаться обоснование актуальности, четкая постановка целей и задач исследования, методика, результаты и их обсуждение, заключение или выводы.

Заглавие должно быть кратким (8–10 значащих слов), информативным и по возможности точно отражать содержание статьи. Статья должна иметь индекс УДК. К статье прилагается аннотация на русском и английском языках (объемом до 400 знаков). В английском переводе перед текстом аннотации помещается английское название статьи: инициалы и фамилия автора в английской транскрипции, название учреждения и почтовый адрес на английском языке.

Все материалы должны быть набраны в текстовом редакторе Word книжным шрифтом (14 кегль) с одной стороны листа бумаги стандартного формата (А4). На странице рукописи должно быть не более 30 строк, отпечатанных через 1,5 интервала, в каждой строке не более 65 знаков, включая пробелы между словами. Все поля рукописи должны быть не менее 20 мм. Размер абзацного отступа – 5 знаков.

Ссылки на литературу даются цифрами в квадратных скобках по порядку упоминания в тексте.

Список литературы прилагается в конце статьи. Приводятся фамилии всех авторов и полное название цитируемой работы. Следует строго соблюдать следующий порядок библиографического описания.

Для журнальных статей:

1. Кабиров Р.Р., Сагитова А.Р., Суханова Н. В. Разработка и использование многокомпонентной тест-системы для оценки токсичности почвенного покрова городской территории // Экология. 1997. № 6. С. 408–411.

2. Gautret P., De Wit R., Camoin G., Golibic S. Are environmental conditions recorded by the organic matrices associated with precipitated calcium carbonate in cyanobacterial microbialites? // Geobiology. 2006. V. 4. № 2. P. 93–107.

Для сборников научных трудов, материалов конференций и тезисов докладов:

1. Левин С.В., Гузев В.С., Асеева И.В., Бабьева И.П., Марфенина О.Е., Умаров М.М. Тяжелые металлы как фактор антропогенного воздействия на почвенную микробиоту // Микроорганизмы и охрана почв. М.: Изд-во МГУ, 1989. С. 5–46.

2. Мишарин С.И., Колесниченко А.В., Антипина А.И., Войников В.К. Влияние низких температур на синтез белков озимой ржи и пшеницы // 2-й Съезд Всерос. о-ва физиологов раст.: Тез. докл. Ч. 2. М. 1992. С. 139.

3. Ханисламова Г.М. Использование коллембол для лабораторной оценки токсичности загрязняющих почву соединений // Проблемы охраны окружающей среды на Урале. Уфа. 1995. С. 152–157.

Для авторефератов диссертаций:

1. Ступникова И.В. Термостабильные белки злаков в период низкотемпературной адаптации: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Иркутск: СИФИБР СО РАН. 2001. 20 с.

Для монографий:

1. Гублер Е.В., Генкин А.А. Применение непараметрических критериев статистики в медико-биологических исследованиях. Л.: Медицина, 1973. 141 с.

Таблицы не должны быть громоздкими. Каждая таблица должна иметь порядковый номер и название. Табличный материал приводится в тексте. Нумерация таблиц сквозная. Не следует повторять и пересказывать в тексте статьи цифры и данные, приведенные в таблицах.

Рисунки предоставляют с приложением подрисовочных подписей для всех рисунков на отдельной странице. Рисунки снабжаются всеми необходимыми цифровыми или буквенными обозначениями, пояснениями в подписях к ним. На обороте каждого рисунка карандашом указывается его номер и фамилия авторов.

Иллюстративные материалы выполняются в программах Corel DRAW, Adobe Photoshop, Adobe Illustrator. Электронный вариант каждой таблицы и рисунка записывается в отдельный файл в формате программы,

в которой они были созданы. Подписи к иллюстрациям следует давать отдельным списком.

Фотоснимки (размером не менее 9x12 см) представляются с чётким контрастным изображением и хорошо проработанными деталями. На обороте иллюстрации необходимо указать фамилию автора, название статьи и номер рисунка. Ксерокопии не принимаются.

Направляемая в редакцию статья должна быть подписана всеми авторами с указанием фамилии, имени и отчества (полностью) и содержать следующие данные: наименование организации, в которой выполнена работа, должность, учёная степень и звание, почтовый адрес, телефоны (рабочий и домашний), факс, адрес электронной почты автора (соавторов), отпечатанные на отдельном листе. В названиях учреждений не следует использовать

сокращения. Для публикации представляется электронный вариант (на магнитном носителе или пересылкой по электронной почте) и распечатка статьи в 2 экземплярах. К статье прилагается экспертное заключение о возможности публикации материалов в открытой печати. При несоблюдении этих требований статья не рассматривается редакцией и возвращается авторам на доработку.

Статьи проходят обязательное рецензирование. Решение о принятии их для публикации в журнале принимается на заседании редколлегии.

Экземпляр журнала с опубликованной статьёй авторам не высылается и распространяется только по подписке. Гонорар не выплачивается. Электронный вариант и бумажная копия статьи автору не возвращаются.

**Ю. В. НОВОЙДАРСКИЙ «ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА НА ОБЪЕКТЕ
“МАРАДЫКОВСКИЙ” КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ», С. 56**

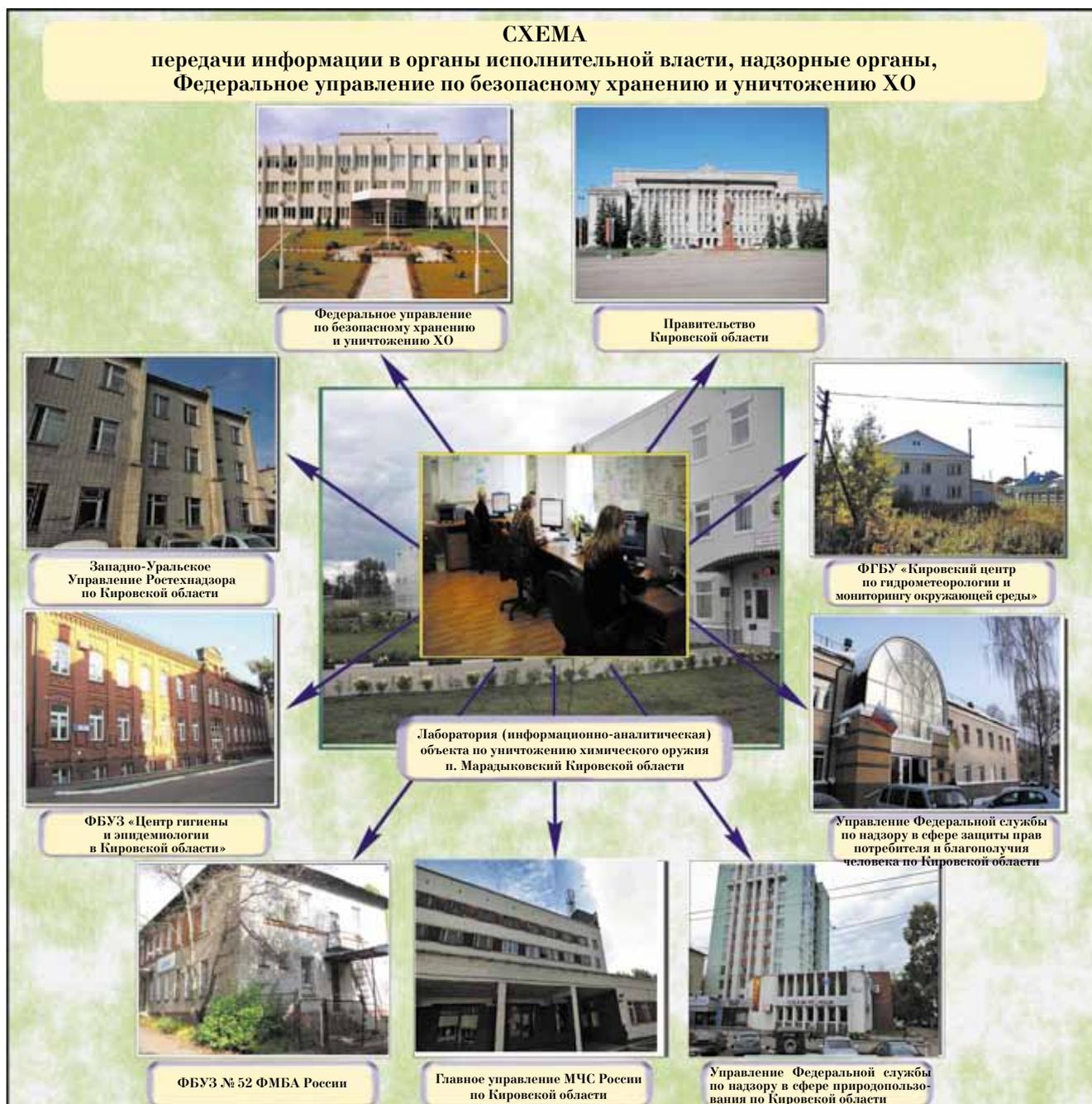


Рис. 10. Схема передачи данных в надзорные органы

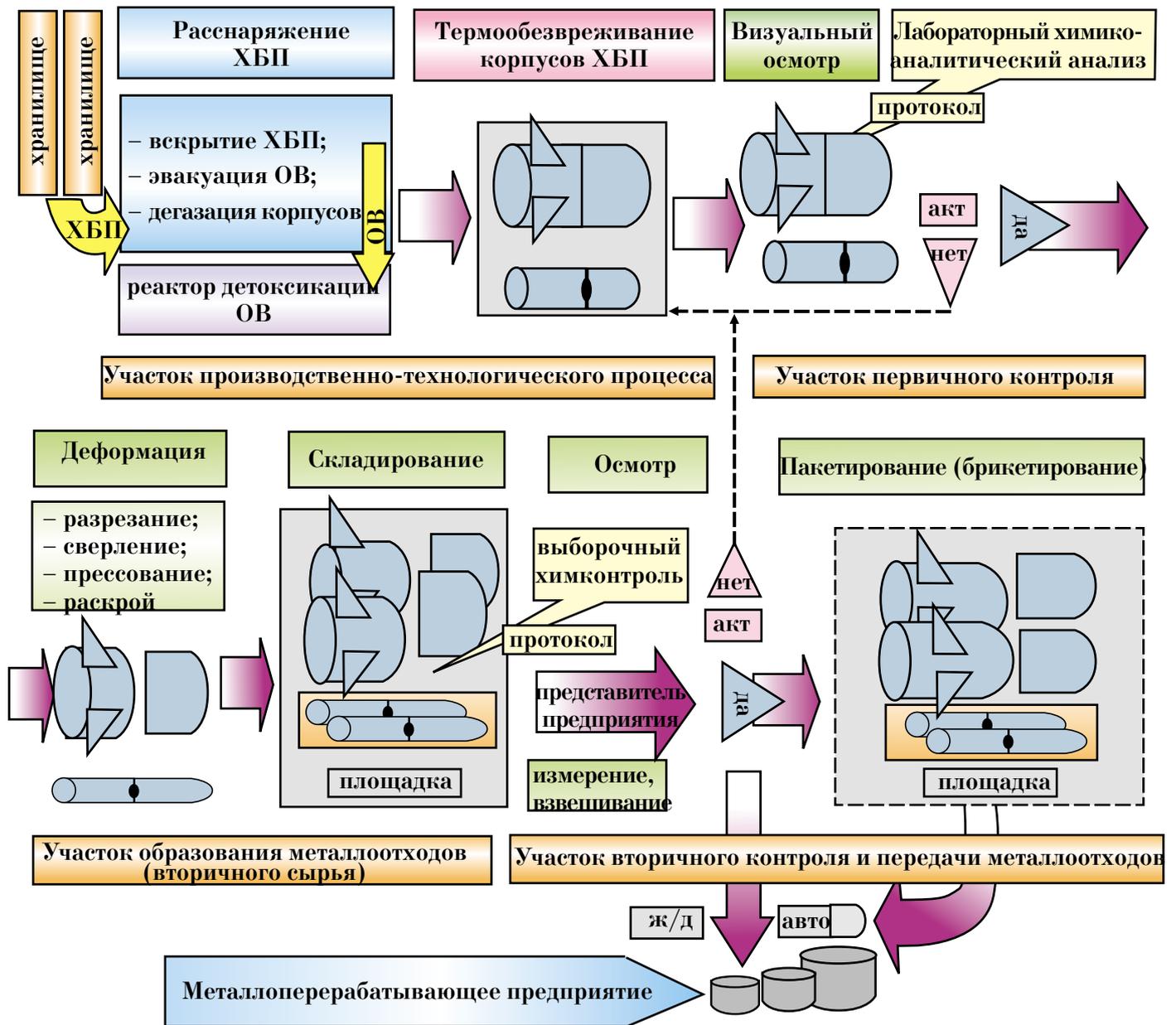


Рисунок. Принципиальная схема безопасных условий передачи металлоотходов с объектов по хранению и уничтожению химического оружия на металлоперерабатывающие предприятия

В 2013–2015 годах предстоит завершить последний, не менее сложный, а по отдельным показателям более трудный, четвёртый этап программы уничтожения запасов химического оружия в Российской Федерации – этап окончательного избавления Отечества от химического оружия.



Кадровый потенциал Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия и объектов в регионах, знания и накопленный опыт, новые технологии позволят успешно завершить выполнение Российской Федерацией международных обязательств в области химического разоружения.

Одними из важнейших приоритетов в работе в предстоящий период являются научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки в интересах вывода объектов по уничтожению химического оружия из эксплуатации и выработка предложений по их перепрофилированию.



**X ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ «БИОДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ
И ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ», С. 82**

