



Теоретическая и прикладная ЭКОЛОГИЯ

№ 1, 2010

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 Российской академии государственной службы при Президенте РФ, лауреат Государственной премии РФ

Зам. главного редактора

А.И. Таскаев, к.б.н., зам. председателя Президиума Коми НЦ УрО РАН, директор Института биологии Коми НЦ УрО РАН

Зам. главного редактора

И.Г. Широких, д.б.н., зав. лабораторией генетики ГУ Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого РАСХН

Ответственный секретарь

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

Журнал издаётся при поддержке Министерства промышленности и торговли РФ, ФГУ Государственный научно-исследовательский институт промышленной экологии в рамках ФЦП «Уничтожение запасов химического оружия в РФ»

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

Подписной индекс 82027, 48482 в каталоге Агентства «Роспечать»

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

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

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

Подготовлен к печати в издательстве ООО «О-Кратков» 610020, г. Киров, Динамовский проезд, д. 4, оф. 3
Тел./факс (8332) 32-28-39. E-mail: okrat@okrat.ru

Оригинал-макет, дизайн – Татьяна Коршунова, Денис Бельский
Фото на обложке – Юрий Букин
Перевод – Ирина Кондакова
Выпускающий редактор – Мария Зелаева
Главный редактор издательства «О-Кратков» Евгений Дрогов

Подписано в печать 20.03.2010. Формат 60x84 $\frac{1}{2}$. Печать офс. Бумага офс. Усл.п.л. 12,5. Тираж 1150 экз. Заказ № 1984.

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

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РЕДАКЦИОННЫХ СОВЕТОВ

Н.П. Лавёров

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

ПРЕЗИДИУМ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА:

В.А. Грачёв

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

В.И. Холстов

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

В.Н. Чупис

д.ф.-м.н., директор ФГУ Государственный научно-исследовательский институт промышленной экологии

В.Г. Ильницкий

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

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА:

В.А. Алексеев

д.т.н., профессор Ижевского государственного университета

В.А. Антонов

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

С.И. Барановский

д.т.н., профессор, академик РЭА, заместитель председателя Общественного Совета «Росатома», президент РЭК

Г.А. Баталова

д.с.-х.н., член-корреспондент Россельхозакадемии, ГУ Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого

Л.И. Домрачева

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

Г.П. Дудин

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

И.А. Жуйкова

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

Л.Л. Журавлёва

д.т.н., заместитель директора ФГУ 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

Г.Г. Кузяхметов

д.б.н., профессор Башкирского государственного университета

В.И. Курилов

д.ю.н., профессор, ректор Дальневосточного государственного университета

В.З. Латыпова

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

В.Н. Летов

д.м.н., профессор Российской медицинской академии последипломного образования

Ли Юй

Министерства здравоохранения России профессор, директор Института микологии Цилинского аграрного университета,

В.А. Малинников

иностраный член Россельхозакадемии (КНР) д.т.н., профессор, ректор Государственного университета геодезии и картографии

А.Г. Назаров

д.б.н., профессор, заместитель председателя Общественного Совета «Росатома»,

Ю.Г. Пузаченко

д.г.н., профессор Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова

В.П. Савиных

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

В.А. Сысуев

д.т.н., академик Россельхозакадемии, директор ГУ Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого

В.И. Теличенко

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

Т.А. Трифонова

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

А.И. Фокин

депутат Государственной думы, зам. председателя комитета Государственной думы по природным ресурсам, природопользованию и экологии

В.Т. Юнглод

д.и.н., и.о. ректора Вятского государственного гуманитарного университета

О.В. Яковенко

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

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

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

119017, г. Москва, Старомонетный пер., 29, тел./факс 8(499) 129-28-31. E-mail: info@ecoregion.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ

В.И. Холстов Уничтожение химического оружия – 3 этап4
В.П. Капашин, Е.П. Афанасенко, А.В. Назаров
Выполнение Российской Федерацией
третьего этапа работ в соответствии с положениями
Конвенции о запрещении химического оружия19

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. МОДЕЛИ И ПРОГНОЗЫ

В.Н. Чупис Система экологического мониторинга
объектов уничтожения химического оружия. Опыт
эксплуатации и основные направления развития27
О.Ю. Растегаев, А.О. Малишевский,
Т.П. Толоконникова, В.И. Марьин, В.Н. Чупис
Сравнительный анализ свойств и состава
реакционной массы, полученной при уничтожении
люизита, экспериментальным и балансовым методами35
А.И. Иванов, А.П. Стаценко Использование изменчивости
азотного обмена хвойных растений в биоиндикации42
М.В. Телегина Опыт реализации ГИС-технологий для задач
комплексного исследования территории района хранения
и уничтожения химического оружия45
М.Г. Кургузкин, М.А. Корепанов, В.А. Тенев
Проектирование системы экологического мониторинга
особо опасных промышленных объектов51

МОНИТОРИНГ ОБЪЕКТОВ ПО УНИЧТОЖЕНИЮ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

Т.Я. Ашихмина, С.А. Менялин, Ю.И. Мамаева,
Е.А. Новикова, Г.Я. Кантор Экологический контроль
и мониторинг окружающей природной среды в районе
объекта уничтожения химического оружия
«Марадыковский» Кировской области57
Г.Г. Фризоргер, В.Г. Исаков, А.А. Абрамова Оценка
состояния поверхностных вод в зоне защитных мероприятий
объекта уничтожения химического оружия в г. Камбарка
по результатам многолетнего государственного
экологического контроля и мониторинга64
Н.В. Акименков, С.А. Бачегов, Г.В. Брылева, В.П. Иванов,
И.Ю. Адамович, И.Н. Глазун, С.И. Марченко Комплексный
мониторинг состояния природной среды в зоне защитных
мероприятий объектов по хранению и уничтожению
химического оружия в г. Почеп Брянской области68
А.С. Олькова, Е.В. Дабах Оценка устойчивости почв
и прогноз их состояния в районе уничтожения
химического оружия73

ЭКОТОКСИКОЛОГИЯ

В.Н. Чупис, Н.В. Емельянова, Е.А. Танайлова,
Н.В. Полушина, Т.А. Шингаренко, О.М. Плотникова
Оценка уровня генотоксичности
в экологическом мониторинге78
О.М. Плотникова, Н.Н. Матвеев, А.М. Корепин,
И.В. Дулякина Биохимические показатели
лабораторных мышей в зависимости от времени
интоксикации метилфосфонатом82

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

В.Н. Чупис, О.Ю. Растегаев, А.О. Малишевский
Перспективные подходы к перепрофилированию
объектов по уничтожению химического оружия.
Реагентные технологии извлечения мышьяка из
мышьяксодержащих реакционных масс и отходов88

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Е.А. Новикова, А.В. Лосева, П.А. Филёв, Т.Я. Ашихмина
Динамика информационного спроса населения Кировской
области по проблемам уничтожения химического оружия»97

ХРОНИКА

III Всероссийская конференция с международным
участием «Химическое разоружение-2009: итоги и аспекты
технологических решений, экоаналитического контроля
и медицинского мониторинга «CHEMDET-2009»101

CONTENTS

THEORETICAL PROBLEMS of ECOLOGY

| | |
|--|----|
| <i>V.I. Kholstov</i> Chemical Weapons Decommission – the 3d Stage | 4 |
| <i>V.P. Kapashin, E.P. Aphanasyenko, A.V. Nazarov</i> Fulfillment of the 3d stage of works according to the Convention of Chemical Weapons Prohibition in the Russian Federation | 19 |

METHODOLOGY And METHODS of RESEARCH. MODELS And FORECASTS

| | |
|---|----|
| <i>V.N. Chupis</i> The System of Ecological Monitoring of Chemical Weapons Decommission Plants. Experience of Exploitation and the Main Directions of Development | 27 |
| <i>O.Yu. Rasteygayev, A.O. Melishevskiy, T.P. Tolokonnikova, V.I. Maryin, V.N. Chupis</i> Comparative analysis of Features and Contents of Reactional Mass got at Destructing Lewisite by means of the Experimental and Balance Methods | 35 |
| <i>A.I. Ivanov, A.P. Statsenko</i> Utilization of Variability of Nitrogen Circulation in Coniferous Plants in the Process of Bioindication | 42 |
| <i>M.V. Telegina</i> On the Experience of Utilizing Gis-technologies for Solving the Tasks of Complex Investigation of the Area of Chemical Weapons Storage and Decommission | 45 |
| <i>M.G. Kurguzkin, M.A. Korepanov, V.A. Tenenev</i> Projecting the System of Ecological Monitoring of Specially Dangerous Objects of Industry | 51 |

MONITORING OF CHEMICAL WEAPONS DECOMMISSION PLANTS

| | |
|--|----|
| <i>T.Ya. Ashikhmina, S.A. Menyalin, Yu.I. Mamayeva, E.A. Novikova, G.Ya. Kantor</i> Environmental Ecological Control and Monitoring in the Vicinity of the Chemical Weapons Decommission Plant «Maradikovskiy» in Kirov Region | 57 |
| <i>G.G. Frizorger, V.G. Isakov, A.A. Abramova</i> Evaluating Surface Water State within the Safety Zone of the Chemical Weapons Decommission Plant in the Town Kambarka according to the Results of Many-Years State Ecological Control and Monitoring | 64 |
| <i>N.V. Akimenkov, S.A. Bachegov, G.V. Brilyova, V.P. Ivanov, I.Yu. Adamovich, I.N. Glazun, S.I. Marchenko</i> Complex Monitoring of Environmental State in the Zone of Chemical Weapons Storage and Decommission Plants in the Town Potchep in Bryansk Region | 68 |
| <i>A.S. Olkova, E.V. Dabakh</i> Evaluating Soils Sustainability and the Project of their State within the area of Chemical Weapons Decommission | 73 |

ECOTOXICOLOGY

| | |
|---|----|
| <i>V.N. Chupis, N.V. Emelyanova, E.A. Tanaylova, N.V. Polukhina, T.A. Shingaryenko, O.M. Plotnikova</i> Gene-toxicity Level Evaluation at Ecological Monitoring | 78 |
| <i>O.M. Plotnikova, N.N. Matveyev, A.M. Korepin, I.V. Duplyakina</i> Biochemical indices of laboratory mice Determined by the Time of Intoxication with Methylphosphate | 82 |

ECOLOGICAL RISK And ECOLOGICAL SAFETY

| | |
|--|----|
| <i>V.N. Chupis, O.Yu. Rastegayev, A.O. Malishevskiy</i> Perspective Approaches to Reorganizing Chemical Weapon Decommission Objects. Reagent Technologies of Extracting Arsenic from Arsenic-containing Reaction Masses and Wastes | 88 |
|--|----|

ECOLOGICAL EDUCATION

| | |
|--|----|
| <i>E.A. Novikova, A.V. Loseva, P.A. Philyov, T.Ya. Ashikhmina</i> Dynamics of Demand Information on Chemical Weapons Decommission Problems of the Population of Kirov region | 97 |
|--|----|

CHRONICLE

| | |
|---|-----|
| III All-Russia Conference with International Participants «Chemical Disarmament-2009: Results and Aspects of Technological Solving of Ecoanalytical Control and Medicinal Monitoring «CHEMDET-2009» | 101 |
|---|-----|

Уничтожение химического оружия – 3-й этап

© 2010. В.И. Холстов, д.т.н., профессор, директор,
Департамент реализации конвенционных обязательств
Министерства промышленности и торговли Российской Федерации,
e-mail: holstov@minprom.gov.ru

В статье приводятся итоги третьего этапа выполнения Россией международных обязательств по химическому разоружению. За 2,5 года (с мая 2007-го по декабрь 2009 г.) уничтожено 10 000 т отравляющих веществ. За годы реализации ФЦП «Уничтожение запасов химического оружия в РФ» с 2002 г. введено в эксплуатацию пять российских объектов по уничтожению химического оружия. Создание объектов социальной и инженерной инфраструктуры осуществляется в интересах развития районов, в которых хранится и уничтожается химическое оружие. Все объекты действуют в штатном режиме. Обеспечивается экологическая безопасность окружающей среды и здоровья населения. Осуществляется международное сотрудничество в области химического разоружения. Реализуется информационное сопровождение работ.

The article presents the results of Russia's fulfillment of the third stage of the international chemical disarmament liability. For 2,5 years (from May 2007 to December 2009) 10 000 t. of poison substances is destroyed. During realization of the federal special program (FSP) «Chemical Weapon Stores Decommission in the RF» since 2002 5 chemical weapon decommission plants were launched on the territory of Russia. Objects of social and engineering infrastructure have been built to contribute to the development of the districts of chemical weapon storing and decommission. All the objects are functioning in normal mode. Ecological safety of the environment and the population health is provided. International cooperation in the field of chemical disarmament takes place. Informational support within the network of the FSP is offered.

Ключевые слова: конвенционные обязательства, химическое разоружение, экологическая безопасность, система контроля и мониторинга, информационное обеспечение, социальная инфраструктура, международное сотрудничество

Key words: convention liability, chemical disarmament, ecological safety, control and monitoring system, informational support, social infrastructure, international cooperation

В 2009 г. Российская Федерация продолжила неукоснительную реализацию принятых на себя обязательств по Конвенции о запрещении химического оружия (ХО).

Основной целью и задачами этого года было осуществление мероприятий, связанных с выполнением третьего этапа конвенционных обязательств с уничтожением 18 тыс. тонн отравляющих веществ (ОВ) в срок до 31 декабря 2009 г.

Все ключевые мероприятия по химическому разоружению на 2009 г. выполнены. Осуществлялась ликвидация запасов ОВ на объектах по уничтожению ХО, а также переработка промышленных отходов, образующихся при их уничтожении. 18 тыс. тонн ОВ уничтожены к 25 ноября 2009 г.

Велись плановые работы по созданию производственных мощностей по уничтожению ХО на вновь строящихся и уже функционирующих объектах по уничтожению ХО, а также по строительству объектов социальной инфраструктуры в районах размещения объектов по уничтожению ХО.

Работы по строительству объектов и вводу в эксплуатацию производственных мощностей по уничтожению ХО и динамика уничтожения запасов ОВ обеспечили гарантированное выполнение Российской Федерацией третьего промежуточного этапа международных обязательств по Конвенции в установленные сроки и создали хорошие предпосылки для реализации четвертого – заключительного этапа химического разоружения в Российской Федерации.

Выполнение Россией международных обязательств по третьему этапу позволило обеспечить высокий авторитет Российской Федерации в международной Организации по запрещению химического оружия (далее – ОЗХО). Это показали прошедшие в 2009 г. сессии Исполнительного совета ОЗХО, работа с государствами-участниками Конвенции и исполнительными органами ОЗХО в рамках подготовки к проведению в декабре 2009 г. XIV сессии Конференции государств-участников Конвенции.

Участие Российской Федерации в Конвенции отвечает национальным интересам

России, а активная деятельность в работе исполнительных органов ОЗХО повышает её международный авторитет и способствует укреплению безопасности в мире.

Членство России в ОЗХО, в том числе в её руководящих органах, позволяет оказывать влияние на характер принимаемых решений в области химического разоружения в интересах Российской Федерации.

Достигнутые результаты в области химического разоружения стали возможными также благодаря сложившемуся механизму тесного практического и оперативного взаимодействия, установленного между Россией и техническим секретариатом ОЗХО. Россия делает всё необходимое, чтобы инспекторы ОЗХО могли своевременно и качественно выполнять поставленные задачи по контролю за хранением и уничтожением химического оружия Российской Федерации.

Основной итог этого года остаётся, как и в предшествующие годы, неизменным – Россия по графику выполняет свои международные обязательства. Таких масштабных задач, которые стоят перед Россией ежегодно по срокам и объёмам химического оружия, подлежащего уничтожению, не решает ни одно государство.

20 апреля 2007 г., после уничтожения 8 тыс. тонн отравляющих веществ, завершился 2-й этап реализации программы российского химического разоружения.

Если на уничтожение химического оружия на 1-м и 2-м этапах ушло шесть лет и с 2002-го по 2007 г. было уничтожено 8 тыс. тонн ОВ, то на следующем 3-м этапе, с мая 2007-го по декабрь 2009 г., спланированные для уничтожения 10 000 тонн ОВ были ликвидированы за два с половиной года.

Основными вехами на этом временном отрезке мы отмечаем следующие события.

В конце марта 2009 г. завершены работы по уничтожению химического оружия на объекте «Камбарка» Удмуртской Республики, где ликвидировано 6 349 тонн ОВ, хранившихся на объекте (15,9% запасов химического оружия Российской Федерации). При проектировании и строительстве объекта в Камбарке впервые в мировой практике решена задача крупномасштабного уничтожения люизита.

Таким образом, в 2009 г. уже на втором по счёту российском объекте – вслед за объектом в п. Горный Саратовской области полностью уничтожены все запасы отравляющих веществ.

В Кировской области продолжает успешно работать объект «Марадыковский», который начал функционировать 8 сентября 2006 г. Объём запасов отравляющих веществ составлял 6 890 тонн. За время эксплуатации (до конца 2009 г.) на объекте уничтожено более 70% (около 4 800 т) хранившихся ОВ. Здесь обеспечивается практически абсолютная безопасность процесса уничтожения.

В сентябре 2008 г. в Пензенской области введён в эксплуатацию объект «Леонидовка», на котором хранилось 6 885 тонн ОВ. На этом объекте к концу 2009 года полностью уничтожено 71,5% (около 4 922 т) отравляющих веществ.

В мае 2009 г. состоялся пуск в эксплуатацию пятого по счёту российского объекта по уничтожению ХО «Щучье» в Курганской области. На его долю приходится 5 462 тонны фосфорорганических отравляющих веществ, или 13,6% от общего запаса ХО Российской Федерации.

Объект «Щучье» имеет свою специфику. Он является первым российским объектом, на котором уничтожаются химические боеприпасы ствольной и реактивной артиллерии, снаряжённые фосфорорганическими ОВ. Общее количество химических боеприпасов, подлежащих уничтожению, – около 2 миллионов штук. По состоянию на конец декабря 2009 г. за 7 месяцев эксплуатации на этом объекте уничтожено более 1 100 т ОВ.

На объекте «Почеп» в Брянской области полным ходом завершается создание промышленной зоны, в частности, основного корпуса первого пускового комплекса, а также вспомогательных объектов.

Наработанные в период строительства и эксплуатации объекта «Щучье» проектные и технические решения в полной мере применяются при строительстве объекта «Кизнер» Удмуртской Республики. Это позволит значительно сократить сроки пусконаладочных работ на втором российском объекте по уничтожению артиллерийских боеприпасов. В настоящее время на этом объекте ведутся работы по строительству промышленной зоны с опережающим созданием объектов инженерной и социальной инфраструктуры.

В качестве важнейшей задачи в области химического разоружения остаётся обеспечение мер по вопросам безопасности хранения и уничтожения химического оружия, защиты персонала объектов, местного населения и окружающей среды.

Следует особо подчеркнуть, что все работы по обеспечению безопасности соответствующим

щих объектов выполняются персоналом Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия, возглавляемого генерал-полковником В.П. Капашиним.

Говоря о ходе выполнения российской программы химического разоружения на 3-ем этапе, в первую очередь необходимо отметить, что реально ни на одном объекте не возникали какие-либо технические проблемы. Все объекты функционируют в соответствии с требованиями, определёнными законами Российской Федерации по обеспечению промышленной и экологической безопасности этих объектов как особо опасных. Ежегодно именно на цели обеспечения безопасности хранения и уничтожения ХО, проведения экологического контроля и мониторинга окружающей среды, медико-санитарного обеспечения проводимых работ выделяются необходимые финансовые средства. Кроме этого, следует ещё учесть и капитальные затраты, которые идут на строительство поликлинических консультативно-диагностических центров, производственных корпусов, предусматривающих те или иные технические решения, позволяющие обеспечить безопасность уничтожения химического оружия.

Государственные надзорные органы Ростехнадзор, ФМБА России, Роспотребнадзор, Росприроднадзор очень требовательно осуществляют необходимый контроль за всеми процессами, связанными с хранением и уничтожением химического оружия.

В 2009 г. для выполнения задач по обеспечению безопасности хранения и уничтожения ХО, защиты персонала объектов, местного населения и окружающей среды на объектах по хранению и уничтожению ХО проводился комплекс мероприятий, основными из которых являлись техническое обслуживание химических боеприпасов и ёмкостей с ОВ, оценка технического состояния химических боеприпасов и установление сроков их безопасного хранения, ремонт боеприпасов с заменой индикаторного покрытия, поддержание в постоянной готовности дежурных сил объектов и технических средств для локализации возможных аварийных ситуаций и ликвидации последствий аварии, обеспечение пожарной безопасности объектов, надёжной охраны объектов, содержание в исправном состоянии зданий и сооружений технических территорий объектов.

Все предусмотренные эксплуатационно-технической документацией на химические боеприпасы виды технического обслуживания

и регламентных работ выполнены персоналом объектов в полном объёме. Комплекс выполненных работ позволил обеспечить безопасное хранение ХО, не допустить случаев возникновения аварийных ситуаций.

Одним из основных элементов обеспечения безопасного уничтожения химического оружия являются надёжные, безопасные и высокоэффективные технологии уничтожения. Преимущества российских технологий, их надёжность и безопасность доказаны всей практикой уничтожения химического оружия на пяти объектах уничтожения ХО, где за весь период их функционирования не было зафиксировано каких-либо происшествий, связанных со сбоями в технологических процессах.

Государственный экологический контроль и мониторинг в местах расположения объектов по хранению и уничтожению ХО проводится территориальными органами исполнительной власти, имеющими соответствующие полномочия, в том числе Ростехнадзором.

По данным, полученным в результате осуществления экологического контроля и мониторинга в местах хранения и уничтожения ХО в санитарно-защитной зоне и зоне защитных мероприятий объектов по хранению и уничтожению ХО, экологическая обстановка остаётся стабильной, случаев превышения нормативов качества окружающей среды по специфическим показателям не зафиксировано. Производственный экологический контроль и объектовый мониторинг состояния окружающей среды проводится службами объектов по хранению и уничтожению ХО в соответствии с требованиями природоохранного законодательства.

Для каждого объекта по хранению и уничтожению ХО постановлением Правительства Российской Федерации установлена и утверждена зона защитных мероприятий и перечень включённых в данную зону населённых пунктов, а также постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации утверждена санитарно-защитная зона.

По результатам проведённого контроля источников загрязняющих веществ (выбросов, сбросов технологических вод, отходов и реакционных масс) и мониторинга основных объектов природной среды (атмосферный воздух, почвенный покров, природные воды, снежный покров) отравляющие вещества и продукты их деструкции в природных средах не обнаружены, отрицательного влияния на окружающую среду производственной деятельности объектов не установлено.

В 2009 г. продолжалась деятельность Федерального информационного центра по проблемам обеспечения экологической безопасности, государственного экологического контроля и мониторинга окружающей среды при хранении, перевозке и уничтожении ХО, а также региональных центров контроля и мониторинга в шести регионах Российской Федерации (Курганской, Кировской, Брянской, Саратовской, Пензенской областях и Удмуртской Республике). Реализуется функционирование системы информационного обеспечения территориальных органов Ростехнадзора.

Проведены работы по текущей корректировке системы экологической регламентации производственной деятельности, разработке нормативно-разрешительной документации в области охраны окружающей среды, корректировке и оптимизации системы экологического контроля и мониторинга.

Принимаемые меры позволили исключить в 2009 г. возможность аварий и несчастных случаев с персоналом объектов по хранению и уничтожению ХО.

В соответствии с требованиями Федерального закона от 2 мая 1997 г. № 76-ФЗ «Об уничтожении химического оружия» первостепенное внимание уделяется охране здоровья и обеспечению безопасности персонала и населения, защите окружающей среды на основе проведения санитарно-гигиенических, противоэпидемических и лечебно-профилактических мероприятий в течение всего процесса уничтожения ХО и после его завершения.

Действующая система охраны здоровья персонала объектов по хранению и уничтожению ХО, а также граждан, проживающих и работающих в ЗЗМ, организована в соответствии с национальными стандартами и принципами обеспечения безопасности персонала и населения при функционировании потенциально опасных производств. Она предусматривает проведение санитарно-гигиенических, противоэпидемических и лечебно-профилактических мероприятий до завершения всего процесса уничтожения ХО. Охрана здоровья и медицинское обслуживание персонала осуществляются заводскими поликлиниками объектов, а населения – поликлиническими консультативно-диагностическими центрами. Большое внимание уделяется охране здоровья детей.

Во всех районах расположения объектов по хранению и уничтожению ХО в 2009 г. не было выявлено заболеваний, развитие которых можно связать с воздействием ОВ на персонал и население.

Минпромторг России совместно с ФМБА России проводит работу по ведению единого регистра граждан, занятых на работах с ХО. Составной частью регистра граждан, занятых на работах с ХО, является единая система медицинского мониторинга населения, проживающего и работающего в зонах защитных мероприятий объектов по хранению и уничтожению ХО. Данная система содержит персонифицированные данные по каждому сотруднику объектов по хранению и уничтожению ХО.

Для эффективной медицинской защиты персонала на объектах создан запас современных антидотов и лекарственных средств. Использование современного комплекса медико-биологических критериев безопасности при работах с ОВ реализовано через мероприятия государственного санитарно-эпидемиологического надзора на этапах проектирования, строительства и эксплуатации объектов по уничтожению ХО. Продолжалась разработка и утверждение в установленном порядке нормативных правовых документов по обеспечению деятельности учреждений и организаций Минздравсоцразвития России в области уничтожения ХО, разработка гигиенических нормативов с соответствующими аналитическими методиками контроля, регламентирующих допустимое содержание уничтожаемых ОВ в объектах окружающей среды, в воздухе рабочей зоны, в смывах с технологического оборудования, кожных покровов работников объектов по уничтожению ХО, средств индивидуальной защиты. Определены и согласованы при рассмотрении проектной документации списки приоритетных загрязнителей, подлежащих обязательному лабораторному контролю на объектах по хранению и уничтожению ХО. В совокупности разработаны, зарегистрированы в Минюсте России и введены в действие постановлениями Главного государственного санитарного врача Российской Федерации 69 гигиенических нормативов, соответствующие аналитические методики аттестованы в Госстандарте России и приняты к использованию.

Роспотребнадзором также на постоянной основе ведётся контроль за применением безопасных технологий уничтожения ХО, осуществление мониторинга здоровья населения и окружающей среды, участие в создании системы аварийной готовности и реагирования территориальных органов для защиты населения при возникновении аварий как в зоне защитных мероприятий, так и за её пределами.

За период эксплуатации объектов по уничтожению ХО, по данным мониторинга окружающей среды, случаев превышения гигиенических нормативов ОВ в окружающей среде в пределах контролируемых населённых пунктов санитарно-защитных зон и зон защитных мероприятий не зарегистрировано. Достоверной связи между уровнем заболеваемости населения, проживающего в зоне защитных мероприятий, и загрязнением окружающей среды не отмечается. Установлено, что выявленные расстройства здоровья населения, проживающего в зоне защитных мероприятий, связаны с возрастом и полом обследованных, неблагоприятными социально-бытовыми условиями и соответствуют средним показателям по стране. Полученные результаты состояния объектов окружающей среды в ходе выполнения работ по ведению социально-гигиенического мониторинга указывают на отсутствие в изучаемых факторах среды обитания специфических изменений, связанных с деятельностью объектов по хранению и уничтожению ХО.

Федеральной целевой программой «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» наряду с созданием объектов по уничтожению химического оружия определены мероприятия по развитию социальной инфраструктуры в районах проведения работ по уничтожению химического оружия, которые предусматривают строительство и эксплуатацию объектов социальной и инженерно-технической инфраструктуры, реконструкцию и строительство инженерных и дорожно-транспортных коммуникаций в интересах субъектов Российской Федерации, на территории которых создаются объекты по уничтожению химического оружия.

Программой установлено опережающее развитие социальной инфраструктуры в районах размещения объектов по уничтожению химического оружия, на общую сумму до 10% стоимости создания объектов.

Объекты социальной инфраструктуры, построенные в районах размещения объектов по уничтожению химического оружия, передаются по мере готовности в муниципальную собственность соответствующих органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, на основании решения Росимущества по представлению государственного заказчика – Минпромторга России.

Перечень объектов социальной инфраструктуры, сроки их строительства и ввода

в эксплуатацию определяются технико-экономическими обоснованиями строительства объектов по уничтожению химического оружия.

Строительство жилья, медицинских учреждений, культурно-бытовых учреждений, инженерных сооружений, сетей газоснабжения, водо-, тепло- и электрообеспечения в значительной мере способствует улучшению социально-бытовых условий для граждан, проживающих и работающих в зонах защитных мероприятий вокруг объектов по хранению и уничтожению химического оружия.

На строительство объектов социальной и инженерной инфраструктуры в интересах развития регионов в местах создания объектов по уничтожению химического оружия по состоянию на 31 декабря 2009 г. затрачено более 8 360 млн. рублей.

Достаточно сказать, что только в районах расположения объектов УХО построено, реконструировано и введено в эксплуатацию более 200 объектов социальной и инженерной инфраструктуры, в том числе 149 жилых домов, 12 государственных общеобразовательных учреждений и дошкольных образовательных учреждений, три дома культуры, 12 объектов здравоохранения и физкультурно-оздоровительного назначения (в том числе Дворец водного спорта и два спортивных комплекса), семь электроподстанций, 11 котельных. К этим стройкам необходимо ещё прибавить десятки километров сетей газообеспечения, водо- и теплоснабжения, канализации, связи и сигнализации, дорожно-транспортных коммуникаций и других вспомогательных объектов.

В связи с мировым финансовым кризисом, сложным финансово-экономическим положением в стране Правительством Российской Федерации принимаются различные меры по стабилизации экономики, в том числе и меры по уменьшению расходной части федерального бюджета. В рамках этой работы проведена оптимизация расходов по федеральной целевой программе «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации».

Необходимо отметить, что по состоянию на сегодняшний день создание объектов социальной и инженерной инфраструктуры в интересах развития регионов осуществляется строго в соответствии с Перечнями объектов социальной инфраструктуры в интересах развития районов за счёт инвестиций федерального бюджета, утверждённых в установленном порядке.

В текущем году Департаментом реализации конвенционных обязательств Минпромторга России и Федеральным управлением по безопасному хранению и уничтожению химического оружия на основании предложений, поступивших от правительства Удмуртской Республики и глав администраций Саратовской, Кировской, Пензенской, Брянской и Курганской областей, была проведена работа по уточнению и оптимизации перечней объектов социальной и инженерной инфраструктуры. В настоящее время проводится заключительная стадия согласования уточненных перечней объектов социальной и инженерной инфраструктуры главами администраций Саратовской, Кировской, Курганской областей. Правительством Удмуртской Республики и главами администраций Пензенской и Брянской областей такие согласования завершены и соответствующие перечни утверждены.

В 2010 – 2012 гг. основной задачей будет являться завершение строительства и сдача в эксплуатацию уже начатых строительством объектов социальной инфраструктуры с оформлением необходимой разрешительной документации.

Международное сотрудничество явилось дополнительным источником финансирования задач создания мощностей для уничтожения запасов химического оружия, осуществления конверсии или уничтожения бывших объектов по производству химического оружия и ликвидации последствий их деятельности.

Есть хорошие примеры реальной отдачи от международной помощи – при содействии ряда стран, прежде всего Германии, был запущен наш первый объект по уничтожению химического оружия в п. Горный Саратовской области, позволивший нам выполнить предусмотренный Конвенцией первый этап ликвидации этого оружия. Финансовое содействие первому проекту российско-германского сотрудничества в п. Горный Саратовской области составляло около 50 млн. евро.

Около 154 млн. евро Германия выделила на строительство высокотехнологической установки по термическому обезвреживанию отходов, включая линию по сжиганию и канализационную установку, а также комплекс опорожнения цистерн на объекте «Камбарка» в Удмуртской Республике.

Третий крупный проект, на осуществление которого Германия с 2007 г. выделяет финансовую поддержку на общую сумму до 140 млн. евро, – это строительство промышленного здания для сжигания реакционных

масс и отходов УХО на объекте «Почеп» Брянской области, которое будет оснащено самым современным технологическим оборудованием. Совместный проект должен быть завершен в июне 2010 г.

В целом правительство ФРГ в целях содействия России в химическом разоружении предоставило свыше 300 млн. евро.

Необходимо подчеркнуть, что все семь российских объектов по уничтожению химического оружия созданы или создаются при иностранном содействии. Наиболее значимые объёмы иностранной помощи были выделены для объектов «Щучье» – 44,6%, «Камбарка» – 20%, «Горный» – 14%.

Говоря в целом об объёмах выделенных средств на программу химразоружения в Российской Федерации, следует отметить, что практически полученный объём международной помощи, реализованный в конкретных мероприятиях химического разоружения в России, составил в настоящее время примерно 40% от объёма заявленных иностранными государствами средств на эти цели. В связи с этим реальная помощь не в полной мере соответствует нашим потребностям на реализацию программы химического разоружения, но является необходимой составной частью в выполнении наших обязательств по строительству соответствующих объектов для уничтожения химического оружия по Конвенции.

В результате работы, проводимой МИД России, Минпромторгом России и всеми участниками совместных проектов, за последние годы со стороны международного сообщества укрепилось осознание того факта, что оказание содействия России в уничтожении её запасов химического оружия по большому счёту отвечает интересам всех государств. Мировое сообщество едино во мнении, что только полное уничтожение всех запасов химического оружия в мире может служить гарантией общей безопасности.

Подводя сегодня определённые итоги многолетнего международного сотрудничества в этой области, Россия высоко оценивает содействие всех участников программы химического разоружения в Российской Федерации, которое в 2002 г. получило свое развитие в рамках принятой в Кананаскисе (Канада) странами «Большой восьмёрки» Программы «Глобальное партнёрство», и выражает надежду на расширение этой важнейшей международной инициативы до полного решения задач ликвидации химического оружия в Российской Федерации.

В настоящее время международное сотрудничество в рамках программы уничтожения химического оружия реализуется по трём векторам: строительство второго пускового комплекса объекта по уничтожению химического оружия в г. Щучье Курганской области, строительство объектов по уничтожению химического оружия в г. Почеп Брянской области и п. Кизнер Удмуртской Республики.

В плане сотрудничества с США находятся на завершающем этапе работы, выполняемые в рамках трехсторонних государственных контрактов по строительству объекта в г. Щучье. Новая модель сотрудничества, на которую российская и американская стороны перешли в мае 2007 г., подписав Совместную договорённость между министерством обороны США и Федеральным агентством по промышленности относительно завершения строительства российского объекта по уничтожению химического оружия в Щучанском районе Курганской области, на деле продемонстрировала свою высокую эффективность. При содействии США завершается создание промышленной зоны объекта в г. Щучье. В 2009 г. объём содействия составил 99,8 млн. долларов США.

Сотрудничество с США продолжает успешно развиваться. Правительство США выразило согласие оказать помощь в техническом сопровождении поставленного оборудования на этапе эксплуатации данного объекта. Объём оказанного содействия правительством США на создание объекта по УХО в Щучье составляет 36% (остальных стран, принимавших участие в строительстве, – 8,6%).

Примером успешного сотрудничества также можно в полной мере назвать и российско-швейцарское сотрудничество в рамках Соглашения между Правительством Российской Федерации и правительством Швейцарской Конфедерации от 28 января 2004 г., в соответствии с которым в настоящее время завершается последний из совместных проектов, направленный на поставку оборудования для системы энергообеспечения объекта в г. Почеп.

Ранее Швейцарской Конфедерацией оказано содействие в интересах создания объектов по уничтожению химического оружия в г. Щучье Курганской области, г. Камбарка Удмуртской Республики, п. Марадыковский Кировской области и п. Леонидовка Пензенской области.

В соответствии с Исполнительной договорённостью между Министерством про-

мышленности и торговли Российской Федерации и министерством иностранных дел и международной торговли Канады о сотрудничестве в интересах создания объекта по уничтожению химического оружия в п. Кизнер Удмуртской Республики от 7 ноября 2008 г. правительством Канады выделены значительные средства на изготовление и поставку технологического оборудования для основных производственных корпусов указанного объекта. С декабря 2008 г., после подписания первого контракта с канадской стороной, началась практическая реализация совместных проектов.

В рамках межправительственного соглашения с Французской Республикой от 4 февраля 2006 г. в 2009 г. завершён совместный проект по созданию системы экологического мониторинга на объекте по уничтожению химического оружия в г. Щучье Курганской области. Проект осуществлён на основании Исполнительного соглашения от 4 июля 2007 г. между Роспромом и Комиссариатом по атомной энергии Французской Республики с объёмом финансирования на сумму 6,7 млн. евро.

На стадии согласования с Италией находятся совместные проекты по поставкам передвижных лабораторий контроля атмосферного воздуха, воды и почвы, а также медицинского оборудования для оснащения поликлинического консультативно-диагностического центра в интересах объекта по уничтожению химического оружия в п. Кизнер Удмуртской Республики. Предполагаемый объём средств планируется получить в рамках Дополнительного протокола от 17 апреля 2003 г. к межправительственному Соглашению от 20 января 2000 г.

В программе оказания международного содействия в области химического разоружения приняли и принимают участие 16 государств: США, ФРГ, Канада, Франция, Италия, Великобритания, Норвегия, Чехия, Ирландия, Бельгия, Швеция, Нидерланды, Новая Зеландия, Швейцария, Польша, Финляндия, государственное объединение Европейский Союз, а также американский фонд «Инициатива по уменьшению ядерной угрозы».

Мы выражаем глубокую признательность правительствам этих стран за оказанную помощь в создании производственных мощностей для ликвидации химического оружия. Без такой помощи достижение сегодняшних результатов было бы проблематичным.

Большое внимание Департамент реализации конвенционных обязательств уделяет

постоянному и оперативному информированию по самому широкому спектру вопросов химического разоружения федеральных и региональных исполнительных и законодательных органов власти, общественных организаций, средств массовой информации и всех категорий населения. Этому способствует сформировавшаяся и апробированная система сбора, анализа, передачи и распространения информационных данных по проблемам химического разоружения в России на федеральном, региональном и муниципальных уровнях. Функции координирующего центра в этой работе выполняют Минпромторг России и Федеральное управление по безопасному хранению и уничтожению химического оружия совместно с генеральным подрядчиком ФГУ «Редакция «Российской газеты», являющиеся организаторами и участниками организационной, научно-методической, информационно-аналитической и пропагандистской деятельности на всех уровнях. Соисполнителями информационных работ являются ещё более 40 учреждений и организаций.

Для выполнения работ используются различные виды деятельности, основными из которых являются: работа с печатными, телевизионными, радио и электронными СМИ; издание, выпуск и распространение печатной продукции: книг, журналов, справочной литературы, информационных бюллетеней, брошюр, буклетов, специальных тематических изданий; организация и проведение мероприятий: пресс-конференций, «круглых столов», телефонных «горячих линий», посещения объектов УХО, организация встреч, семинаров, использование других форм и методов взаимодействия с населением и общественными организациями; проведение социологических исследований.

В интересах расширения получателей информации ФГУ «Редакция «Российской газеты» осуществляет сотрудничество с ведущими печатными СМИ, радио и телевидением в регионах хранения и уничтожения ХО. Только на договорной основе с «Российской газетой» и её представительствами работают 36 областных, районных и местных газет. По состоянию на конец декабря 2009 г. опубликовано более 200 материалов по тематике ФЦП УХО. Общий тираж газет за 12 месяцев составил 7,5 млн. экземпляров.

Публикации федеральных выпусков и региональных сменных полос размещены в сети Интернет на сайтах «Российской га-

зеты» и открытого электронного журнала «Химическое разоружение». Это позволяет расширить тиражи печатных СМИ и соответственно количество читателей в несколько раз.

Ведётся постоянное информирование населения по всему комплексу вопросов химического разоружения в регионах хранения и уничтожения УХО на региональных телеканалах и радиостанциях.

Соисполнителем работ информационным агентством АРМС-ТАСС осуществляется оперативная информационная поддержка ФЦП УХО по каналам ИТАР-ТАСС. В текущем году подготовлено более 200 информационных продуктов, выпущенных на информационной платформе ИТАР-ТАСС/АРМС-ТАСС, в том числе сообщения, интервью, комментарии, оценки на английском, французском, немецком, испанском и арабском языках.

Конечно, мы понимаем, что одними публикациями, сообщениями, теле- и радиорепортажами сложно полностью влиять на отношение населения к существующим проблемам. Необходимо широкий диапазон действий, форм и методов работы, постоянный диалог всех ветвей власти с населением, который поможет добиться объективного отношения людей, проживающих в ЗЗМ, к вопросам УХО. С этой целью мы стремимся совершенствовать стиль и методы работы с населением, общественными организациями и СМИ, расширять арсенал средств и инструментариев для оперативного, постоянного и объективного информирования всех категорий населения.

Мы смотрим в завтрашний день и готовимся решать новые, более сложные и ёмкие задачи, характеризующиеся большими объёмами ХО, которое предстоит уничтожить в Российской Федерации в 2010 – 2012 гг., и, как следствие, значительным возрастанием в этот период интенсивности и масштабов работ по созданию новых и наращиванию мощностей существующих объектов по уничтожению ХО.

Российская Федерация должна выполнить предусмотренный Конвенцией окончательный четвёртый этап – завершить уничтожение оставшихся 22 000 тонн ОВ.

Для выполнения этой задачи необходимо осуществить комплекс масштабных системных мероприятий по увеличению мощности действующих объектов по уничтожению ХО (в п. Леонидовка Пензенской области, в п. Марадыковский Кировской области и г. Щучье Курганской области) и вновь создаваемых объектов по уничтожению ХО.

При этом в самые кратчайшие сроки (в течение 1-1,5 года) требуется завершить строительство и ввести в эксплуатацию два новых объекта по уничтожению ХО – в г. Почеп Брянской области и п. Кизнер Удмуртской Республики.

Как и в предыдущие годы, финансирование работ по выполнению обязательств по Конвенции осуществляется в основном за счёт средств федерального бюджета.

Вместе с тем в целях выполнения обязательств по Конвенции важным элементом

остаётся международная помощь России в области химического разоружения в рамках Программы «Глобальное партнёрство».

Россия завершила 3-й этап уничтожения химического оружия, успешно выполняя Федеральную целевую программу «Уничтожение запасов химического оружия в РФ», с хорошим багажом опыта практического решения комплекса сложных и неоднозначных задач в многовекторной области химического разоружения и в высокой степени готовности к выполнению завершающего 4-го этапа.

Chemical Weapons Decommission — the 3d Stage

© 2010. V.I. Kholstov, Dr., Professor, Director,
Department of Convention Fulfillment of the Ministry
of Industry and Trade of the Russian Federation,
e-mail: holstov@minprom.gov.ru

The article presents the results of Russia's fulfillment the third stage of the international chemical disarmament liability. For 2,5 years (from May 2007 to December 2009) 10 000 t. of poison substances is destroyed. During realization of the federal special program (FSP) «Chemical Weapon Stores Decommission in the RF» since 2002 5 chemical weapon decommission plants were launched on the territory of Russia. Objects of social and engineering infrastructure have been built to contribute to the development of the districts of chemical weapon storing and decommission. All the objects are functioning in normal mode. Ecological safety of the environment and the population health is provided. International cooperation in the field of chemical disarmament takes place. Informational support within the network of the FSP is offered.

Key words: convention liability, chemical disarmament, ecological safety, control and monitoring system, informational support, social infrastructure, international cooperation

In 2009 the Russian Federation offered realization of the obligations undertaken according to the Chemical Weapons (CW) Prohibition Convention.

This year it was planned to take all the measures connected with the 3d stage of the convention liability to destroy 18 000 tons of poisonous substances (PS) by the 31st December 2009.

All the key measures on chemical weapon disarmament for 2009 are taken. The PS stores at the CW destruction plants have been liquidated, industrial wastage, by-product of CW destruction, has been processed. 18 000 tons of PS was decommissioned on the 25th November 2009.

According to the plan, in the plants that are still being built or in the functioning CW decommission plants CW destruction factories have been built, in the districts of CW destruction buildings of social infrastructure have been constructed.

Building the plants and launching the CW decommission production facilities as well as PS stores decommission dynamics have guaranteed the fulfillment of the 3d intermediary stage of the Convention international obligations by the Russian Federation within the time limit and they have prepared the necessary prerequisites for fulfilling the 4th final stage of chemical disarmament in the Russian Federation.

Russia's fulfillment of the international obligations in the 3d stage provided high prestige of the Russian Federation in the international Organization for the Prohibition of Chemical Weapons (OPCW). It was demonstrated during the sessions of the OPCW Executive Council in 2009, as well as during the work with the Convention member-states and with the OPCW executive powers within the frame of preparing for the 14th Conference session of the Convention member-states in December 2009.

The Russian Federation's membership in the Convention suits the national interests of Russia and active participation in the work of OPCW executive powers raises Russia's international prestige and contributes to providing safety in the world.

Russia's membership in OPCW, including its governing bodies, allows influencing the character of the decisions taken in the sphere of chemical disarmament in the interests of the Russian Federation.

The results achieved in the field of chemical disarmament are possible also due to close practical and strategic interaction between Russia and the technical secretariat of the OPCW. Russia does its best to let the OPCW visitors promptly and properly fulfill the tasks of control over chemical weapons storage and decommissioning plants in the Russian Federation.

The result of this year is similar to the previous years – Russia fulfills all its international obligations according to the schedule. Every year Russia, unlike any other state, faces large-scale tasks as for the time and amount of chemical weapons to be decommissioned.

On the 20 April 2007 after destructing 8 000 tons of poisonous substances the 2nd stage of the program of Russian chemical weapons disarmament was finished.

The 1st and 2nd stages of chemical weapons decommission took six years, from 2002 to 2007 8 000 tons of PS was destructed. During the 3d stage, from May 2007 to December 2009, 10 000 tons of PS, according to the plan, was decommissioned within the period of 2 years and a half.

The main events within this period of time are the following.

At the end of March 2009 works on chemical weapons decommission at the plant «Kambarka» in the Udmurt republic were finished, 6 349 tons of poisonous substances stored at the plant was liquidated there (15,9% of chemical weapon stores in the Russian Federation). At projecting and building the plant in Kambarka the task of lewisite destruction on a large scale was fulfilled for the first time in the world.

So, in 2009, in the plant within Russia, the second after the plant in the settlement Gornii in Saratov region, all the stores of poisonous substances were completely decommissioned.

In Kirov region the plant «Maradikovsky» is functioning. It started destructing CW in August 2006, 6 890 tons of poisonous substances was stored there. During its work over 70% (about 4 800 t) of PS stored there was destroyed. Absolute safety of the destruction process is guaranteed here.

In September 2008 in Penza region the plant «Leonidovka» was launched, 6 885 tons of PS was kept there. By the end of 2009 71,5% (about 4 922 t) of PS was completely destructed there.

In May 2009 the fifth Russian plant of CW destruction «Shchuchye» was launched in Kurgan region. It accounts for 5 462 ton of organophosphorous poison substances or 13,6 % of CW of the Russian Federation.

The object «Shchuchye» is special. It is the first object in Russia where chemical ammunition of barrel and missile artillery with organophosphorous poison substances was decommissioned. The total amount of chemical ammunition that is subject to destruction is about 2 million. By the end of December 2009, after 7 months of its operation, 1 100 t of PS was destructed there.

At the plant «Potchep» in Bryansk region industrial area is be built soon, in particular, the main building of the first launch complex and of the subsidiary factories.

Project and technical solutions found during building the plant «Shchuchye» and its operating are applied at building the plant «Kizner» in the Udmurt republic. It will allow to shorten the time of launch of the second artillery decommission plant in Russia. At the moment an industrial area with engineering and social buildings is being constructed in advance.

The main task of chemical disarmament consists in taking safety measures of chemical weapon storage and decommission, the personnel's, population's and environmental protection.

It should be stressed that all the safety works at similar plants are done by the personnel of the Federal Department on Chemical Weapons Safe Keeping and Decommission headed by Colonel-General V.P. Kapashin.

As for the 3d stage of fulfilling the Russian program of chemical disarmament, firstly it should be noted that there was not any technical problem at any of the plants. All the plants have been functioning according to the rules and laws on providing industrial and ecological safety of the plants in question in the Russian Federation. Every year a necessary sum of money is given for the purpose of CW safe keeping and decommission, taking into account ecological environmental control and monitoring, medicine-sanitary works. Besides, capital expenses on building out-patient diagnostics centers, plants, that suppose certain technical ways of providing chemical weapon decommission safety are also to be taken into account.

Russian state control bodies, such as Rostekhnadzor (Russia technical control body), FMBA of Russia, Rospotrebnadzor (Russia consumer control body) are strictly controlling all the processes of chemical weapon storage and decommission.

In 2009 complex measures were taken aiming at providing CW safe storage and decommission, protection of the plants' personnel, local population and environment at the CW storage and decommission plants. The main measures taken are maintaining chemical ammunition and reservoirs with PS, evaluating chemical ammunition technical state and setting the time limits of their safe keeping, ammunition repairs with covering change, keeping the forces of the plants and technical appliances ready in case of the possible emergency cases and disaster suppression, providing fire safety, safe protection of the plants, keeping the buildings and plants of the technical territory of plants working.

All the types of maintenance and routine maintenance that are due according to exploiting technical documents on chemical ammunition have been done by the personnel. The work made allows providing CW safe storage and exclude all the possibilities of any emergency cases.

One of the main conditions of providing safe chemical weapon decommission consists in safe, reliable and highly efficient decommission technologies. The advantage of Russian technologies, their safety and reliability are proved in practice of chemical weapon decommission at 5 plants of CW decommission. Not a single incident connected with technical processes breakdown has been fixed at the plants for all the time of their functioning.

State ecological control and monitoring at the places of CW storage and decommission was fulfilled by the local executive bodies with certain powers, including Rostekhnadzor.

According to the data acquired as a result of ecological control and monitoring at the places of CW storage and decommission in the sanitary-protective zone and in the zone of protection measures at the CW storage and decommission plants, the ecological state at the plants is stable, no cases of violating norms of environment condition were fixed as for the specific environmental quality indexes. Industrial ecological control and objective monitoring of the environment state is maintained by the services of CW storage and destruction plants according to the requirements of the nature management legislation.

According to the law of the government of the Russian Federation an area of safety mea-

asures as well as a list of settlements within this area for every plant of CW storage and decommission was established. The Principle state sanitary doctor of the Russian Federation has also established a sanitary-protective zone for every plant.

As a result of control over sources of pollution (leaks of industry, drain water, wastes and reaction masses) and monitoring of the main natural objects (atmosphere air, soil surface, natural water, snow cover), poisonous substances and by-products of their destruction were not found in the natural environment, as well as any industry negative impact on the environment.

In 2009 the Federal Informational Center for keeping ecological safety, state environmental ecological control and monitoring at CW storing, transporting and decommission objects as well as regional centers of control and monitoring in 6 regions of the Russian Federation (Kurgan, Kirov, Bryansk, Saratov, Penza regions and the Udmurt republic) were functioning. Functioning of the system of informational support of the local Rostekhnadzor bodies has been provided.

Works have been carried out as for improvement of the system of industrial activity stating ecological rules, working out normative-permissive documents in the field of nature management, improving and optimizing ecological monitoring system.

The measures taken allowed excluding any possibility of disaster with the personnel at the CW storage and decomposition plants.

According to the Federal law from 2nd May 1997 № 76-ФЗ «On Chemical Weapon Decommission», personnel's and population's health, as well as environmental protection are of the utmost importance on the basis of sanitary-hygiene, anti-epidemic and preventative measures during the process of CW decommission and after its completion.

The health service system of the personnels of the plants of CW storage and decommission and of the people living and working within the protection zone was organized in accordance with national standards and personnel's and population's safety providing principles at potentially dangerous industries. It is supposed that sanitary-hygiene, anti-epidemic and preventative measures are to be taken during the whole process of CW decommission. Health protection and medical care of the personnel is provided by out-patient clinics at the plants, and that of the local population is provided by out-patient diagnostics clinics. Special attention is paid to child health care.

In 2009 in all the regions of CW storage and decommission plans no diseases were found out that could be caused by PS impact on the personnel and population.

Minpromtorg (Ministry of industry and trade) of Russia together with FMBA of Russia are registering the citizens whose work is connected with CW. Registering the citizens whose work is connected with CW also includes the centralized system of medical health monitoring of the population living and working within the safety zones of CW storage and decommission plants. This system contains personal data on every employee of CW storage and decommission plants.

Up-to-date antidotes and medicines are stored at the plants for the purpose of providing effective medical care. Using an up-to-date set of medical-biological safety criteria, working with PS is put into practice by means of taking measures of state sanitary-epidemic control at the stages of projecting, building and utilizing CW decommission plants. The government standards are working by means of the measures that Minzdravsozrazvitie (the Ministry of Health and Social Welfare) of Russia should undertake in the area of decommission of CW. Hygiene norms with the corresponding analytical methods of control, stating acceptable amount of PS in the environment, in the air of the working zone, in technical equipment drain waters, in the skin of the people working in the CW decommission plants, in the means of personal protection were being worked out and approved of in the stated order. The lists of, the main pollutants were made and approved of that are the subject to obligatory laboratory control at the CW storage and decommission objects. On the whole, 69 hygiene norms were worked out, registered in Minjust (Ministry of Justice) of Russia and put into practice according to the statement of the Chief Sanitary Doctor of the Russian Federation, the corresponding analytical methods are approved of in the State Standard of Russia and are also put into practice.

Rospotrebnadzor constantly was taking control over utilizing safe technologies of CW decommission, population health and environmental monitoring, participating in the system of emergency measures and local organs coping with protecting the population in case of a disaster, both within the limits of the territory of protection measures and outside it.

During the work of the CW decommission objects, according to environmental monitoring data, there were no cases of exceeding hygiene

norms in the environment within the limits of the settlements of the sanitary-safety zones and safety zones that are under control. There is no direct correlation between the disease rate of the population living within the zone of protective measures and the environmental pollution. It is stated that health problems of the population are connected with their age and gender, unfavorable social conditions and they correspond to the average ones within the country. The results of social-hygiene monitoring of the environmental objects show that there are no specific changes in the elements of the environment that could be caused by the work of CW storage and decommission objects.

According to the federal special program «Chemical weapons stores decommission in the Russian Federation», not only chemical weapons decommission objects should be built but also certain measures should be taken in order to develop the social infrastructure in the areas where chemical weapons decommission takes place. This means that social and engineering buildings should be built and launched, engineering and transport connections should be reconstructed and built in the interest of the regions within the Russian Federation where the plants of chemical weapons destruction are situated.

The program determines the development of social infrastructure within the areas of chemical weapons decommission plants in advance. This would account for 10% of the cost of the decommission plants.

The public buildings near chemical weapons decommission factories become a municipal property of the corresponding executive bodies of the regions of the Russian Federation according to Rosimushchestvo decision of the state commissioner Minprodtorg (Ministry of Trade) of Russia.

The list of social infrastructure buildings, the time of their building and launch is determined by technical-economic reasons for plants of chemical weapons storage and decommission.

Constructing houses, hospitals, public buildings, engineering buildings, gas supply, water- heat- and electricity supply considerably contribute to improving social conditions of the citizens, living and working in the safety zones around the plants of chemical weapons storage and decommission.

By 31 December 2009 over 8 360 million rubles was spent on social and engineering buildings for the purpose of developing the areas

where objects of chemical weapons storage and decommission are situated.

In the areas of objects of CWD over 200 social and engineering objects were built, reconstructed and launched, including 149 residential blocks, 12 states educational establishments, kindergartens and nursery schools, 3 social clubs, 12 health and sports centers (including 3 sports complexes, with a water sports complex), 7 electrical power stations, 11 boiler houses. There are also many kilometers of gas- water- and heat- and drain-pipes, connections and signalization, road communications and others.

The conditions of the global economic crises, as well as difficult economic situation in the country made the Government of the Russian Federation take different measures for stabilizing economics, including the measures of minimizing the budget spending. This work also deals with minimizing the expenses according to the federal special program «Destructing Chemical Weapons Stores in the Russian Federation».

It is necessary to say that for today social and engineering buildings are constructed only in accordance with the List of social buildings in the interests of the regions' development at the expense of the federal budget investments, approved in accordance with established procedure.

The current year the Department of Convention Realization of Minprodtorg of Russia and the Federal Department for Safe Storing and Decommission of Chemical Weapons, on the basis of the offers of the government of the Udmurt republic and the heads of the administrations of Saratov, Kirov, Penza, Bryansk and Kurgan regions have carried out some work on specifying and optimizing the lists of social and engineering buildings. Nowadays there takes place the final stage of determining and approving the lists of social and engineering buildings by the heads of administrations of Saratov, Kirov and Kurgan regions. The governments of the Udmurt republic as well as the heads of the administrations of Penza and Bryansk regions have already finished and approved the corresponding lists.

In 2010–2012 the main task will be to complete and the social buildings will be launched that are already being built with all the necessary supporting documents.

International cooperation is an extra financing source for chemical weapons stores decommission, conversion and destructing the plants that produced chemical weapons, as well as cleaning up the hazardous results or their work.

There are good examples of international help. With the help of some countries, mostly,

of Germany, the first chemical weapons decommission plant was launched in the settlement Gorniy in Saratov region. That allowed us to complete the first stage of the Chemical Weapon Decommission. Financial support on the first stage of Russian-German cooperation in Gorniy settlement in Saratov region is about 50 million euro.

About 154 million euro Germany contributed to building a high-tech plant of wastes thermal destruction, including the burning line and drain pipes as well as an appliance for emptying the cisterns at the plant «Kambarka» in the Udmurt republic.

The third large project, that is financially supported by Germany since 2007, and the total sum of which is up to 140 million dollars, consists in building a factory for burning reaction masses and wastes of CWD at the plant «Potchep» in Bryansk region. This plant is to be equipped the most up-to-date. The joint project is to be finished in June 2010.

On the whole, the government of Germany has spent over 300 million euro for the purposes of chemical disarmament in Russia.

It is important that all the seven plants of chemical weapon decommission within Russia have been or are being created with international contribution. The largest sums of international aid were donated for the plants «Shchuchye» – 44,6 %, «Kambarka» – 20%, «Gorniy» – 14%.

Taking into consideration the sums donated for the chemical disarmament program in the Russian Federation one should keep in mind that the amount of international aid for certain measures for chemical weapons disarmament accounts only for 40% of the whole sum declared earlier. In this account the real aid is not really enough for fulfilling the chemical disarmament program though it is necessary for fulfilling the obligations taken as for building the plants of chemical weapons decommission according to the Convention.

As a result of the work that is being done by the Ministry of Foreign Affairs of Russia, Minprodtorg of Russia and by all the participants of the joint projects, lately the world community has been acknowledging the fact that helping Russia in decommission of its stores of chemical weapons meets the interests of all the countries. The world community is unanimous that only decommission of all the stores of chemical weapons in the world could guarantee common safety.

To draw the conclusion of many-years cooperation in this sphere Russia highly appreciates all the participants of the chemical weapons dis-

armament program in the Russian Federation. In 2002 it was developed within the framework of the program «Partnership» that was accepted in Kanaksis (Canada) by the countries of the G8. Russia also hopes to develop this important international program until all the tasks of chemical weapons decommission are fulfilled within the Russian Federation.

Nowadays international cooperation within the framework of the program has three directions: constructing the second launch complex of the chemical weapon decommission plant in the town Shchuchye in Kurgan region, building chemical weapon decommission plants in the town Potchep in Bryansk region and in the settlement Kizner of the Udmurt republic.

As for our cooperation with the USA, the works are coming to the end now within the framework of three-side state contracts on plant building in the town Shchuchye. The new model of cooperation chosen by the Russian and American parties in May 2007 after signing the common agreement between the Ministry of Defense of the USA and the Federal agency of Industry of Russia dealing with constructing the plant in Shchuchyansky area of Kurgan region proved to be highly effective. With the assistance of the USA the construction of the industrial zone of the plant is being finished in the town Shchuchye. In 2009 the sum donated accounted for 99,8 million US dollars.

Cooperation with the USA has been developing successfully. The government of the USA agreed to help with the maintenance of the equipment installed during the plant's work. The amount of the US government aid for building the CWD plant in Shchuchye accounts for 36% (and of the other countries that took part in the construction – 8,6%).

Russian-Swiss cooperation within the framework of the Agreement between the Government of the Russian Federation and the Government of Switzerland from 28th January 2004 is one of the examples of successful cooperation. According to this Agreement nowadays one of the joint projects is being finished, that aims at equipment supply for the project's energy support of the plant in the town Potchep.

Earlier the Swiss Confederacy contributed to constructing the plants of chemical weapons decommission in the town of Shchuchye in Kurgan region, in the town of Kambarka of the Udmurt republic, in the settlement Maradikovskiy in Kirov region and in the settlement Leonidovka in Penza region.

According to the executive agreement between the Ministry of Industry and Trade of the

Russian Federation and the Ministry of Foreign Affairs and International Trade of Canada on cooperation in the interests of constructing the plant of chemical weapon decommission in the settlement of Kizner in the Udmurt republic from 7th November 2008, the government of Canada have donated a considerable sum for making and dispatching the equipment for the main industrial buildings of the plant. From December 2008 after signing the first contract by the Canadian party the joint project are being worked over.

Within the framework of intergovernmental agreement with the Republic of France from 4 February 2006, in 2009 they work over the joint project of making the system of ecological monitoring at the chemical weapons decommission plant in the town of Shchuchye in Kurgan region. The project is fulfilled on the basis of the Executive agreement from the 4th July 2007 between Rosprom and the Commissariat on Atomic Power of the republic of France, the financing of the project accounts for 6,7 million euro.

Joint projects of supply with mobile laboratories of atmospheric air, water and soil control as well as with medical equipment for outpatient diagnostic clinics are passing the stage of acceptance. This is to be done for the chemical weapons decommission plant in the settlement of Kizner in the Udmurt republic. The sum of money is to get within the framework of the protocol from 17th April 2003 that supplements the intergovernmental agreement from 20 January 2000.

16 states: the USA, Germany, Canada, France, Italy, Great Britain, Norway, The Czech republic, Ireland, Belgium, Sweden, the Netherlands, New Zealand, Switzerland, Poland, Finland, as well as the European Union and the American Fund «Initiative on Reducing Nuclear Danger» have been participating in the program of international support of chemical disarmament.

We are very grateful to the Governments of the above mentioned states for their help in constructing the industry powers of chemical weapons decommission. But for their help it would have been very problematic to achieve such results.

The Department of conventional obligations pays much attention to constant and urgent informing federal and regional executive and legislative powers, social organizations, mass media and population about a broad variety of problems dealing with chemical disarmament. A well-formed and tested system of collecting, analyzing, spreading information on the problems of chemical weapons disarmament in Rus-

sia on the federal, regional and municipal levels contributes to it. The Minpromtorg of Russia and the Federal Department of safe keeping and decommission of chemical weapons, together with FSD «The Publishing House «Rossiyskaya Gazeta» (Russian Newspaper) function as the coordination centre of this work, these organizations have organized and are taking part in scientific-methodological, informational-analytic and propaganda work on all the levels. Informational support is also fulfilled by over 40 organizations.

To fulfill this work different types of activity are used, the main of them are work with printed, television, radio and electronic mass media; publishing and spreading books, magazines, reference literature, information bulletins, brochures, booklets, special editions; organization of different events such as press-conferences, «round tables», telephone «help desks», visiting CWD plants, organizing meetings, seminars and using other forms and methods of interactions with the population and social organizations, sociological research.

To spread the information even more the FSD «The Publishing House «Rossiyskaya Gazeta» (Russian Newspaper) cooperates with the leading printed mass media, radio and television within the sites of CW storing and decommission. Only by the contract with «Rossiyskaya Gazeta» and its branches there work 36 regional, district and local newspapers. By end of December 2009 200 articles on Federal Special Program of CWD were published. The total circulation of newspapers for 12 months accounts for 7,5 millions of copies for the last 12 months.

Federal issues publications and regional columns are published in internet in the sites of «Rossiyskaya Gazeta» and the open on-line magazine «Chemical Disarmament». This contributes to increasing the circulation of printed mass media and consequently to increase the number of readers by several times.

The population is constantly informed about all the problems of chemical disarmament in the regions of CW storing and decommission by regional channels and radiostations.

The co-producer of the work, the informational agency ARMS-TASS, supports the information for FSP CWD using the channels of ITAR-TASS. This year over 200 informational projects were prepared, they were released on the informational basis of ITAR-TASS/ARMS-TASS and they include orders, interviews, commentaries, evaluations in Russian, English, French, German, Spanish and Arabic.

It is evident that articles, reports, tele- and radio reportages are not able to influence the attitude of the population to the problems to the full. A broad variety of means, forms and methods as well as a constant dialogue of all the branches of power with the population living within the safety zone is necessary. This could help to achieve adequate attitude of the population living within the safety zone to the problems of CWD. Aiming at that we try to improve the style and methods of work with the population, social organizations and mass media, to broaden the variety of measures and instruments for the sake of urgent, constant and objective informing the population.

We are looking into the future and we are getting ready to solve new, more important and complex tasks that are characterized with a large amount of CW that is to be decommissioned in the Russian Federation in 2010–2012 and, consequently, with growing intensity and scales of the work on constructing new powers and increasing the powers of the already existing chemical weapons decommission plans during this period.

The Russian Federation must fulfill the forth final stage according to the Convention to decommiss 22 000 tons of PS.

To fulfill this task it is necessary to cope with the complex of systematic measures in CW decommission plants (in the settlement Leonidovo of Penza region, in the settlement Maradikovskiy in Kirov region and in the town Shchuchye in Kurgan region) and newly built chemical weapons decommission objects.

At the same time it is supposed to finish constructing and to launch two new chemical weapons decommission plants within the shortest period of time (within 1-1,5 years) – in the town Potchep in Bryansk region and in the settlement Kizner in the Udmurt republic.

As it was done earlier, the financing of works on the Convention fulfillment is done generally from the federal budget.

Besides, for the purpose of fulfilling the convention the international financial aid to Russia remains the most important element of chemical disarmament within the framework of the program «Global Partnership».

Russia has completed the 3d stage of chemical weapons decommission managing the federal special program «Chemical Weapons stores Decommission in the RF», it has an experience of solving complex, difficult and ambiguous tasks in many-sided field of chemical disarmament, Russia is ready to fulfill the 4th final stage.

**Выполнение Российской Федерацией
третьего этапа работ в соответствии с положениями
Конвенции о запрещении химического оружия**

© 2010. В.П. Капашин, д.т.н., генерал-полковник, начальник, Е.П. Афанасенко, к.т.н.,
подполковник, помощник начальника, А.В. Назаров, старший юрист-консульт,
Федеральное управление по безопасному хранению и уничтожению химического оружия,
e-mail: gcofubhuho@mail.ru

Приведены результаты досрочного выполнения 3-го этапа международных конвенционных обязательств на российских объектах уничтожения химического оружия. Приведён комплекс мероприятий по обеспечению безопасного хранения химического оружия. Отражены итоги развития социальной инфраструктуры в регионах, где строятся и функционируют объекты уничтожения химического оружия.

The article shows the results of fulfilling the 3d stage of the international convention at chemical weapons decommission objects within Russia before time. Specific measures are taken for safe storage and decommission of chemical weapons. The article also shows the results of developing social infrastructure in the regions whith plants of chemical weapons storage and decommission.

Ключевые слова: химические объекты, уничтожение химического оружия,
системы безопасности, социальная инфраструктура

Key words: chemical plants, chemical weapons decommission, systems of safety,
social infrastructure

25 ноября 2009 г. в Российской Федерации было уничтожено химическое оружие категории 1 в количестве 18 тыс. т, или 45% от его общих запасов. Таким образом, Российская Федерация досрочно выполнила третий этап международных обязательств по «Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении».

I. Объекты уничтожения химического оружия

Первый российский объект по уничтожению химического оружия в п. Горный Саратовской области был построен и введен в эксплуатацию 19 декабря 2002 г. (рис. 1). Инспекционной группой Организации по запрещению химического оружия 13 декабря 2005 г. было сертифицировано завершение уничтожения всех запасов кожно-нарывных отравляющих веществ, хранящихся на данном объекте. На объекте в п. Горный уничтожено: иприта – около 692 т, люизита – около 256 т, смеси иприта с люизитом – более 123 т, иприта с люизитом в дихлорэтаноле – более 71 т, иприт в нефтепродуктах – примерно 1 т. Всего уничтожено 1143,202 т отравляющих веществ. Осуществлена высокотемпературная переработка более 1301,81 т реакционных масс

(РМ) от уничтожения иприта. Подвергнуто битумированию 364,07 т РМ от уничтожения двойных смесей (переработаны полностью) и 290 т РМ от уничтожения тройных смесей. Из 1142,8 тонны РМ от уничтожения люизита методом электролиза переработано 18 т РМ с получением мышьяка и гипохлорита натрия.

Кроме того, на объекте переработано 295,145 т твёрдых и 54866,48 т жидких отходов, образовавшихся в процессе уничтожения химического оружия. Эти процессы продолжаются и в настоящее время, поскольку объект функционирует.

На объект поставлено 10,411 тысяч т сухих солей после уничтожения люизита с объекта по уничтожению химического оружия (УХО) в г. Камбарка. Продолжаются работы в направлении перепрофилирования данного объекта в плане увеличения его производительности по переработке сухих солей и получения товарной продукции в виде мышьяка и оксида мышьяка.

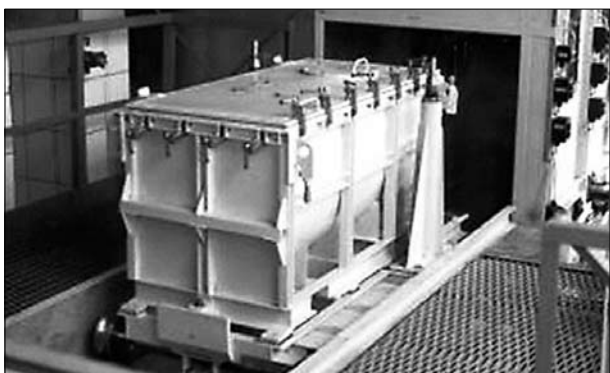
Объект по УХО в г. Камбарка Удмуртской Республики начал работу 1 марта 2006 г. (рис. 2). 30 марта 2009 г. инспекционной группой Организации по запрещению химического оружия было сертифицировано завершение уничтожения всех запасов люизита, которые хранились на данном объекте. На объекте уничтожено 6 349 т люизита.



Корпус термического обезвреживания



Административно-бытовой комплекс



Подача контейнера в камеру расщаряжения



Пунт контроля растарки бочек с люизитом

Рис. 1. Объект по уничтожению химического оружия в п. Горный Саратовской области



Общий вид промышленной зоны



Передвижной трансбордер



Помещение приготовления щелочи



Установка «Глатт» сушки и грануляции неорганических солей

Рис. 2. Объект по уничтожению химического оружия в г. Камбарка Удмуртской Республики



Общий вид промышленной зоны



Установка расснаряжения авиационных химических боеприпасов



Практические работы по уничтожению авиационных химических боеприпасов



Пост расснаряжения авиационных химических боеприпасов

Рис. 3. Объект по уничтожению химического оружия «Марадыковский» в Кировской области

Получено примерно 40058,8 т РМ, из которых 39 758 т переработаны в сухие соли, которые направлены на объект в п. Горный Саратовской области. Кроме того, на объекте переработано 360,59 т твёрдых и 137,35 тыс. т жидких отходов, образовавшихся в процессе уничтожения химического оружия.

18 января 2005 г. была заложена памятная капсула в фундамент будущего **объекта по уничтожению химического оружия «Марадыковский» в Кировской области**, 8 сентября 2006 г. начал функционировать первый пусковой комплекс первой очереди данного объекта (рис. 3). В начале эксплуатации объекта подверглись уничтожению крупногабаритные химические боеприпасы с Ви-икс. 27 июля 2009 г. на объекте был запущен четвёртый пусковой комплекс по уничтожению химических боеприпасов с заринном. По состоянию на 25 ноября 2009 г. на объекте уничтожено 4779,34 т отравляющих веществ, что составляет 69,4% хранившихся здесь запасов.

В сентябре 2008 г. закончилось интенсивное строительство **объекта по УХО в п. Леонидовка Пензенской области** (рис. 4). Сейчас это полномасштабный комплекс, практически однотипный с объектом «Марадыковский». Здесь, на 25 ноября 2009 г.,

было уничтожено 4772,29 т отравляющих веществ, что составляет 69,6% от хранящихся здесь запасов.

В г. **Щучье Курганской области** **расположен объект по хранению и уничтожению химического оружия** (рис. 5), где в артиллерийских боеприпасах находится 5 457 т отравляющих веществ. 29 мая 2009 г. здесь состоялись официальные мероприятия, посвящённые вводу первого пускового комплекса пятого объекта по хранению и уничтожению химического оружия в РФ. На 25 ноября 2009 г. на объекте уничтожено 954,374 т отравляющих веществ, или 17,6% от хранящихся здесь запасов.

10 июня 2008 г. заложен фундамент **шестого российского комплекса по уничтожению химического оружия в г. Почеп Брянской области** (рис. 6). Это крупнейший в Европе арсенал хранения боевых отравляющих веществ – зарина, зомана, Ви-икс-газов.

Начиная с мая 2008 г. ведутся работы по подготовке строительной площадки для очередного **объекта в г. Кизнер Удмуртской республики** (рис. 7). Работы по уничтожению отравляющих веществ на данном объекте планируется начать в 2010 г.

Таким образом, Россия, последовательно вводя в строй объекты по уничтожению хими-



Производственные корпуса



Аналитическая лаборатория



Линия залива реагента



Практические работы по уничтожению химического оружия

Рис. 4. Объект по уничтожению химического оружия в п. Леонидовка Пензенской области

ческого оружия, предъявляет убедительные доказательства выполнения своих международных обязательств.

II. Создание объектов социальной инфраструктуры

Строительство объектов социальной инфраструктуры осуществляется в соответствии с разделом 3 Федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации». На эти цели

предусмотрено выделение до 10% стоимости создания объектов по УХО. Строительство ведется согласно Перечням, утверждённым администрациями регионов и государственным заказчиком.

Для создания объектов социальной инфраструктуры в районе размещения объекта хранения и уничтожения химического оружия в Саратовской области по Программе выделено 812,8 млн. руб., освоено 722,1 млн. руб. Из запланированного по Перечню 101 объекта сдано 95, в том числе многоквартирных жи-



Рис. 5. Объект по уничтожению химического оружия в г. Щучье Курганской области



Рис. 6. Объект по уничтожению химического оружия в г. Почеп Брянской области



Рис. 7. Объект по уничтожению химического оружия в г. Кизнер Удмуртской Республики



Рис. 8. Жилые дома в п. Михайловский Саратовской области

лых домов – 6, жилых домов усадебного типа – 77 (рис. 8), здание РОВД, две автодороги, пять объектов инженерных сетей и сооружений, Дом культуры, спорткомплекс, больница и пожарное депо.

По федеральной целевой программе для создания объектов социальной инфраструктуры в районе размещения объекта хранения и уничтожения химического оружия в Кировской области выделено 1 млрд. 255,1 млн. руб., освоено более 1 млрд. руб. Из 22 объектов, предусмотренных Перечнем, сдано 14 объектов: пять многоквартирных жилых домов, автодорога, инженерные сети и сооружения, две школы, котельная (рис. 9).

В соответствии с ФЦП «Уничтожение запасов химического оружия в РФ» для Пензенской области выделено 1 млрд. 156,7 млн. руб., освоено 1 млрд. 115,2 млн. руб. Из включённых в Перечень 12 объектов сдано 8, в том числе автодорога, инженерные сети и сооружения, больница (рис. 10).

Под объекты социальной инфраструктуры района размещения объекта хранения и уничтожения химического оружия в Брянской области по Программе выделено 1 млрд. 344, 9 млн. руб., освоено 1 млрд. 71 млн. руб. По Перечню запланировано строительство 16 объектов. Сдано четыре объекта: многоквартирный жилой дом,



Поликлинический консультационно-диагностический центр



Жилой дом



Средняя школа

Рис. 9. Объекты социальной инфраструктуры в Кировской области



Поликлинический консультационно-диагностический центр

Рис. 10. Объекты социальной инфраструктуры в Пензенской области



Инфекционное отделение ЦРБ (г. Почеп)



Средняя школа



Жилые дома



Поликлинический консультационно-диагностический центр

Рис. 11. Объекты социальной инфраструктуры в Брянской области

Рис. 12. Объекты социальной инфраструктуры в Курганской области

инженерные сети и сооружения, больница и школа (рис. 11).

В Курганской области для создания объектов социальной инфраструктуры в районе размещения объектов хранения и уничтожения химического оружия по Программе выделено 1 млрд. 441,3 млн. руб., освоено 1 млрд. 337,9 млн. руб. Из 29 запланированных по Перечню сдано 22 объекта, из них 18 жилых домов, инженерные сети, сооружения, школа и больница (рис. 12).

Для объектов социальной инфраструктуры г. Камбарка Удмуртской Республики по Программе выделено 1 млрд. 26 млн. руб., освоено 994,7 млн. руб. Из 17 включённых в Перечень объектов сдано 15, в том числе две больницы, две школы, четыре котельные, автостанция, баня, здание РОВД, три объекта инженерных сетей и сооружений и автодорога (рис. 13).

В соответствии с Федеральной целевой программой «Уничтожение запасов химического оружия в РФ» для г. Кизнер Удмуртской Республики выделено 1 млрд. 67,4 млн. руб., освоено 795,6 млн. руб. Перечень включает 9 объектов, из которых сданы многоквартирный жилой дом, больница и Дом культуры (рис. 14)

III. Организация обеспечения безопасного хранения химического оружия

Основной задачей, возложенной на Федеральное управление по безопасному хранению и уничтожению химического оружия, является обеспечение безопасности хранения химического оружия. Это комплекс мероприятий, проводимых с целью содержания химических боеприпасов в безопасном состоянии, обеспечения их сохранности и технической исправности.

В целях обеспечения безопасности при хранении и уничтожении химического оружия за последние пять лет проведены следующие работы:

- металлографическим методом обследовано 69,7 тыс. химических авиационных боеприпасов на объектах в пос. Леонидовка, г. Почеп, пос. Марадыковский, осуществлена оценка технического состояния и установлены сроки безопасного хранения 834 боевых частей ракет на объекте в г. Щучье;
- выполнены работы по металлографическому обследованию более 2 миллионов артиллерийских химических боеприпа-

сов ствольной артиллерии на объектах в г. Кизнер и г. Щучье;

– произведёны ремонт и модернизация комплексов по уничтожению аварийных химических боеприпасов на объектах в пос. Марадыковский, г. Почеп и г. Кизнер;

– изготовлено 300 герметичных контейнеров для хранения и транспортировки аварийных артиллерийских химических боеприпасов;

– на всех объектах по хранению и уничтожению ХО проведена огнезащитная обработка 142 хранилищ с химическими боеприпасами;

– в зоне установки периметровых средств обнаружения охранного периметра на площади более 200 гектаров проведены работы по удалению травянистой, древесно-кустарниковой и водной растительности гербицидами сплошного действия;

– средства индивидуальной защиты в количестве более 146 тыс. штук переданы администрациям соответствующих регионов для выдачи населению, проживающему в зонах защитных мероприятий объектов по хранению и уничтожению химического оружия;

– поставлено 271,4 тыс. индикаторных трубок и 140 тыс. индикаторных плоских элементов для обеспечения безопасности технического персонала при проведении специальных работ на объектах по хранению и уничтожению ХО, закуплены аварийные комплекты защитной одежды для отделов ликвидации аварийных ситуаций;

– проведён ремонт более 42 тыс. химических боеприпасов с заменой индикаторного покрытия;

– проведены техническое обслуживание и реконструкция существующих технических средств охраны и их оснащение современными объектовыми и периметровыми системами охраны и обороны в целях предотвращения несанкционированного проникновения на объектах по хранению и уничтожению химического оружия.

Установлено около 40 км инженерных заграждений, более 35 км периметровых средств обнаружения, более 20 км охранных периметров оборудовано техническими средствами наблюдения. Смонтированы и сданы в эксплуатацию 19 пуленепробиваемых наблюдательных вышек. На всех объектах организованы системы тревожно-вызывной сигнализации. Установлено 9 комплектов периметровых средств обнаружения, 32 комплекта объектовых средств обнаружения, 3 системы сбора и обработки информации и 3 системы оптико-электронного контроля.

Выполненный комплекс мероприятий по повышению эффективности охраны и обороны объектов Федерального управления в полном объёме позволяет решать поставленные задачи по предотвращению несанкционированного доступа за охранные периметры и в хранилища с отравляющими веществами объектов по хранению и уничтожению химического оружия.

28 августа 2009 г. Федеральному управлению по безопасному хранению и уничтожению химического оружия исполнилось 17 лет со дня его образования. За это время государственными заказчиками Федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» являлись Министерство обороны России, Российское агентство по боеприпасам,



Здание скорой медицинской помощи



Жилые дома

Рис. 13. Объекты социальной инфраструктуры в г. Камбарка Удмуртской Республики



Районная больница в п. Бемьж



Строительство Дома культуры в п. Кизнер

Рис. 14. Объекты социальной инфраструктуры в г. Кизнер Удмуртской Республики

Федеральное агентство по промышленности, в настоящее время Министерство промышленности и торговли России. Однако, несмотря на смену заказчика, роль Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия в решении задач химического разоружения постоянно возрастает.

Вобрав в себя опыт и знания многих специалистов: военных, учёных, инженеров, строителей и представителей других самых разных профессий, Федеральное управление по безопасному хранению и уничтожению химического оружия является уникальным подразделением, способным выполнить стоящие перед ним задачи химического разоружения.

**Система экологического мониторинга объектов
уничтожения химического оружия.
Опыт эксплуатации и основные направления развития**

© 2010. В.Н. Чупис, д.ф.-м.н., директор,
Государственный научно-исследовательский институт промышленной экологии,
e-mail: vit@sar-ecoinst.org

В Российской Федерации создана уникальная полномасштабная система государственного экологического контроля и мониторинга объектов хранения и объектов уничтожения химического оружия. К настоящему моменту накоплен более чем десятилетний опыт создания и эксплуатации системы. В статье рассматриваются научно-методические принципы создания и структура СГЭЖиМ, анализируются перспективы её дальнейшего развития.

A unique full-scale system of state ecological control and monitoring of chemical weapons storing and decommission plants has been worked out in the Russian Federation. By this time our experience of constructing and operating the system is over ten years old. The article deals with scientific-methodological principles of constructing and the structure of state ecological control and monitoring system and analyzes the ways of its development.

Ключевые слова: концепция экологического мониторинга,
оптимизация структуры и методического обеспечения СГЭЖиМ, химический,
токсикологический и биологический мониторинг

Key words: ecological monitoring conception,
structure and methodology optimization

Развитие современной промышленности приводит к нарастанию загрязнения окружающей среды, при этом в оборот вовлекаются все новые виды загрязнителей, обладающих повышенной опасностью для окружающей среды и здоровья человека. В настоящее время это мировая тенденция. Устойчивое развитие промышленности невозможно без создания систем, обеспечивающих наблюдение за безопасным функционированием опасных промышленных объектов и состоянием окружающей среды (ОС), в современной постановке вопроса – без систем экологического мониторинга. Такая постановка задачи отвечает классической концепции экологического мониторинга – информационной системы наблюдений, оценки и прогноза изменений в состоянии ОС с целью выделения антропогенной составляющей этих изменений на фоне природных процессов. Система экологического мониторинга должна накапливать, систематизировать и анализировать информацию:

- о состоянии окружающей среды;
- о причинах наблюдаемых и вероятных изменений состояния (т. е. об источниках и факторах воздействия);
- о допустимости изменений и нагрузок на компоненты природной среды (ПС) в целом;

– о существующих резервах биосферы.

В целом создание и практическая реализация концепции экологического мониторинга представляет собой крупную научную и практическую проблему, перспектива развития которой обусловлена переходом к управлению качеством работы промышленных объектов и качеством окружающей среды. Потребность в таком подходе актуальна для технически сложных промышленных объектов, вовлекающих в производственный оборот новые вещества и соединения с малоизученным влиянием на биоценозы. Именно к такому типу промышленных объектов относятся объекты уничтожения химического оружия (УХО), для которых в силу необходимости решения сложных проблем обеспечения экологически безопасного уничтожения ОВ актуальной задачей является получение максимально полной информации об их воздействии на окружающую среду. Эта особенность проблемы не позволяет ограничиться только экоаналитическими исследованиями и обуславливает использование комплексного подхода, основанного на сочетании химико-аналитических и биологических методов исследования состояния природной среды. Такая постановка задачи предоставляет уникальную возмож-

ность не только сформулировать принципы комплексного экологического мониторинга, но и обеспечить их практическую апробацию применительно к объектам по хранению и уничтожению химического оружия. В данном случае применительно к проблеме УХО уровень стоящих задач позволил, возможно, впервые в Российской Федерации, реализовать технологии исследований и обработки информации, характерные для современных систем экологического мониторинга.

Решающую роль в этом процессе играет развитие современной концепции мониторинга, интеграция различных видов мониторинга. Основное требование к проектируемым системам мониторинга состоит в обеспечении требуемой достоверности контроля (вероятности обнаружения) загрязняющих веществ в зонах техногенного влияния объектов, выявления объективной (выраженной в количественных показателях) оценки состояния окружающей среды. Это отражает современную тенденцию развития понятия мониторинга – от пассивной системы наблюдений за состоянием объекта (окружающей среды) к модельному исследованию состояния ОС, сочетающему систему наблюдений (измерений, анализов) с прогностической моделью взаимодействия объект – окружающая среда.

По существу, мониторинг представляет собой научно обоснованную и специальным образом спроектированную систему наблюдений, позволяющую с высокой достоверностью оценивать уровни загрязнения объектов окружающей среды. Экологический мониторинг – высокотехнологичная, в современной терминологии – интеллектуальная система, допускающая оптимизацию и позволяющая при минимуме привлекаемых средств производить максимально полную и достоверную информацию о состоянии окружающей среды.

Важное значение при организации экологического мониторинга отводится методам биомониторинга. Биологический мониторинг в соответствии со своим названием, целями и задачами предполагает наблюдение за биологическими системами в целом. Это означает проведение наблюдения как за биотопами, так и за биоценозами как составными частями любой экосистемы. Методы биотестирования значительно дешевле и чувствительнее химических методов анализа; с их помощью можно оценить синергическое действие токсикантов и биологические эффекты сверхмалых концентраций. Это принципиально важно при развитии системы экологического монито-

ринга объектов по уничтожению химического оружия. Другой важный аспект заключается в возможности прямой проверки токсичности компонентов природной среды (ПС) для биообъектов при проведении исследований в санитарно-защитных зонах (СЗЗ) и зонах защитных мероприятий (ЗЗМ) объектов УХО.

Необходимость создания эффективной системы экологического контроля и мониторинга как на объекте УХО, так и в обширной зоне потенциального воздействия особо опасных химических веществ, относящихся к классу супертоксикантов, поставили практическую задачу реализации в максимально возможной полноте современной концепции комплексного экологического мониторинга, привлечения для этих целей передового отечественного и зарубежного опыта и дальнейшего развития этих принципов для целей экологически безопасного уничтожения химического оружия в Российской Федерации.

Именно эти условия были положены в основу системы государственного экологического контроля и мониторинга (СГЭКиМ), работы по созданию которой в период с 2001-го по 2005 г. совместно с учёными и специалистами регионов проводил НИИ промышленной экологии. За этот период в регионах, на территории которых расположены арсеналы химического оружия, созданы и прошли государственную аккредитацию специализированные региональные центры СГЭКиМ, имеющие в своём составе современные, не уступающие лучшим зарубежным образцам лабораторные комплексы (всего для целей государственного контроля и мониторинга создана 21 химическая, биологическая и экотоксикологическая лаборатория), подобраны и обучены специалисты, проведены исследования по фоновому состоянию окружающей среды в районах расположения заводов.

Созданная СГЭКиМ обеспечивает контроль безопасности объектов УХО со стороны специально уполномоченных органов государственной исполнительной власти (в настоящее время – Ростехнадзор, Росприроднадзор, Росгидромета), а также администраций регионов и других органов, в чьём ведении находятся вопросы безопасного уничтожения химического оружия.

В состав СГЭКиМ также входит Федеральный информационный центр по проблемам обеспечения экологической безопасности, государственного экологического контроля и мониторинга окружающей среды при хранении, перевозке и уничтожении химического оружия, созданный для осуществления ин-

формационного обмена между подразделениями системы государственного экологического контроля и мониторинга, объектами УХО и контролирующими органами, в т. ч. для анализа и систематизации информации, обеспечивающих оценку и долговременный прогноз воздействия объектов УХО на окружающую среду. Структурная схема СГЭКиМ приведена на рисунке 1.

В соответствии с принятой методологией мониторинга объектов УХО анализ отобранных проб проводится по аттестованным методикам на биообъектах одновременно с проведением количественного химического анализа.

Биологические исследования должны проводиться по совокупности универсальных биотестов и биоиндикаторов (выбранных представительных биологических объектов), и при обнаружении экотоксичности анализи-

руемых проб (почвы, воды, атмосферного воздуха) проводится детальный количественный химический анализ с целью идентификации загрязняющих веществ (по полному для данного объекта перечню ЗВ).

В соответствии с требованиями действующих нормативных документов СГЭКиМ включает в себя две основные функциональные подсистемы:

- подсистему контроля соблюдения объектами УХО установленных экологических нормативов;
- подсистему экологического мониторинга состояния компонентов ПС за пределами объектов УХО в их СЗЗ и ЗЗМ.

СГЭКиМ обеспечивает комплексный анализ ЗВ на объекте УХО и в объектах ОС в СЗЗ и ЗЗМ, включающий экоаналитические исследования и проведение прямых

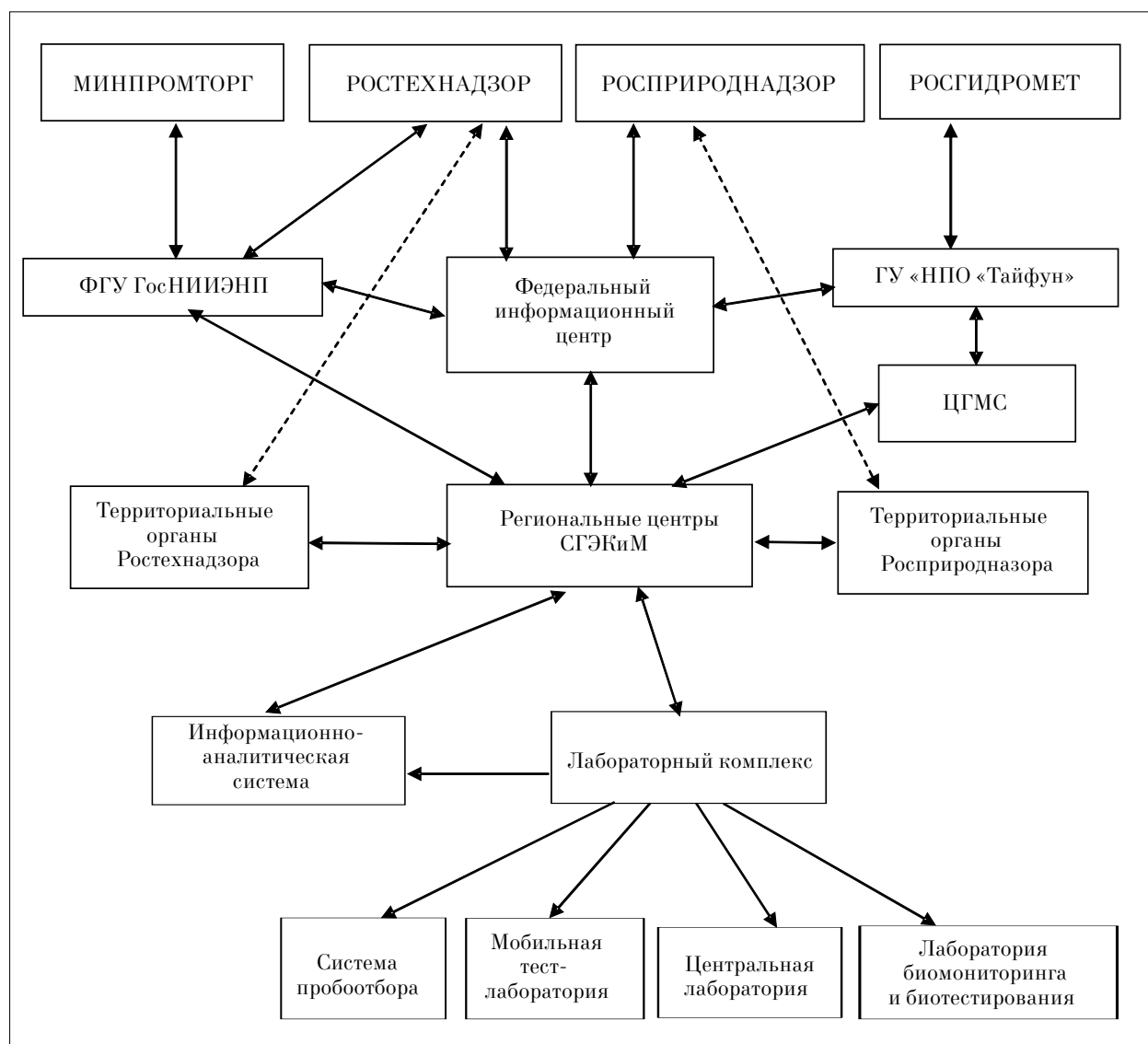


Рис. 1. Структурная схема системы государственного экологического контроля и мониторинга

токсикологических испытаний объектов ОС на стандартных тест-объектах по аттестованным методикам.

В состав каждого РЦ СГЭКиМ входят:

- центральная аналитическая лаборатория по контролю экологических нормативов на объектах УХО и мониторингу природных объектов в санитарно-защитных зонах и зонах защитных мероприятий (ОВ и продуктов их деструкции, специфических и общепромышленных веществ);
- лаборатория биомониторинга и биотестирования для количественной оценки токсичности объектов природной среды, а также отходов, образующихся при функционировании объектов УХО;
- мобильная система пробоотбора (для отбора проб на объектах и доставки их в центральную аналитическую лабораторию и лабораторию биомониторинга и биотестирования);
- информационный центр, включающий информационно-аналитическую компьютерную систему, предназначенную для отображения и анализа информации, исследования процессов накопления и распространения загрязняющих веществ в объектах окружающей среды, оценки статистической достоверности результатов мониторинга);
- рабочие терминалы РЦ СГЭКиМ, установленные в территориальных органах Росприроднадзора, Ростехнадзора и Росгидромета, а также в административных органах региона.

Все лабораторные комплексы РЦ СГЭКиМ прошли государственную аккредитацию на выполнение работ по контролю и мониторингу специфических (ОВ и продукты их деструкции) и общепромышленных загрязняющих веществ, в настоящее время уполномоченным органом Ростехрегулирования (ГНТЦ «Инверсия») проводится регулярный инспекционный контроль их деятельности и расширение области аккредитации. Во всех регионах проведён фоновый мониторинг для оценки исходного состояния окружающей среды на объектах УХО, а также на территории санитарно-защитных зон и зон защитных мероприятий.

Особенность предложенной и апробированной структуры экоаналитического контроля состоит в организации двухуровневой системы анализа проб, при котором первичный экоаналитический контроль проводится по минимальному числу характерных групп

повых признаков (маркеров) с последующим детальным анализом пробы в условиях укомплектованной высокоточным оборудованием стационарной лаборатории.

Работа тест-лаборатории, расположенной в ближайшем к объекту населённом пункте (или на мобильной лаборатории), включена в общую схему мониторинга, т. к. при обнаружении в пробах признаков наличия контролируемых специфических загрязнителей эти пробы должны передаваться для дальнейшего анализа в центральную лабораторию. Главная задача тест-лаборатории – определение наличия загрязнителей в воздухе, почве и воде не только в окрестностях объекта, но и на территории расположенных в пределах ЗЗМ населённых пунктов, в интересах местного населения. Это должно способствовать снижению социальной напряжённости, поскольку объекты УХО расположены в визуальной близости, фактически в 2-3-х километрах от заселённой зоны.

Система экологического мониторинга ОС должна обеспечивать возможности получения достоверной информации в условиях наличия большого количества случайных факторов, влияющих на распространение загрязняющих веществ (специфических и общепромышленных) в объектах природных сред (воздух, вода, почва). В данном случае важно определить оптимальную стратегию мониторинга, основанную на сочетании модельного аналитического подхода с обоснованными показателями приборного (экоаналитического) контроля (периодичности, плотности, привязки к местности), а также количество и состав средств контроля.

Основное требование к СГЭКиМ – получение максимально достоверной информации при минимуме проведенных наблюдений (измерений, анализов) предусматривает выполнение следующих условий:

- наличие репрезентативной (представительной) системы пробоотбора, достаточной для достоверного определения загрязняющих веществ в компонентах ПС (основные требования к системе пробоотбора изложены далее);
- регулярность и комплексность наблюдений (согласованность сроков проведения пробоотбора и анализов ЗВ в различных средах с учётом результатов моделирования рассеивания и распространения ЗВ в компонентах ПС);
- согласованность организации наблюдений и сроков отбора проб на источниках ЗВ на территории объекта и в компонентах ПС в установленной в СЗЗ и ЗЗМ системе

пробоотбора, которые являются основой при разработке регламента функционирования СГЭКиМ;

– проведение перед вводом в эксплуатацию СГЭКиМ исходного (фоновое) мониторинга по всем подлежащим контролю веществам и параметрам. Результаты исходного мониторинга согласовываются Росгидрометом и являются основой для оценки влияния объекта УХО на окружающую среду в течение всего времени функционирования СГЭКиМ.

Регламент функционирования СГЭКиМ основан на сочетании модельного аналитического подхода с замерами химических и физических характеристик источников ЗВ на территории (промплощадке) Объекта и исследования распределения концентраций ЗВ в компонентах ПС в СЗЗ и ЗЗМ (рис. 2). При проведении мониторинга окружающей среды в СЗЗ и ЗЗМ регламент мониторинга предусматривает предварительное определение зоны проведения наблюдений по результатам замеров на источниках загрязняющих веществ (или анализа воздушной среды на границе СЗЗ) с последующим расчётом рассеивания ЗВ и определением максимально вероятной зоны обнаружения загрязняющих веществ, рассеянных в окружающей среде. Установленная периодичность проведения сеансов пробоотбора и реализации алгоритма мониторинга составляет от 1 недели до 1 месяца, что обеспечивает высокую достоверность работы системы.

В состав лабораторного комплекса СГЭКиМ входят лаборатории биомониторинга и биотестирования, позволяющие вести наблюдения за токсичностью компонентов ПС в районе расположения объекта УХО. Принципиально важно, что входящий в состав системы комплексного мониторинга объекта биологический мониторинг позволяет дать оценку токсичности комплекса загрязняющих веществ, включая итоги трансформации и химических взаимодействий специфических и общепромышленных загрязняющих веществ при попадании их в окружающую среду. Фактически это наиболее перспективная и технически просто реализуемая технология экологического мониторинга, позволяющая проводить прямой анализ качества окружающей среды в СЗЗ и ЗЗМ объекта.

Токсичность определяется по наиболее чувствительному тест-организму. Использование нескольких тест-организмов существенно повышает точность проводимых исследований качества природных

сред. Методики, применяемые в лабораториях биомониторинга и биотестирования СГЭКиМ, метрологически аттестованы и допущены для целей государственного экологического контроля. Комплекс методик биотестирования позволяет проводить экспресс-оценку состояния окружающей среды, что имеет принципиальное значение при экологическом мониторинге объектов хранения и уничтожения химического оружия.

Реализованная в лабораториях СГЭКиМ многокомпонентная система биотестирования состоит из тест-организмов, относящихся к разным систематическим группам (микроорганизмы, растения, животные). Комплекс биологических и токсиколого-гигиенических исследований СГЭКиМ включает следующие направления:

- оценка токсичности методами биотестирования позволяет изучать токсичность природных сред на нескольких тест-объектах, относящихся к разным систематическим группам (микроорганизмы, низшие растения, беспозвоночные животные);
- оценка генотоксичности по ядрышково-му тесту и по хромосомным aberrациям;
- оценка острой и подострой (в месячном опыте) токсичности экстракта при пероральном введении на мышах.

Современными, надежными, оперативными и достаточно простыми методами оценки загрязнения окружающей среды и токсичности продуктов деструкции химических отравляющих веществ объектов УХО могут стать проходящие апробацию методы, основанные на измерении гематологических, биохимических и иммунологических показателей отдельных представительных видов мелких грызунов. Среди них особую значимость имеют показатели антиоксидантной системы – перекисного окисления белков и липидов, показатели энергетического обмена, белковообразующей и выделительной функции печени и почек, иммунной системы. Важнейшим аргументом в пользу этих методов является то, что скорость размножения и процессы метаболизма у мышей и крыс в десятки раз выше, чем у человека. Это позволяет делать достаточно быстро достоверные долгосрочные прогнозы по влиянию загрязняющих веществ в системах «токсикант – окружающая среда», «токсикант – живой организм», «доза – ответная реакция» для проведения природоохранных мер.

Схема проведения комплекса экоаналитических биологических и токсиколого-гигиенических исследований приведена на рис. 3.

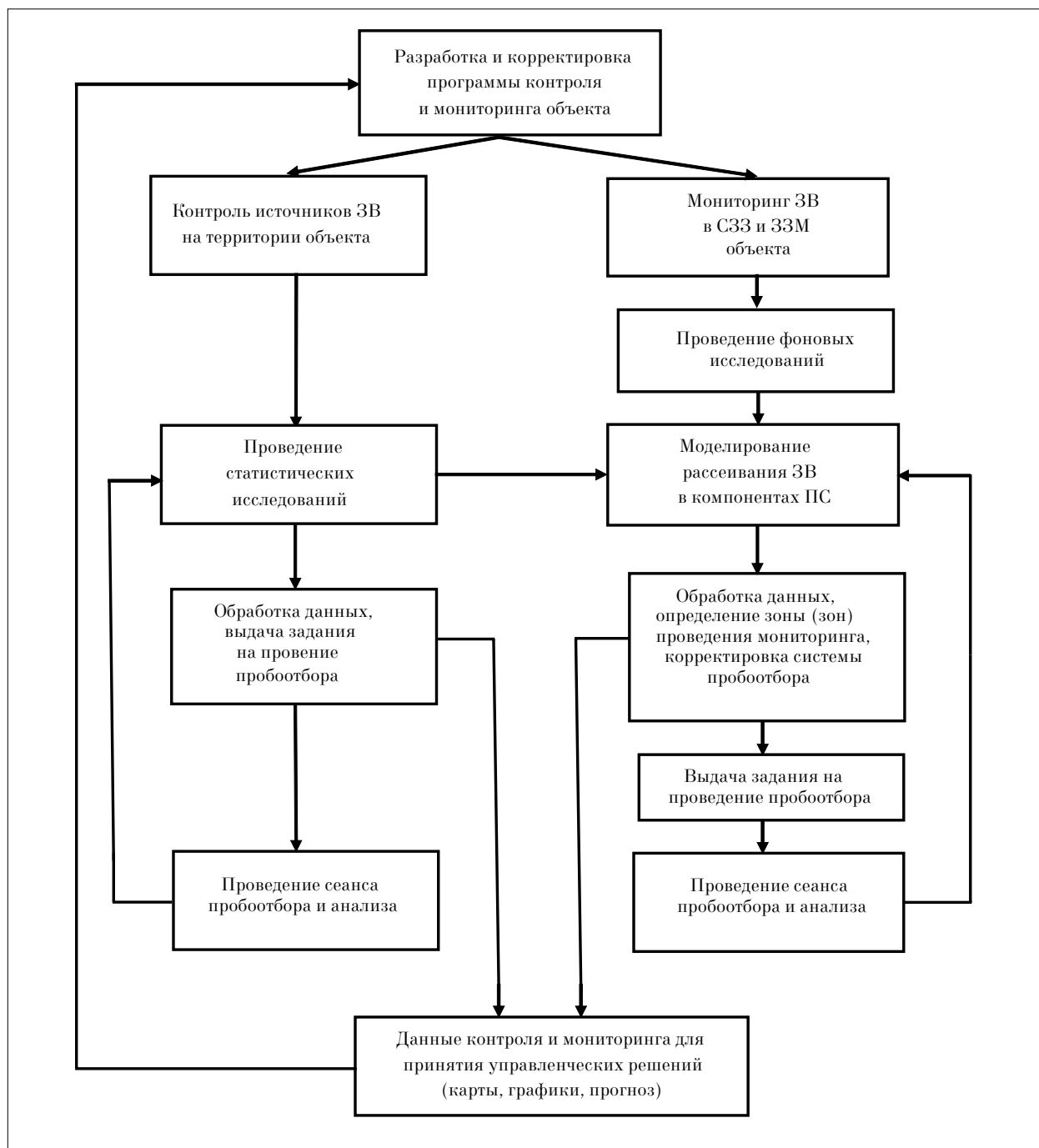


Рис. 2. Алгоритм проведения государственного экологического контроля и мониторинга объектов уничтожения химического оружия

Совмещение химического анализа объектов природной среды с токсикологическими испытаниями обеспечивает достоверную оценку работы объекта УХО. Этот эффективный, но, конечно, дорогостоящий метод впервые в таком масштабе реализован именно для объектов УХО, учитывая их социальное значение и международный характер проблемы уничтожения запасов химического оружия.

В 2008 г. региональными центрами начаты работы в области мониторинга жи-

вотного и растительного мира в зонах техногенного влияния опасных промышленных объектов.

В 2007 – 2009 гг. для обеспечения работ в области мониторинга животного и растительного мира на базе РЦ СГЭКиМ Пензенской и Курганской областей созданы две межрегиональные лаборатории: лаборатория экотоксикологии и лаборатория общей токсикологии, проводящие анализ опасных веществ и отходов, а также состояния объектов животного

мира по ряду биохимических и токсикологических показателей.

Это подводит значительный итог работы института и коллективов региональных центров: в чрезвычайно сжатые сроки создан один из главных инструментов обеспечения безопасного процесса уничтожения химического оружия в Российской Федерации. Это фактически открытая, «прозрачная» часть системы обеспечения безопасности объекта, дающая объективную информацию о процессе уничтожения химического оружия. В 2008 г. утверждён приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии разработанный ФГУ «ГосНИИЭНП» при участии НПО «Тайфун» Национальный стандарт «Системы экологического контроля и мониторинга. Общие руководящие указания по созданию, внедрению и обеспечению функционирования на объектах по уничтожению химического оружия».

Работа РЦ СГЭКиМ осуществляется на основании согласованных территориальными органами Ростехнадзора, Росгидромета и Росприроднадзора программ проведения регулярного экологического контроля и мониторинга и на основании предписаний территориальных органов Росприроднадзора и Ростехнадзора. Программы устанавливают требования к проведению государственного экологического

контроля на объектах УХО и мониторинга состояния окружающей среды в санитарно-защитных зонах и зонах защитных мероприятий (требования к периодичности пробоотбора, организации химико-аналитических (экоаналитических) измерений, реализации системы наблюдений и применению соответствующих оценочных процедур).

На объектах УХО проводится плановый контроль источников загрязняющих веществ (выбросов, сбросов, технологических вод, отходов и реакционных масс), а также мониторинг основных объектов природной среды (атмосферный воздух, почвенный покров, природная и грунтовая вода, снежный покров). Природная вода, грунтовые воды, снежный покров контролируются по 26 показателям, атмосферный воздух – по 8 показателям, почвенный покров, донные отложения – по 13 показателям. В соответствии с результатами биомониторинга точки, в которых выявлена высокая токсичность, контролируются с более высокой частотностью. Средние валовые показатели объема проводимых экоаналитических и биологических исследований в рамках экологического контроля и мониторинга объекта УХО составляют 236 точек и объектов контроля, 108 показателей.

В таблице приводятся данные, характеризующие работу СГЭКиМ действующих



Рис. 3. Организация наблюдений за состоянием компонентов природной среды

Таблица

Основные показатели, характеризующие объём работ, выполненных по программе СГЭЖиМ действующих объектов уничтожения химического оружия в РФ

| Наименование анализируемого объекта | Количество компонентоопределений по годам | | | | | | | | |
|-------------------------------------|---|------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | Всего |
| Промвыбросы | – | 71 | 497 | 109 | 140 | 128 | 211 | 285 | 1503 |
| Сточные воды | – | 58 | 298 | 58 | 285 | 401 | 523 | 994 | 2705 |
| Специфические отходы | – | 8 | 60 | 89 | 75 | 85 | 97 | 49 | 558 |
| Атмосферный воздух | 5 | 504 | 62 | 462 | 1673 | 3186 | 4315 | 11995 | 25189 |
| Природная вода | 115 | 1277 | 1437 | 1208 | 5885 | 8323 | 9641 | 5228 | 34192 |
| Грунтовая вода | – | – | 66 | 288 | 3959 | 3314 | 3754 | 3442 | 15822 |
| Почва | 2223 | 1596 | 2412 | 3642 | 12368 | 9897 | 11337 | 13009 | 59412 |
| Донные отложения | – | – | 574 | 574 | 1514 | 1737 | 2322 | 1742 | 8524 |
| Снежный покров | – | 56 | 168 | 203 | 2375 | 1902 | 21144 | 4463 | 32952 |
| ИТОГО | 2343 | 3570 | 5574 | 6633 | 28274 | 28973 | 53344 | 41207 | 158990 |

Примечание: – исследования не проводились.

объектов уничтожения химического оружия за период 2002 – 2009 гг.

В составе каждого РЦ СГЭЖиМ создан информационно-вычислительный комплекс, на базе которого реализуется система управления мониторингом. В автоматическом режиме рассчитываются поля рассеивания загрязняющих веществ и строятся карты, диаграммы, графики, автоматически составляется план проведения исследований во всех режимах, как штатных, так и нештатных. Это обеспечивает оперативное реагирование на любые ситуации, связанные с функционированием объекта УХО. Фактически вся система мониторинга автоматизирована и соответствует современным экологическим требованиям. Информация РЦ СГЭЖиМ о результатах контроля и мониторинга объектов поступает в природоохранные органы и служит основой для оценки их деятельности и принятия управленческих решений.

Организована система информационного обеспечения территориальных органов Ростехнадзора, Росприроднадзора и Росгидромета, где установлены компьютерные терминалы Федерального информационного центра по обеспечению государственного экологического контроля и мониторинга объектов по хранению и уничтожению химического оружия, на которые по согласованным формам поступает текущая и оперативная информация о результатах контроля и мониторинга. Информация передаётся также в виде справок и отчётов о состоянии окружающей среды на объектах УХО, а также в их СЗЗ и ЗЗМ. В центральный аппарат Ростехнадзора регулярно (ежеквартально) передаётся информация в виде обобщённых

отчётов и справок по результатам экологического контроля за деятельностью объектов УХО. В Федеральном управлении по безопасному хранению и уничтожению химического оружия установлен Центральный терминал федерального информационного центра, куда поступает систематизированная информация по результатам функционирования СГЭЖиМ.

Работа центров широко освещается в массовых изданиях – ежемесячно издаются и распространяются бюллетени с информацией о состоянии окружающей среды, ежеквартально выходят специальные выпуски на базе газеты «Известия», ежегодно издаются специализированные выпуски общественно-научного журнала «Теоретическая и прикладная экология», освещающие различные аспекты обеспечения экологической и медико-биологической безопасности процесса уничтожения химического оружия. На страницах данных тематических выпусков специалисты различных служб, контрольных и надзорных органов высказывают своё мнение о том, насколько безопасно работают объекты УХО и о мерах, предпринимаемых по обеспечению их безопасности.

Изложенные выше методические подходы представляют собой основу концепции экологического мониторинга, реализуемого на объектах УХО. Созданная система наблюдений за экологически безопасным функционированием объектов и состоянием окружающей среды представляет собой целостную систему взаимосвязанных показателей, максимально отвечающую как требованиям в области эффективности и достоверности, так и оптимизации структуры мониторинга и привлекаемых материально-технических средств.

Сравнительный анализ свойств и состава реакционной массы, полученной при уничтожении люизита, экспериментальным и балансовым методами

© 2010. О.Ю. Растегаев, к.х.н., начальник отдела, А.О. Малишевский, н.с., Т.П. Толоконникова, вед. инженер, В.И. Марьин, к.х.н., зам. начальника отдела, В.Н. Чупис, д.ф.-м.н., директор, Государственный научно-исследовательский институт промышленной экологии, e-mail: info@sar-ecoinst.org

Разработан метод балансового расчёта для идентификации отходов и контроля технологического процесса щелочного гидролиза люизита. Проведены исследования состава и свойств различных партий реакционной массы, образующейся при уничтожении люизита. Удовлетворительная корреляция между экспериментальным и балансовым методами установления состава позволяет применять сочетание этих методов при технологическом и экологическом контроле.

The method of balance calculations for wastes identification and control over technological process of lewisite alkali hydrolysis was worked out. Research of contents and properties of different parties of reaction mass resulting after lewisite decommission was carried out. Satisfactory correlation between the experimental and the balance methods of stating the contents lets utilize the both methods at once for technological and ecological control.

Ключевые слова: идентификация отходов, реакционные массы, экспертный анализ, расчётно-балансовый метод

Key words: wastes identification, reaction mass, expert analysis, accounting-balance method

Разработка экспрессных методов определения свойств отходов для целей паспортизации и сертификации технических продуктов и отходов на сегодня крайне необходима. Проведение сравнительных исследований состава и свойств сложных по составу химических смесей, к которым относятся реакционные массы (РМ), образующиеся после детоксикации отравляющих веществ (ОВ), экспериментальными и расчётно-балансовыми методами является актуальной задачей.

Поэтому целью настоящей работы является сравнительное исследование состава и свойств реакционной массы, полученной в процессе уничтожения люизита методом щелочного гидролиза, определение корреляций в использовании экспериментальных и балансовых методов при установлении состава.

Объектом исследований являлись различные партии РМ, образующиеся на объектах по уничтожению химического оружия (УХО) в пгт Горный Саратовской области и Камбарском районе Удмуртской Республики.

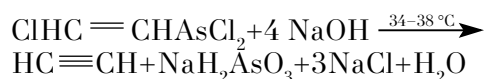
Состав получаемых целевых технических продуктов и образующихся отходов при реали-

зации одной технологической схемы зависит от различных факторов: состава примесей к основному исходному материалу (реагенту), погрешности дозирования реагентов и отладки оборудования, условий хранения полученных продуктов, качества вспомогательных веществ. При паспортизации отходов, как правило, устанавливают только химический состав без определения основных физико-химических свойств. Более правильным представляется подход, при котором на стадии паспортизации продукта (отхода) устанавливается зависимость «состав–свойства», на основании которой при последующей сертификации конкретной партии, например отходов, проводится проверка соответствия паспортным данным наиболее характерных свойств и содержания одного-двух компонентов.

Исследование состава отходов, в отличие от других объектов экоаналитического контроля, обязательно должно включать определение физико-химических показателей, которые в значительной степени упростят задачи идентификации вида отхода и установления класса опасности отходов. Совместное

определение физико-химических показателей и содержания химических компонентов позволяет сделать заключение о соответствии технологическому процессу, паспорту отхода, условиям размещения, вторичного использования, т. е. определить соответствие экологическим требованиям. В связи с указанными принципами определялись физико-химические свойства и химический состав РМ по следующим компонентам: люизит и другие органические примеси, соединения мышьяка различной валентности, хлорид натрия, щелочь, тяжёлые металлы, общая сера, общий хлор.

Обоснование перечня анализируемых компонентов и их расчётное количество проводилось на основании химизма процесса:



При уничтожении люизита был реализован метод щелочного гидролиза как наиболее технологически и экологически безопасный [1–4]. Люизит является химически активным соединением вследствие наличия в его молекуле кратной связи и хлорангидридной группировки – AsCl_2 . Многообразие реакций превращения люизита рассмотрено во многих работах [1–7]. Технический люизит представляет собой смесь α -люизита и примесей β -люизита, хлорида мышьяка (III) AsCl_3 и смол [3]. Под воздействием водных растворов NaOH технический люизит уже при 34–38 °С полностью гидролизуетсся с образованием ацетилена, кислого однозамещенного арсенита натрия и хлорида натрия [3] согласно выше приведенной схеме. Поскольку реакция протекает количественно, данное уравнение можно использовать для составления материального баланса.

В технологическом процессе утилизацию люизита проводят 6-кратным мольным избытком 20% водного раствора гидроксида натрия [3, 5, 8]. В качестве примесей в РМ можно ожидать продукты полимеризации самого люизита, ацетилена, винилхлорида, а также примеси (железо и легирующие тяжёлые металлы, серосодержащие соединения), обусловленные выщелачиванием материала оборудования, бочек для хранения, трубопроводов, резиновых герметизирующих материалов.

Определение остаточного люизита и других органических примесей.

Нами исследованы РМ с помощью метода хромато-масс-спектрометрии на наличие

остаточного количества люизита и других органических примесей. Учитывая, что люизит и другие полимерные продукты, образующиеся при его хранении, являются малополярными веществами, хромато-масс-спектрометрическому исследованию были подвергнуты гексановые экстракты РМ.

Для анализа α -люизита использовали метод предварительной дериватизации с применением 1,2-этандитиола. Масс-спектр деривата – (5-(2-хлорвинил)-1,4-дителиоарсолана) – содержит пик молекулярных ионов $[\text{M}]^+$ с m/z 228. Их основной распад приводит к ионам $[\text{M}-\text{C}_2\text{H}_4]^+$ с m/z 200 и $[\text{M}-\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}]^+$ с m/z 167.

Остальные направления фрагментации обусловлены образованием ионов $[\text{M}-\text{C}_2\text{H}_4-\text{Cl}]^+$ с m/z 165 и $[\text{M}-\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}-\text{C}_2\text{H}_4\text{S}]^+$ с m/z 107. В связи с этими данными нами были заданы в методе анализа параметры для реализации режима SIS и обозначены границы следующих диапазонов масс: 105–109, 164–169, 198–202, 225–230. Время удерживания 5-(2-хлорвинил)-1,4-дителиоарсолана составляло 9,7 мин.

Установлено, что во всех пробах РМ отсутствовал люизит в концентрациях $> 1,0 \cdot 10^{-6}$ мг/мл, на хроматограммах и масс-спектрах не обнаружены пики и сигналы, соответствующие 5-(2-хлорвинил)-1,4-дителиоарсолану. Кроме того, следует отметить отсутствие в пробах других органических соединений.

Анализ общей серы в РМ методом окислительной минерализации до сульфат-ионов показал, что её массовая доля составляет 0,03%. Поскольку сульфат-ионы по данным ионохроматографического и фотометрического анализов в РМ практически отсутствуют (на уровне 0,001%), то можно предположить, что обнаруженная сера в основном присутствует в виде комплексов и органических соединений.

Определение физико-химических свойств и неорганических компонентов. Физико-химические свойства и содержание неорганических компонентов в РМ представлены в таблице 1. Плотность изменяется в довольно узких пределах от 1,19 до 1,26 г/см³, а показатель преломления – от 1,37 до 1,39. Содержание мышьяка в РМ варьируется в пределах от 37 до 62 г/кг.

Мышьяк (III) в РМ присутствует в количестве не более 6%. Мышьяк (V) в РМ содержится в количестве не более 0,5%. Образование арсената натрия в РМ могло происходить по двум схемам.

Первая схема – окисление арсенита натрия кислородом воздуха представляется

Таблица 1

Физико-химические свойства и содержание неорганических компонентов в различных партиях РМ

| № п/п | Определяемый параметр | Результаты анализа, (X±Δ), г/кг при R=0,95 | | | | | | |
|----------|---|--|----------------------------------|------------------------|----------------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------------|
| | | 1 | 2* | 3* | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Внешний вид | Жидкость жёлтого цвета | Жидкость жёлто-коричневого цвета | Жидкость жёлтого цвета | Жидкость жёлто-коричневого цвета | Жидкость жёлтого цвета | Жидкость жёлтого цвета | Жидкость жёлто-коричневого цвета |
| 2 | Массовая концентрация мышьяка (III) | 49,40 ± 8,40 | 59,82 ± 10,17 | 33,75 ± 5,73 | 39,34 ± 6,69 | 34,32 ± 5,83 | 31,41 ± 5,34 | 34,83 ± 5,92 |
| 3 | Арсенит натрия | 126,54 ± 21,51 | 153,26 ± 26,05 | 86,46 ± 14,70 | 100,80 ± 17,13 | 87,93 ± 14,95 | 80,47 ± 13,68 | 89,23 ± 15,17 |
| 4 | Массовая концентрация мышьяка (V), (% от мышьяка (III)) | 0,65 ± 0,08 (4,3) | 1,98 ± 0,26 (3,3) | 4,88 ± 0,83 (14,5) | 3,43 ± 0,58 (8,7) | 2,95 ± 0,50 (8,6) | 4,06 ± 0,69 (12,9) | 3,05 ± 0,52 (8,8) |
| 5 | Арсенат натрия | 1,1 ± 0,24 | 5,49 ± 0,71 | 13,54 ± 2,30 | 9,52 ± 1,62 | 8,2 ± 1,4 | 11,27 ± 1,92 | 31,27 ± 5,32 |
| 6 | Массовая концентрация хлористого натрия | 116,55 ± 20,98 | 138,62 ± 24,95 | 91,17 ± 16,41 | 116,44 ± 20,96 | 110,96 ± 19,97 | 95,07 ± 17,11 | 119,98 ± 21,59 |
| 7 | Массовая концентрация гидроксида натрия (связанного в солях мышьяка + свободного) | 81,94 ± 9,83 | 53,32 ± 6,40 | 43,16 ± 5,18 | 93,74 ± 11,25 | 88,51 ± 10,62 | 65,39 ± 7,85 | 98,94 ± 11,87 |
| 8 | Плотность при 20 °С, см ³ | 1,2483 | 1,2511 | – | 1,2606 | 1,2337 | 1,1925 | 1,2631 |
| 9 | Показатель преломления, n _d ²⁰ | 1,3905 | 1,3894 | – | 1,3940 | 1,3868 | 1,3776 | 1,3940 |

Примечание: * – РМ, образующаяся на объекте УХО в Ка-мбарском районе Удмуртской Республики.

маловероятным, поскольку процессы окисления водных растворов неорганических соединений мышьяка протекают при барботировании воздуха при повышенных температурах (60–70 °С) в присутствии катализатора (30 мас. % солей меди от количества соли мышьяка) [9].

Вторая схема состоит в том, что при хранении технического люизита происходил гидролиз люизита до оксида люизита с последующим его окислением до виниларсоновой кислоты, а уже при осуществлении технологического процесса щелочной гидролиз виниларсоновой кислоты давал арсенат натрия. В пользу второй реакции свидетельствует также то, что окисление оксида люизита до виниларсоновой кислоты протекает в водных растворах при невысоких температурах [10].

Балансовый состав РМ и экспериментальные данные покомпонентного неорганического состава РМ представлены в таблице 2.

При сравнении экспериментальных данных и расчётных количеств компонентов РМ с учётом погрешности анализа наблюдается удовлетворительная корреляция по всем компонентам, за исключением свободной щелочи (рис. 1, 2). Экспериментальные данные отличаются от расчётных данных не более чем на 10%, а по суммарному содержанию – менее чем на 2%.

Анализ микропримесей металлов. Фотометрическим методом и методом масс-спектрометрии индуктивно связанной плазмы

установлено, что из тяжёлых металлов в РМ содержится железо в количестве 0,017% и медь в количестве 0,0001%, что, очевидно, связано с коррозией материала оборудования и стальных бочек, в которых хранились люизит и РМ.

Анализ окрашивающих примесей, выделенных из РМ. Окрашивающие примеси, присутствующие в РМ в количестве менее 1%, были проанализированы методом ИК-Фурье-спектроскопии. ИК-спектр (ν , см⁻¹): 3358 вал. ОН; 2962 ассим. вал. Н₃С, 2922 ассим. вал. Н₂С, 2868 алифат. симм. вал. Н-С; 2361; 1717 вал. С=О; 1449 ножничные карбоцикл. Н₂С, 1417 ножничные Н₂С, 1374 алиф. деф. Н₂С, ОН; 1267 веерные Н₂С, вал. С-О-С; 1030 скел.вал. С-N, карбоцикл. спирты С-О-С; 936 неплоские деф. ОН карбоновых кислот; 827 веерные деф. Н-С(=С), что соответствует наличию в олигомерах структурных фрагментов алифатических спиртов, карбоциклических карбоновых кислот. Хорошая растворимость окрашивающей примеси в щелочах и плохая растворимость в кислотах может быть объяснена наличием в её структуре карбоксильных групп.

Анализ осадка (шлама), образовавшегося при фильтровании РМ. При фильтровании РМ образуется осадок (шлам) чёрного цвета, не растворяющийся и плохо набухающий в органических растворителях (гексан, дихлорэтан, ацетонитрил, эфир, ацетон) с содержанием мышьяка 2,4%. Для анализа

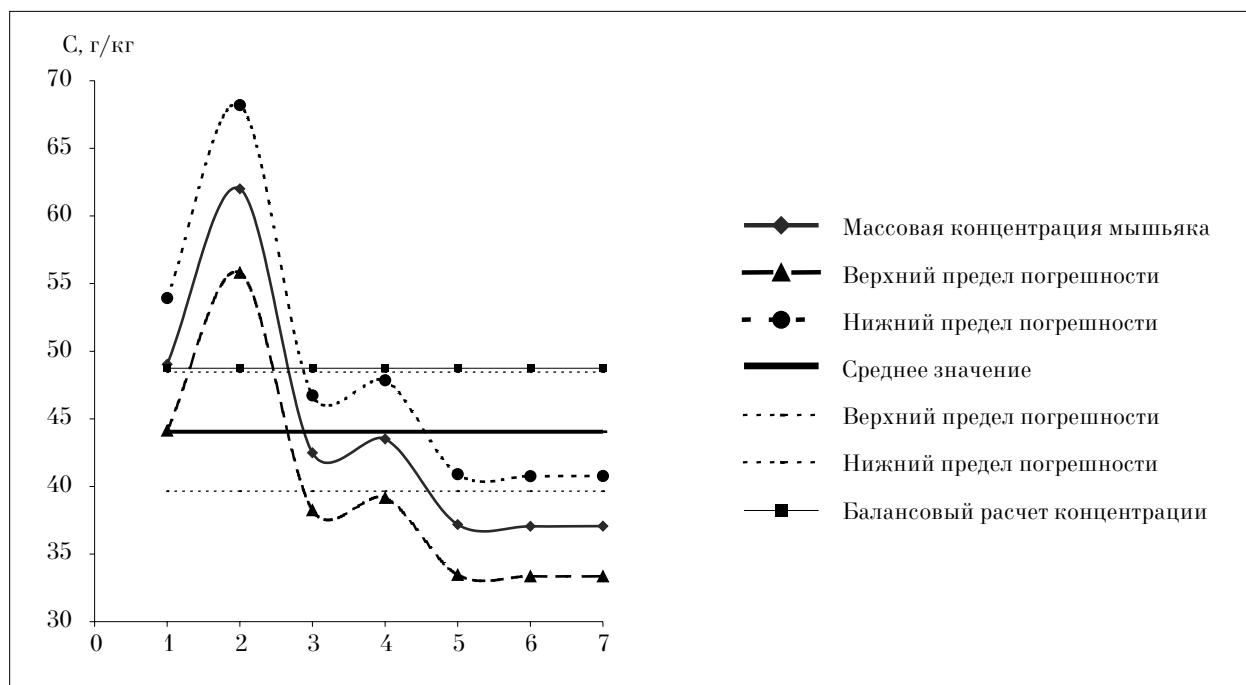


Рис. 1. Значения суммарных концентраций мышьяка, полученных экспериментальным и балансовым методом при анализе различных партий РМ

Таблица 2
Балансовый состав РМ и экспериментальные данные покомпонентного неорганического состава РМ

| № | Определяемый параметр | Результаты анализа, (X±Δ), г/кг при P=0,95 | | | | | | | Балансовое содержание, г/кг | |
|---|---|--|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------------|------------------|
| | | 1 | 2* | 3* | 4 | 5 | 6 | 7 | | Среднее значение |
| 1 | Суммарное содержание мышьяка | 49,03±4,90 | 62,00 ± 6,20 | 39,21±3,92 | 43,50±4,35 | 37,19±3,72 | 37,06±3,70 | 37,06±3,70 | 44,05 ± 4,40 | 48,74 |
| 2 | Хлориды | 70,63±12,71 | 84,01±15,12 | 55,28±9,95 | 68,29±8,87 | 70,49±9,16 | 61,53±7,99 | 79,38±10,32 | 69,96 ± 9,49 | 69,07 |
| 3 | Содержание гидроксида натрия свободного | 1,81±0,22 | Отсутствует | Отсутствует | 25,22±3,03 | 28,80±3,46 | 8,56±1,03 | 13,71±1,64 | 15,62 ± 1,87 | 5,674 |
| 4 | Суммарное содержание натрия | 92,35±13,85 | 109,59±16,44 | 64,27±6,43 | 99,72±14,96 | 94,55± 4,18 | 75,00±11,25 | 97,56±14,63 | 90,43 ± 13,56 | 92,88 |
| 5 | Массовая концентрация воды | 726,45 | 701,41 | 792,62 | 735,63 | 777,39 | 812,80 | 733,41 | 761,93 | 738,91 |
| 6 | Сумма компонентов РМ (баланс) | 985,28 | 1005,28 | 915,28 | 972,37 | 1008,43 | 994,96 | 961,13 | 977,53 | 955,27 |

Примечание: * – отмечена РМ, образующаяся на объекте УХО в Камбарском районе Удмуртской Республики.



Рис. 2. Общее серосодержание в различных партиях РМ

состава матрицы образец был обезвожен путём азеотропной отгонки с бензолом и исследован методом ИК-Фурье-спектроскопии. ИК-спектр имеет следующие полосы поглощения, (ν , см^{-1}): 2920 вал. $\text{H}-\text{C}(=\text{C})$; 1660 вал. $\text{C}=\text{C}$; 1430 деф. $\text{H}_2\text{C}(\text{C}=\text{C})$; 1100 вал. $\text{C}-\text{Cl}$; 990, 810 деф. $\text{H}-\dot{\text{C}}(=\text{C})$, что соответствует структуре полихлоропрена и согласуется с данными библиотечных спектров полимерных веществ Aldrich Polymers.

Экспериментальная часть

Хромато-масс-спектрометрический (ХМС) анализ. ХМС-анализ гексановых экстрактов проб РМ проводили на хромато-масс-спектрометре «Saturn 2200» фирмы «Varian» с кварцевой капиллярной колонкой CP-Sil 8CB Low Bleed фирмы «Varian» в следующем режиме программирования термостата колонки: 50 °С, выдержка 0 мин., в интервале 50–250 °С нагрев проводился со скоростью 15 °С/мин.; 250 °С, выдержка 6,67 мин.; общее время анализа – 20 мин.; температура инжектора (испарителя) модели 1079 составила 240 °С.

Газом-носителем являлся гелий, который подавался в колонку с постоянной скоростью 0,9 $\text{см}^3/\text{мин.}$, деление потока в соотношении 1:20 начиналось через 0,7 мин. Ввод пробы (объёмом $1 \times 10^{-3} \text{ см}^3$) осуществлялся с помощью

автосэмплера CP-8410. Масс-спектры получали при энергии ионизирующих электронов 70 эВ, температуре ионной ловушки – 190 °С, температуре трансферной линии – 220 °С.

Пробы для анализа методом ХМС готовили путём многократной экстракции гексаном РМ люизита и упаривания полученного экстракта в токе инертного газа с последующим добавлением к нему 1,2-этандитиола. Ряд проб для анализа готовили предварительной нейтрализацией РМ концентрированной соляной кислотой с последующей экстракцией и обработкой дериватизирующим реагентом.

Параллельно были приготовлены градуировочные гексановые растворы α -люизита с концентрациями $1,0 \cdot 10^{-2}$, $5,0 \cdot 10^{-3}$, $1,0 \cdot 10^{-3}$, $5,0 \cdot 10^{-4}$, $1,0 \cdot 10^{-4}$, $5,0 \cdot 10^{-5}$, $1,0 \cdot 10^{-5}$, $5,0 \cdot 10^{-6}$, $1,0 \cdot 10^{-6} \text{ мг/см}^3$, которые были обработаны 1,2-этандитиолом, и подвергнуты ХМС-анализу.

Анализ общей серы в РМ проводился методом окислительной минерализации до сульфат-ионов путём последовательной обработки пробы концентрированной азотной кислотой и перекисью водорода с дальнейшим турбидиметрическим определением с хлоридом бария.

Определение мышьяка (III) проводилось иодометрически в щелочной среде по реакции окисления до мышьяка (V) раство-

ром йода в бикарбонатной среде при pH 8,0 в присутствии крахмала.

Определение мышьяка (V) проводилось иодометрически в сильнокислой среде, соответствующей 4 М HCl.

Суммарное содержание соединений мышьяка определялось методом обратного титрования по ПНДФ 16.1:2.23.16-98, МВИ № 031-02-184-05; массовая концентрация хлористого натрия (по хлоридам) – титриметрически по МВИ № 031-02-219-06 и методом ионной хроматографии по ПНДФ 14.1:2:4.132-98, массовая концентрация воды, гидроксида натрия (щелочность общая) – титриметрически по МВИ № 031-02-220-06; суммарная концентрация натрия – методом пламенной фотометрии по ПНДФ 14.1:2:4.138-98; плотность – по ГОСТ 18995.1-73; показатель преломления – по ГОСТ 18995.2-73.

Выделение окрашивающих примесей из РМ. К 50 мл РМ прибавляют при охлаждении ледяной водой 12 мл концентрированной HCl до pH=1 по универсальной индикаторной бумаге, экстрагируют хлороформом 2 раза по 15 мл, хлороформный экстракт сушат прокаленным Na₂SO₄, хлороформ отгоняют с использованием роторного испарителя, получают 0,5 г (0,83 масс.%) жёлтой смолообразной массы.

ИК-Фурье-спектроскопический анализ. Анализ порошка шлама, обезвоженного путём азеотропной отгонки с бензолом, и образца окрашивающих примесей проведён на ИК-Фурье спектрометре «Nicolet 6700» с детектором DLaTGS с использованием приставок для анализа порошков и жидкостей SMART Multi-Bounce NATR, программное обеспечение с библиотекой стандартных спектров, включая спектры полимерных веществ Aldrich Polymers.

Выводы

Таким образом, предложен метод балансового расчёта для идентификации отходов и контроля технологического процесса щелочного гидролиза люизита. Предложены методические подходы по проведению исследования отхода – РМ от детоксикации люизита. Для этих целей установлен перечень физико-химических и химических показателей (плотность, вязкость, общее содержание мышьяка, общей щелочи, общего хлора), разработаны и апробированы соответствующие методики их

определения. Представлен детальный состав и зависимости физических величин (плотность, показатель преломления) от химического состава РМ в выборке из семи партий.

Балансовый метод может быть применён для оценки соблюдения технологического режима. Оценка соответствия РМ техническим регламентам может быть проведена по одному-двум физическим и химическим показателям без полного детального анализа состава каждой партии. Данный подход может быть рекомендован для использования в других технологических процессах.

Литература

1. Мачилз Дж.Б.Х., Верлан Б.Л., Даз А., Медема Я. Уничтожение люизита (сравнение трех методов) // Российский химический журнал. 1995. Т. 39. № 4. С. 37–42.
2. Франке З. Химия отравляющих веществ. М.: Химия, 1973. Т.1. 438 с.
3. Петрунин В.А., Баранов Ю.И., Кузнецов Б.А., Русанов В.М., Горский В.Г., Швыряев Б.В., Смирягина Т.Г., Сохадзе Л.А., Превезенцев Ю.В., Гореленко С.В. Математическое моделирование процесса щелочного гидролиза люизита // Российский химический журнал. 1995. Т. 39. № 4. С. 15–17.
4. Александров В.Н., Емельянов В.И. Отравляющие вещества. М.: Военное издательство, 1990. 271 с.
5. Умяров И.А., Кузнецов Б.А., Кротович И.Н., Холстов В.И., Соловьев В.К. Методы уничтожения и утилизации запасов люизита и иприта // Российский химический журнал. 1993. Т. 37. № 3. С. 25.
6. Федоров В.А., Ефремов А.А., Гринберг Е.Е., Жуков Э.Г., Баранов Ю.И., Кузнецов Б.А., Потепалов В.П., Холстов В.И. Проблемы получения мышьяка и его соединений особой чистоты на основе люизита // Российский химический журнал. 1994. Т. 38. № 2. С. 25.
7. Луганский И.Н., Папкина О.А., Чеботаев В.В. Уничтожение люизита с использованием методов полимеризации // Российский химический журнал. 1994. Т. 38. № 2. С. 36–39.
8. RU 2172196, МПК А62D3/00. Способ утилизации отравляющего вещества кожно-нарывного действия типа люизит. Опубликовано 20.08.2001.
9. Копылов Н.И., Каминский Ю.Д. Мышьяк. Новосибирск: Сиб. Унив. изд-во, 2004. 84 с.
10. Савин Ю.И., Вишенкова Е.М., Пасынкова Е.М. Исследование поведения иприта и люизита в воде и почве при условиях, имитирующих природные среды // Российский химический журнал. 1995. Т. 39. № 4. С. 121–123.

Использование изменчивости азотного обмена хвойных растений в биоиндикации

© 2010. А.И. Иванов¹, д.б.н., директор, А.П. Стаценко², д.б.н.,

¹Региональный центр государственного экологического контроля и мониторинга по Пензенской области,

²Пензенский государственный университет,
e-mail: rcgekim@mail.ru

В статье рассматриваются закономерности накопления стресс-индуцированного пролина в вегетативных органах хвойных растений в условиях химического загрязнения территорий.

The article discusses stress-induced prolin accumulation in vegetative parts of coniferous plants growing in chemically polluted areas.

Ключевые слова: стресс-индуцированный пролин, хвойные растения, химическое загрязнение

Key words: stress-induced prolin, coniferous plants, chemical pollution

Современное состояние окружающей природной среды и проблемы её охраны требуют постоянного совершенствования методов организации и проведения биомониторинга. В качестве объектов мониторинга часто используются вегетативные органы наиболее распространённых и чувствительных к загрязнению видов хвойных растений. Особое внимание при этом уделяется выбору максимально информативных тестов (параметров), характеризующих прежде всего функциональное состояние растения.

Физиологически важную группу азотистых соединений составляют аминокислоты, в связи с тем что они участвуют в синтезе ферментов, нуклеиновых и органических кислот, сложных углеводов, жиров и др. [1]. Содержание аминокислот является динамическим показателем, изменяющимся под действием различных факторов [2, 3].

Перспективным тестовым показателем стрессовых реакций в растениях является стресс-индуцированный пролин. Это протеиногенная аминокислота, содержание которой тесно связано с различным физиологическим состоянием растений. Названное обстоятельство указывает на особую роль пролина в метаболизме растительного организма, которая обусловлена его физико-химическими свойствами. В частности, пролин хорошо растворим в воде (6,5 моль/л при температуре 25 °С). В водных растворах эта аминокислота обладает нетипичными для низкомолеку-

лярных веществ свойствами, характерными для гидрофильных коллоидов [3]. Так, с повышением концентрации пролина относительная вязкость его водных растворов резко повышается, что объясняется образованием коллоидоподобных продуктов. С увеличением концентрации пролина существенно возрастает плотность раствора, что указывает на повышение компактности упаковки растворённых молекул аминокислоты.

В современной науке имеется много сведений об активном накоплении аминокислоты пролина в свободной форме в вегетативных органах (корнях, листьях и стеблях) в условиях химического стресса. Одним из важнейших продуктов деструкции фосфорорганических отравляющих веществ типа Vx, зарина и зомана в процессе его уничтожения является метилфосфоновая кислота (МФК). В связи с этим исследования её влияния на растительный организм в эксперименте являются, несомненно, перспективными и практически значимыми.

Нами изучалось влияние МФК на азотный обмен различных видов голосеменных растений, в частности на динамику свободного пролина в хвое, содержание которого определяли по методике Бэйтса [4]. Растительный материал (хвою) отбирали в трёх повторениях с центральной части ствола 50-летних деревьев в летний период при температуре воздуха 25–27 °С. Затем его фиксировали 10-кратным объёмом 96%-ного этанола.

Содержание стресс-индуцированного пролина определяли в двухграммовой навеске хвои методом фотоэлектроколориметрии с использованием прибора КФК-3. Экстинкцию определяли с использованием синего светофильтра с длиной волны 520 нм. Содержание аминокислоты рассчитывали по стандартной кривой, а концентрацию выражали в мг/100 г сырой массы.

Исследования показали, что обработка вегетативных органов растений водным раствором метилфосфоновой кислоты вызвала значительные изменения азотного обмена, что привело к существенному накоплению в них стресс-индуцированного пролина (табл. 1). Отсюда следует, что изменчивость этого показателя в хвое сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.), ели колючей (*Picea pungens* Engelm) и туи западной (*Thuja occidentalis* L.) можно использовать в качестве объективного теста уровня химического загрязнения природных сред продуктами деструкции отравляющих веществ.

В опытах с минимальной концентрацией МФК 0,001 моль/л отмечалось существенное накопление аминокислоты в хвое сосны обыкновенной, тогда как у двух изучаемых видов ели содержание свободного пролина увеличилось несущественно. Туя западная, в отличие от других изучаемых голосеменных растений, никакой ответной реакции на низкую концентрацию МФК не проявила, а содержание аминокислоты сохранилось на прежнем уровне. Повышение концентрации МФК до 0,005 моль/л привело к значитель-

ным перестройкам в азотном обмене хвойных растений, особенно сосны обыкновенной, где содержание пролина почти удвоилось. Удвоение концентрации МФК еще более активизировало накопление аминокислоты в хвое сосны и ели, тогда как в растениях туи западной существенного сдвига в азотном обмене не наметилось.

Дальнейшее повышение концентрации до 0,05 моль/л не вызвало существенного накопления пролина в хвое изучаемых видов сосны и ели. Туя западная же активно прореагировала на заданный химический стресс, что выразилось в удвоении содержания свободного пролина в хвое. Таким образом, данный вид реагирует только на низкие концентрации МФК, что говорит о его высокой устойчивости к данному виду загрязнения.

Кроме лабораторных, нами проводились полевые исследования по изучению накопления стресс-индуцированного пролина в хвое сосны обыкновенной. Растительный материал собирали в незагрязненной (контрольной) зоне (памятник природы «Никоновский бор») и в местах прошлого уничтожения химического оружия, загрязненных продуктами деструкции иприта и люизита.

В ходе исследований были зафиксированы существенные перестройки азотного обмена в хвое сосны, что выразилось в значительном накоплении в ней свободного пролина. Так, в зоне сильного загрязнения содержание аминокислоты в пробах, по сравнению с контролем, было выше в 11 раз, а в зоне среднего загрязнения – в 3,7 раза (табл. 2).

Таблица 1

Влияние метилфосфоновой кислоты на содержание свободного пролина в хвое голосеменных растений

| Концентрация МФК, моль/л | Содержание свободного пролина в хвое, мг/100 сырой массы | | | |
|--------------------------|--|-----------------|-------------|--------------|
| | сосна обыкновенная | ель европейская | ель колючая | туя западная |
| Контроль (0) | 18±2 | 23±1 | 20±1 | 26±2 |
| 0,001 | 32±3 | 29±2 | 26±1 | 24±1 |
| 0,005 | 41±3 | 34±2 | 33±2 | 29±3 |
| 0,01 | 54±2 | 42±3 | 41±2 | 33±1 |
| 0,05 | 59±3 | 43±2 | 45±1 | 55±3 |

Таблица 2

Влияние уровня загрязнения природной среды на накопление свободного пролина в хвое сосны обыкновенной

| Место пробоотбора | Содержание пролина в хвое, мг/100 сырой массы | Степень накопления пролина |
|---|---|----------------------------|
| Контроль | 7,8±1,1 | – |
| Наземный полигон уничтожения ХО в прошлом | 86,1±2,3 | 11,0 |
| Водный полигон уничтожения ХО | 28,5±1,9 | 3,7 |

Таблица 3

Оценка загрязнения территории по степени накопления стресс-индуцированного пролина в хвое

| Место пробоотбора | № пробы | Содержание стресс-индуцированного пролина, мг/100 г сырой массы (степень накопления – К) | | | | Уровень химического загрязнения территории |
|--|---------|--|--------------------|--------------------|--------------------|--|
| | | сосна обыкновенная | ель обыкновенная | ель колючая | туя западная | |
| Лесопарковая зона | 1 | 11,4±0,9 | 13,7±1,1 | 14,1±1,3 | 19,5±1,2 | нет загрязнения |
| Скверы | 2 | 15,6±1,4 (1,37) | 20,8±1,3 (1,52) | 17,5±1,6 (1,24) | 22,6±1,9 (1,16) | низкий |
| | 3 | 14,1±0,8 (1,24) | 15,2±1,1 (1,11) | 20,0±1,6 (1,42) | 30,8±2,0 (1,58) | низкий |
| Посадки древесных во дворах жилых микрорайонов | 4 | 24,5±1,7 (2,15) | 33,2±1,5 (2,42) | 29,8±1,9 (2,11) | 33,9±1,3 (1,74) | средний |
| | 5 | 33,7±2,3 (2,96) | 19,5±1,6 (1,42) | 38,2±1,8 (2,71) | 28,7±1,7 (1,47) | средний |
| Посадки древесных вдоль напряженных автострад | 6 | 27,1±1,9 (2,38) | 38,7±2,3 (2,82) | 61,4±2,7 (4,35) | 91,7±2,9 (4,71) | высокий |
| | 7 | 34,0±1,7 (2,93) | 30,3±1,4 (2,21) | 44,0±2,0 (3,12) | 78,2±3,1 (4,01) | высокий |

Примечания: К = 1,5 и ниже – низкий уровень загрязнения; К = 1,6 до 2,5 – средний уровень загрязнения; К = 2,6 и выше – высокий уровень загрязнения.

Нарушение азотного обмена в хвое сосны, выразившееся в степени накопления аминокислоты пролина в вегетативной массе, позволяет определить уровень загрязнения территории. Следовательно, уровень накопления аминокислоты пролина в хвое голо-семенных растений является объективным тестом степени загрязнения природной среды. Предлагаемая нами система оценки позволяет прогнозировать нарушения экосистем и заблаговременно принимать меры по предотвращению их разрушения. Используя эти преимущества фитоиндикации, мы сделали попытку оценить возможность применения аминокислоты пролина, которая, как известно, накапливается в вегетативных органах растений в условиях химического стресса, в качестве показателя химического загрязнения воздуха на территории г. Пензы.

Нами изучалось накопление стресс-индуцированного пролина в вегетативных органах хвойных растений: сосны обыкновенной, ели обыкновенной, ели колючей, туи западной. Отбор проб проводился на пятнадцати стационарных площадях с различным уровнем загрязнения воздуха выхлопными газами. Контрольные образцы отбирались в экологически чистой лесопарковой зоне.

По степени накопления стресс-индуцированного пролина нами выделены три уровня химического загрязнения территории:

- низкий уровень (степень накопления 1,5 и ниже);
- средний уровень (1,6-2,5);
- высокий уровень (2,6 и выше).

Полученные нами данные свидетельствуют о том, что загрязнение воздуха при движении автотранспорта оказывает влияние на накопление стресс-индуцированного пролина в хвое. Максимальных показателей оно достигает на улицах с интенсивным движением автотранспорта (табл. 3).

Нами выделены также зоны со средним уровнем химического загрязнения, где степень накопления пролина в хвое сосны обыкновенной была в пределах норматива, соответствующего среднему уровню химического загрязнения.

Кроме того, были выделены зоны с высоким уровнем загрязнения, степень накопления пролина в хвойных растениях которых превысила 2,60. В эти зоны вошли улицы с активным движением автомобильного транспорта.

В растениях, растущих в этих условиях, содержание стресс-индуцированного

пролина было повышено по сравнению с контролем в 2–4 раза, что соответствует высокому уровню химического загрязнения. Следовательно, изменчивость азотного обмена, в частности степень накопления стресс-индуцированного пролина в хвое изучаемых растений, является объективным показателем уровня загрязнения территорий, который можно использовать при оценке загрязнения природных сред как специфическими, так и общепромышленными загрязнителями при движении автомобильного транспорта.

Литература

1. Брянцева З. Н. Азотный и фосфорный обмен кукурузы в связи с изменением интенсивности её роста // Физиологические механизмы адаптации и устойчивости растений. Новосибирск. 1973. С. 67–76.
2. Кретович В. Л. Молекулярные механизмы усвоения азота растениями. М. 1980. 29 с.
3. Стаценко А. П. О криозащитной роли аминокислот в растениях // Физиология и биохимия культурных растений. 1992. Т. 24. № 6. С. 560–564.
4. Bates, Z. S. Rapid determination of free proline for water-stress studies // Plant and Soil. 1973. V. 39. № 1. P. 205–207.

УДК 004.9

Опыт реализации ГИС-технологий для задач комплексного исследования территории района хранения и уничтожения химического оружия

© 2010. М.В. Телегина, доцент, к.т.н.,

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

В статье предложено применение экспертного анализа для расстановки пунктов экологического мониторинга. На основе математической модели трансформации описана система визуализации динамики выброса соединений мышьяка объектом уничтожения химического оружия. Приведена система оценки взаимосвязи отдельных пространственно-распределённых факторов.

The article discusses utilizing expert analysis for the purpose of putting stages of ecological monitoring in order. The system of visualizing the dynamics of arsenic compounds leak by the chemical weapons decommission plant is described on the basis of mathematical pattern of transformation. The system of estimating the interconnection between different factors that are distributed in space is presented.

Ключевые слова: ГИС-технологии, экологический мониторинг,
объект уничтожения химического оружия

Key words: gis-technologies, ecological monitoring, chemical weapons decommission plant

Для оценки экологического состояния территорий объектов уничтожения химического оружия (ОУХО) и охвата всех основных взаимосвязей системы «объект–природа–население» необходима возможность анализа всего комплекса экологических, медицинских и социальных показателей. В настоящее время для визуализации и анализа экологической информации широко используются геоинформационные системы (ГИС), функциональные возмож-

ности которых определяются их проблемной ориентацией как систем сбора, представления в цифровом виде, обработки и представления пространственно-координированных данных в форме тех или иных табличных, графических, картографических документов. В данной работе предложен пакет программ для решения задач комплексного исследования территории района хранения и уничтожения химического оружия, реализованных с помощью ГИС-технологий.

Расстановка постов и пунктов мониторинга

Классическая схема пробоотбора системы экологического мониторинга ОУХО с расположением точек пробоотбора по двадцати четырём румбам учитывает выброс веществ и их перемещение только воздушным путём [4]. Несомненным достоинством данной системы является совмещение принципа репрезентативности выбора точек с требованиями обеспечения корреляции расчётных моделей.

Однако данная схема обладает существенными недостатками. В частности, при расстановке пунктов отбора проб почвы и биоты не учитываются особенности рельефа, растительности, почвы и типов материнской породы. И, как следствие, при большом количестве расставленных постов эффективность их использования невелика, так как заведомо в точках пробоотбора вероятность нахождения продуктов деструкции будет незначительна. Расположение постов и пунктов мониторинга требует комплексного подхода, так как должны быть учтены и критерии равномерности размещения пунктов, и особенности ландшафта, в частности рельефа и лесорастительных условий, минимума антропогенного «шума» –

хозяйственной деятельности, промышленного техногенеза, дорог с интенсивным движением, плотной застройки. Для реализации системы расстановки постов разработана экспертная геоинформационная система [2, 3], состоящая из базы данных, блока картографической информации, блока расстановки пунктов, блока построения буферных зон, блока анализа положения точек, базы правил, блока принятия решений по смещению точек и блока визуализации картографической и табличной информации (рис. 1).

Входной информацией блока расстановки постов является необходимое количество постов. На предварительно выбранном участке (отмечаются границы участка) эксперт в интерактивном режиме отмечает точки, где размещение постов обязательно. При этом учитываются и уже существующие пункты государственного экологического мониторинга, и особенности местности, и закономерности процессов стока в ландшафтах, неоднородности почвенно-растительного покрова. Далее с помощью триангуляции Делоне осуществляется автоматическая расстановка недостающего количества постов.

Исходными точками для треугольников служат точки обязательного пробоотбора, расставленные экспертом, а также вспомога-

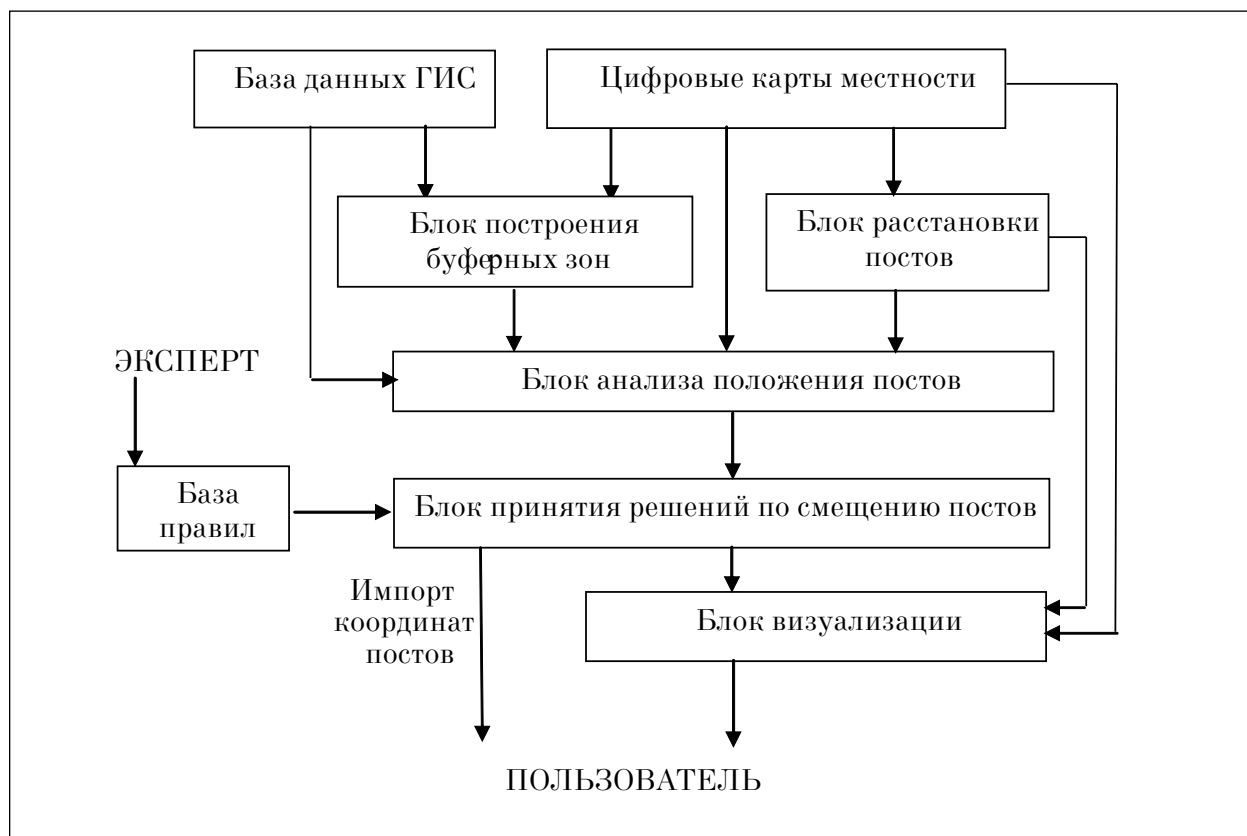


Рис. 1. Структура системы автоматизированной расстановки постов

тельные точки по углам изображения. Общее количество расставляемых точек можно регулировать, что обеспечивает учёт заданной плотности и регулярности расставленных постов для достоверного отображения данных с применением методов пространственной интерполяции по измеренным данным.

Блок построения буферных зон предназначен для возможности исключения антропогенного «шума» при расстановке постов. Размер зоны может быть фиксирован или меняться в зависимости от характеристик объекта (площадь объекта, степень антропогенной нагрузки и т. д.).

В блоке анализа положения постов мониторинга происходит анализ данных местности (слоёв карт), куда попали расставленные посты. Необходимо проанализировать области, где взятие проб нецелесообразно или невозможно. Точки, попавшие на эти объекты (или слои), исключаются. В качестве таких областей выступают объекты слоя гидрографии, буферные зоны определённых объектов и т. д. При необходимости посты, попадающие в буферные зоны объектов, можно сместить автоматически за край зоны по направлению от центра объекта.

Далее анализируются тип растительности, почвы и значения крутизны ската (слой рельефа) по атрибутивным данным для каждого расставленного поста. Именно по совокупности этих данных определяются правила автоматического редактирования размещения постов мониторинга.

В базе правил системы должны храниться условия редактирования положения постов в зависимости от типов растительности и почвы, значений крутизны ската, представляющие собой набор правил, определяемых экспертом. Возможны следующие варианты решения по редактированию размещения постов: удалить пост, оставить без изменения и сместить по направлению ската до начала объекта в слое «Растительность» или «Почва». Для возможности изменения структуры системы, правил анализа и принятия решений по смещению поста в разрабатываемой системе предусмотрена гибкая изменяемая база правил принятия решений. Блок принятия решений по смещению точек учитывает рельеф, растительность и попадание пункта в буферную зону.

По окончании процедуры смещения точек происходит сохранение географических координат расставленных пунктов пробоотбора биологических объектов и печать таблицы

точек с координатами. Программа на данном этапе реализована для постов и пунктов биомониторинга [3].

Визуализация

Среди функций ГИС можно выделить построение пространственного распределения показателей в виде так называемых тематических карт. К графическим средствам наряду с раскраской относятся штриховки, виды символов и такие методы представления, как графики и круговые диаграммы.

Когда подсистема визуализации данных экологического мониторинга является частью сложной системы производственного экологического мониторинга, целесообразно разрабатывать собственные программные модули, осуществляющие импорт векторных слоев карты, созданных при помощи коммерческих ГИС. Такие подсистемы снабжаются специально разрабатываемыми для конкретной задачи функциями анализа и обработки данных. Данный способ отображения экологической информации реализован в составе системы производственного экологического мониторинга ОУХО в Курганской области [4, 5]. По координатам из базы данных на карте отображаются пункты пробоотбора и расположение автоматизированных стационарных постов. Разработаны инструменты для работы с картой: послойная визуализация, возможность визуализации отдельных слоёв, изменение порядка визуализации слоёв, увеличение, уменьшение, добавление/удаление слоёв. Для управления процессом анализа и обработки данных предусмотрена возможность визуализации данных в виде графика за любой временной период мониторинга объекта, как по отдельному компоненту, так и общий. Пространственная визуализация распределения расчётных данных (среднесуточных, среднемесячных и т. д.) по выбранной компоненте производится в виде непрерывного растра и в режиме изменения прозрачности растрового слоя распределений с использованием метода линейной интерполяции.

Визуализация трансформации отравляющих веществ

При известном источнике выбросов имеется достаточно много способов численного моделирования выброса примесей в атмосферу. Можно отметить функции визуализации концентрации отравляющих веществ (ОВ)

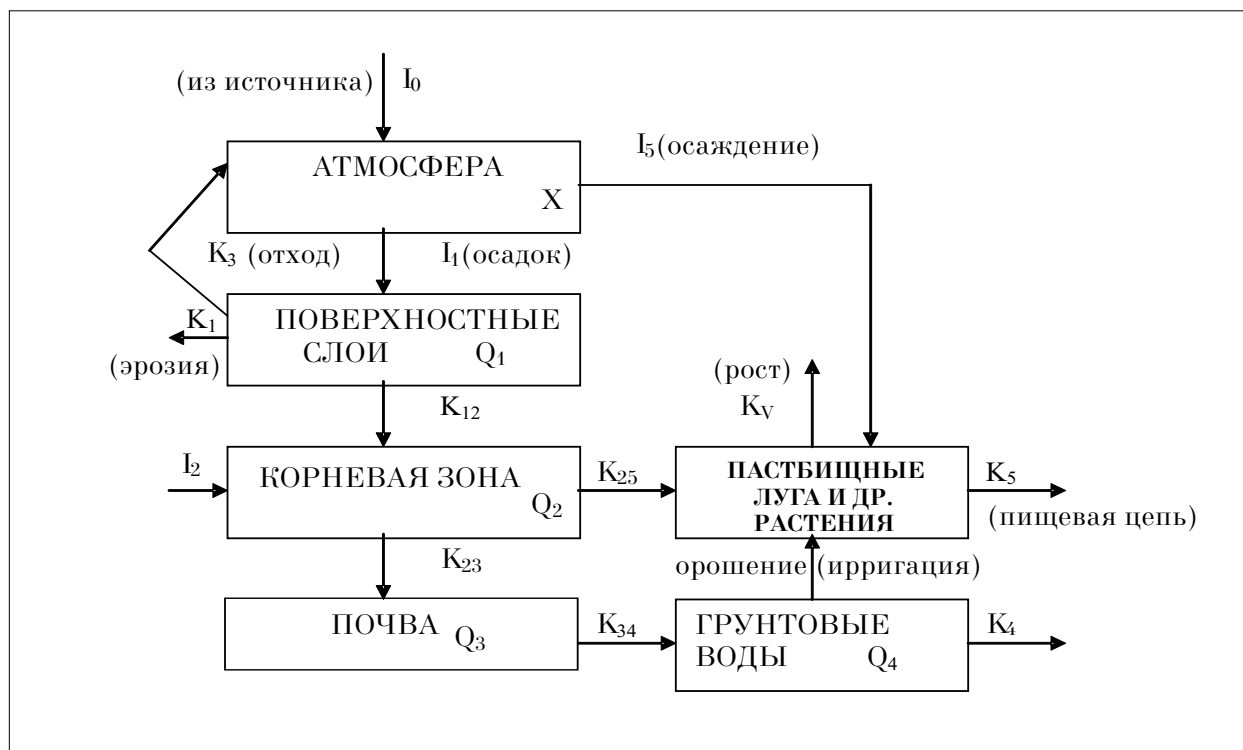


Рис. 2. Компоненты модели

в атмосферном воздухе при возможных аварийных ситуациях, разработанной в той же системе визуализации данных ПЭМ ОУХО в Курганской области [5]. Однако учесть дальнейшую временную динамику отравляющих веществ достаточно сложно.

Особое место в методах анализа и создания экологических карт занимает визуализация концентрации ОБ в компонентах окружающей среды (воздух, почва, растения и т. д.). Предлагается новый подход к автоматизированной обработке данных с использованием геоинформационной системы для прогноза динамики выброса соединений мышьяка объектом уничтожения химического оружия на основе математической модели трансформации [6]. При этом должен производиться расчёт данных динамики мышьяка в разных компонентах окружающей среды по известным параметрам выброса с ОУХО. Характеристика химических форм мышьяка среди ОБ, поступающих в почву, получает высокую степень приоритетности. Природные механизмы превращений неорганических соединений мышьяка работают в направлении понижения концентрационного уровня содержания токсичных форм этого элемента за счёт миграции продуктов его трансформации в естественных природных циклах. Это одна из важнейших специфических особенностей мышьяка, имеющая общий характер для всех

компонентов окружающей среды, включая биоту [6]. Поэтому важно предсказать, как при выбросах мышьяк будет рассеиваться в атмосфере, накапливаться на поверхности земли, ассимилироваться в растениях, включаться в цепь питания и мигрировать в грунтовые воды. Сложность расчёта и визуализации динамики мышьяка обусловлена разнообразием видов почв и их характеристик. На практике однородность почвенного покрова на территории, достаточной для оценки, встречается редко. Чем разнообразнее почвы, тем шире разброс в содержании мышьяка.

Применение ГИС-технологий в данной задаче обусловлено формой исходной информацией – цифровыми картами с координатами источника выброса и необходимыми параметрами для расчёта модели. Необходимо визуализировать распространение соединений мышьяка в отдельных компонентах окружающей среды (поверхностный слой почвы, корневая зона, глубинная почва) на заданный момент времени.

За основу расчёта взята зависимая от времени прогнозирующая модель, позволяющая рассчитать предполагаемую покомпонентную концентрацию [7]. Компоненты модели введены на рис. 2.

Различные компоненты связываются между собой коэффициентами переноса. Модель рассматривает отложение выброса I_0 на

поверхности почвы (I_1) и на листьях растений (I_5). Уровень загрязнения, проникающего непосредственно в почву (внесение удобрений), обозначен I_2 . Уравнения, определяющие динамику металла в компонентах окружающей среды, выглядят следующим образом:

$$\begin{aligned} Q_1 &= I_1 + Q_5 K_{51} - Q_1 (K_{11} + K_{12}) \\ Q_2 &= I_2 + Q_1 K_{12} - Q_2 (K_{25} + K_{23}) \\ Q_3 &= R_2 K_{23} - Q_3 K_{34} \\ Q_4 &= Q_3 K_{34} - Q_4 (K_{44} + K_{45}) \\ Q_5 &= I_5 + Q_4 K_{45} + Q_2 K_{25} - Q_5 (K_{25} + K_{51}), \end{aligned}$$

где Q_i – количество металла в компонентах окружающей среды;

K_j – межкомпонентные коэффициенты переноса.

В данной системе коэффициенты трансформации должны определяться специалистами соответствующей области опытным путём для каждого компонента и/или их комбинации. Значения этих коэффициентов заносятся в базу данных ГИС.

Для получения достоверных значений предлагается расставить сеть точек, рассчитать в них значения концентрации, зависящие от расстояния до источника выброса, размера выброса, особенностей и параметров почвы, растительности и рельефа. С учётом коэффициентов трансформации, данных из базы ГИС, вычисленного расстояния до источника, параметров рельефа происходит расчёт содержания мышьяка индивидуально в каждой поставленной точке. Сеть точек с рассчитанными значениями содержания мышьяка используется для процесса визуализации, предполагающего создание интерполяционной картины распределения мышьяка с выбором среды и времени после выброса.

Функциональная схема работы представлена на рис. 3. Разработаны следующие режимы визуализации: области распределения в виде непрерывного растра; области распределения, в которых значения превышают определённый задаваемый уровень (например, ПДК); и в режиме изменения прозрачности растрового слоя. На рис. 4 (см. цветную вкладку) приведен пример визуализации динамики мышьяка в поверхностной почве и слое растительности.

Анализ взаимосвязи данных

Наглядное представление результатов экологического мониторинга позволяет увидеть динамику изменения данных по компонентам

и средам во времени и в пространстве, выявить отклонения от нормативных показателей экологической обстановки. Однако не менее актуальны на сегодняшний день определение направления изменения экологических показателей (прогноз) и оценка эффективности проводимых природоохранных мероприятий. Поэтому для создания предпосылки для определения мер по исправлению создающихся негативных ситуаций необходима оценка взаимосвязи отдельных пространственно распределённых факторов. При отдельном анализе по слоям проблема анализа отдельных слоев цифровой карты не имеет корректного решения. Требуется обеспечить компенсацию потери информативности распространения экологического загрязнения на территории при разделении её на участки, методов отображения структурных элементов и одновременный учёт пространственной зависимости определённого рода информации от экологических данных (заболеваемости проживающего населения, уровня смертности и т. д.). Это связано с тем, что характер распространения и влияния отдельных факторов может быть различным не только на различных анализируемых территориях, но и на различных участках рассматриваемой территории, что исключает возможность полноценного учёта взаимосвязи. Программно реализованная система определения взаимосвязи пространственно-распределённых факторов имеет следующие функции [8, 9]:

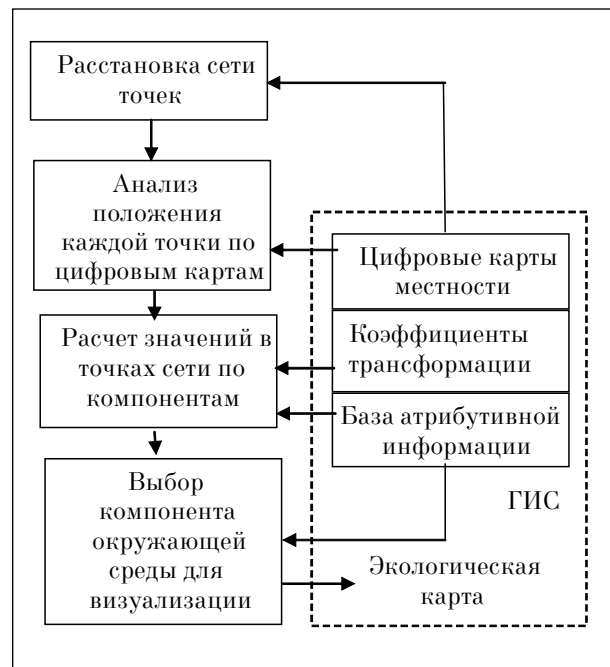


Рис. 3. Функциональная схема расчёта и визуализации

- выбор опций сетки, которая делит анализируемую территорию на зоны;
- построение билинейной интерполяции по точечным данным;
- расчёт дискретных значений, значений интерполяции в каждой анализируемой зоне;
- построение непрерывной функции анализируемых свойств территории в виде поверхности;
- визуализация среза поверхности по уровню предельно допустимой концентрации содержания компонента в выбранной сфере анализа;
- расчёт значений корреляции между пространственно-распределёнными данными по значениям интерполяции, по дискретным данным и по значениям непрерывной функции анализируемых свойств территории.

На рис. 5 (см. цветную вкладку) приведён пример поверхности, построенной по вычисленным коэффициентам корреляции между данными по пробам почвы за 2006 год и данными анализа биоиндикаторов на мышьяк 2008 года. Было выявлено, что наиболее значимы коэффициенты корреляции для сеток с размерами анализируемой зоны 500 метров.

Предлагаемый метод позволяет, используя построенную непрерывную поверхность свойств объектов территории и одновременно применяя метод разбиения на зоны, достоверно оценить действие влияния объектов в любом выделенном участке и точке территории, оценить экологические показатели в каждой зоне и проанализировать их корреляцию также с медицинскими и социальными показателями.

Выводы

Таким образом, предложен и частично реализован комплексный подход к информационному обеспечению задач контроля и анализа экологической безопасности территорий ОУХО. Именно новое комплексное применение ГИС-технологий от расстановки пунктов контроля и визуализации до получения прогноза развития ситуации на основе расчётных операций и экспертного анализа пространственных данных поднимет технологии обработки данных экологического мониторинга на новый уровень, позволит принимать наиболее обоснованные управленческие решения

и планировать расположение необходимых объектов как промышленного, так и социального и природоохранного характера.

Литература

1. Чупис В.Н. Экологический мониторинг объектов уничтожения химического оружия – опыт создания и перспективы развития // Теоретическая и прикладная экология. № 2. 2007. С. 35–41.
2. Алексеев В.А., Телегина М.В., Цапок М.В. Основные принципы геометрической расстановки постов наблюдения атмосферного воздуха в зонах влияния химически опасных объектов. // Экономика, экология и общество России в 21-м столетии: Докл. 9-й Междунар. науч.-практ. конф. СПб, 2007. С. 50.
3. Телегина М.В., Янников И.М. Применение ГИС-технологий и методов экспертного анализа для расстановки постов биомониторинга // Лесной вестник. № 3 (66). 2009. С. 146–152.
4. Алексеев В.А., Телегина М.В. Применение нормирования параметров экологического мониторинга для визуализации // Наука и общество на грани тысячелетий: Матер. I-й Междунар. науч.-практ. конф. Киев: СофтПринт, 2009. С. 14–17.
5. Телегина М.В., Коробейников А.А., Богомолов В.Н. Обеспечение оперативности принятия решений при аварийных ситуациях на объекте УХО и визуализация результатов моделирования // Химическое разоружение-2009: итоги и аспекты технологических решений, экоаналитического контроля и медицинского мониторинга «СНЕМДЕТ-2009»: Матер. III Всерос. конф. Ижевск: ИПМ УрО РАН, 2009. С. 136–141.
6. Янников И.М., Габричидзе Т.Г., Алексеев В.А., Телегина М.В. Прогноз динамики выброса соединений мышьяка потенциально опасным объектом с использованием геоинформационной системы // ГЕО-Сибирь-2008: Матер. IV Междунар. конгресса в 2 частях. Ч. 2. Т. 3. Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология. Новосибирск: СГГА, 2008. С. 8–13.
7. Bignoli J., Sabbioni E. Environmental assessment of arsenic released from potential pollution sources // Environ. monit. and assessment. 1984. V. 4. № 1. P. 65–93.
8. Телегина М.В. Решение задачи выявления корреляции пространственно распределённых данных биомониторинга с дозой загрязнений // Проблемы региональной экологии в условиях устойчивого развития: Матер. VI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием в 2 частях. Ч. 2. Киров: Изд-во «О-Краткое», 2008. С. 86–89.
9. Телегина М.В. Оценка урбанизированных территорий для определения взаимосвязи данных и управления // Проблемы урбанизированных территорий. № 3. 2008. С. 24–27.

Проектирование системы экологического мониторинга особо опасных промышленных объектов

© 2010. М.Г. Кургузкин¹, к.т.н., министр, М.А. Корепанов², д.т.н., с.н.с.,
В.А. Тененев³, д.ф.-м.н, профессор,

¹Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Удмуртской Республики,

²Институт прикладной механики Уральского отделения РАН,

³Ижевский государственный технический университет,
e-mail: mpr@udmnet.ru, miko@rbcmail.ru, tenenev@istu.ru

Предложена методика выбора точек экологического мониторинга окрестностей опасного промышленного объекта, основанная на расчёте переноса загрязняющих веществ с газообразными выбросами, их осаждения и стока по поверхности, имеющей определённый рельеф. В качестве примера рассмотрен объект по уничтожению химического оружия в г.Камбарка Удмуртской Республики.

Methods of choice of sites for ecological monitoring in the vicinity of a dangerous industrial object are offered. They are based on calculating the transfer of poisonous substances with gas wastes, their landing and drainage around the surface with a definite relief. The chemical weapons decommission plant in the town Kambarka in the Udmurt republic is considered as an example.

Ключевые слова: экологический мониторинг, распространение загрязнения, объект утилизации, пункт мониторинга, пробоотбор

Key words: ecological monitoring, pollution spread, utilization plant, monitoring site, sample collecting

Объекты утилизации (ОУ) систем вооружения, военной техники, боевых отравляющих веществ относятся к опасным промышленным объектам, поэтому к их экологической безопасности предъявляются повышенные требования.

Экологический мониторинг наряду с нормированием негативных воздействий и экологическим контролем является основным инструментом обеспечения экологической безопасности.

Полнота и достоверность мониторинговой информации зависит от множества факторов, к важнейшим из которых следует отнести расположение пунктов мониторинга на обследуемой территории. Под пунктами мониторинга (ПМ) далее понимаются точки отбора проб воздуха, почвы, воды, донных отложений и т. д. для количественного химического анализа (КХА) или биотестирования, а также площадки биомониторинга.

От выбора расположения ПМ зависит и их количество. При оптимальном расположении достичь требуемой достоверности и информативности результатов исследований можно при относительно небольшом количестве ПМ. Вместе с тем очевидно, что основой для оптимизации сетки ПМ могут

быть лишь результаты самих мониторинговых исследований.

В работе [1] в качестве проектной основы для расположения ПМ объектов по хранению и уничтожению химического оружия (ОХХО и ОУХО) предлагается регулярная сетка, образованная при пересечении концентрических окружностей и радиусов (румбов). Это наиболее простой и логически понятный подход, у которого есть лишь один недостаток. Для того чтобы обеспечить требуемую информативность системы экологического мониторинга, количество ПМ (узлов сетки) должно быть весьма значительным. При этом затраты на проведение пробоотбора и анализов могут превысить реальные возможности проектируемой системы мониторинга, имея в виду как материальный, так и временной аспекты. Кроме того, при таком подходе априори предполагается, что центр (максимум) загрязнения совпадает с источником загрязнения, то есть с самим объектом утилизации.

С целью уменьшения затрат авторами [2] предлагается следующий алгоритм проведения мониторинговых исследований. Отбор проб для анализов производится не во всех точках регулярной сетки, а лишь в определённой области (зоне). Указанная область

определяется на основе оперативной информации о метеопараметрах (направление ветра, его скорость и т. д.) и результатах расчёта рассеяния загрязняющих веществ в приземных слоях атмосферы.

Предложенный алгоритм, безусловно, может рассматриваться как вариант практической реализации системы пробоотбора. Вместе с тем следует признать, что в данном случае задача экологического мониторинга сводится к определению текущих концентраций загрязняющих веществ и их сравнению с предельно допустимыми. Практические возможности выявления и корректного анализа трендов, а также прогнозирования изменения состояния окружающей среды на всей территории мониторинговых исследований при таком подходе существенно снижаются.

Рассматривая экологический мониторинг прежде всего как инструмент выявления возможного влияния объектов утилизации на окружающую среду при их эксплуатации в штатном режиме, следует отметить одну существенную особенность. Она заключается в необходимости обеспечения регистрации весьма малых изменений концентраций веществ и параметров или отсутствия этих изменений на протяжении всего времени существования объектов утилизации. С учётом этого обстоятельства, а также реальной периодичности пробоотбора и погрешности используемых методов КХА наиболее корректным представляется проведение начального объёма исследований во всех ПМ исходной сетки.

При этом возможность последующей корректировки системы экологического мониторинга, включая изменение количества и расположения точек пробоотбора, а также перечня контролируемых веществ, безусловно, не исключается. Однако вывод о её целесообразности может быть сделан лишь на основе анализа определённой совокупности результатов исследований, накопленных при неизменной исходной сетке ПМ. При этом объём указанной совокупности должен соответствовать требованиям, предъявляемым к выборкам для корректного использования методов статистики.

Возможность выбора оптимальной сетки ПМ не исключается и на этапе проектирования системы экологического мониторинга в целом. На этом этапе оптимизацию следует понимать как необходимость выявления и учёта особенностей территории, а также факторов, определяющих распространение загрязняющих веществ в окружающей среде.

Указанные факторы можно разделить на две большие группы. В состав первой группы входят характеристики территории, на которой находится объект утилизации. К ним прежде всего относятся климатические характеристики местности, её рельеф, преобладающее направление ветров, типичные биогеоценозы, а также уровни загрязнения окружающей среды, накопленные за весь период хозяйственной деятельности на рассматриваемой территории.

Ко второй группе относятся факторы, связанные непосредственно с ОУ, например, вещества, выделяемые в окружающую среду, связанные с технологией утилизации и вовлекаемыми в технологический процесс материалами. Подлежит учёту также способ попадания выделяемых веществ в окружающую среду.

Очевидно, что для рассматриваемых ОУ преобладающим видом загрязнения окружающей среды являются выбросы в атмосферу, поскольку на таких объектах используются, как правило, замкнутые циклы технологического водоснабжения, а способ захоронения твёрдых отходов исключает контакт с окружающей средой.

Нами рассмотрена методика расчёта переноса загрязняющих веществ с газообразными выбросами, их осаждение и сток по поверхности, имеющей определённый рельеф. Использование разработанной методики позволяет более обоснованно подходить к выбору точек мониторинга на местности в зоне влияния рассматриваемого ОУ.

Математическая модель переноса газообразных примесей в атмосфере основана на решении пространственного нестационарного уравнения диффузии [3–5] для концентрации C исследуемого вещества:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} + w \frac{\partial C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) \quad (1).$$

Коэффициенты диффузии рассчитываются по соотношениям, приведённым в [4, 5]. Уравнение переноса (1) дополняется начальными и граничными условиями.

Начальные условия:

$$C(t = 0, x = X, y = Y, z = Z) = C_0, \quad (2)$$

где X, Y, Z – координаты соответствующие источнику загрязнения; C_0 – концентрация

ция опасного вещества в источнике (может задаваться в долях ПДК). В остальных точках расчётной области в момент времени $t=0$ $C(0, x, y, z)=0$.

Граничные условия:

$- C(t, x = X, y = Y, z = Z) = C_0$ – в источнике,

$$-\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} = 0, \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} = 0, \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} = 0 \text{ – на остальных}$$

соответствующих границах расчётной области.

Для численного решения уравнения (1) применялась факторизованная неявная разностная схема [6].

Результаты расчётов могут быть представлены в виде линий равных концентраций на подстилающей поверхности в различные моменты времени, а также в виде зависимости максимальной концентрации от продольной координаты в направлении ветра также в различные моменты времени.

Для начала расчёта программа считывает характеристики одного или нескольких источников распространения примесей: начальные условия (2) и координаты соответствующие источникам загрязнения. Задаются также метеоусловия: направление и скорость ветра на высоте флюгера; температура воздуха; степень устойчивости атмосферы. Серия предварительных расчётов для области $H=10000$, $H=1000$ и $H=200$ с различным количеством узлов сетки и шагом по времени показала, что приемлемая точность обеспечивается при сетке $50 \times 50 \times 50$ и шаге по времени $t = 1$ с.

Распространение примесей в атмосфере имеет вид, показанный на рисунках 1, 2. На рисунке 1 показано распределение линий равной концентрации в приземном слое (сечение xy). На рисунке 2 показано вертикальное сечение xz . В результате расчётов

было установлено, что через 80–100 мин. от начала выброса устанавливается стационарная картина распределения загрязнения в приземном слое.

Выпавшие на поверхность земли примеси могут накапливаться либо транспортироваться поверхностными водами. При образовании снежного покрова все примеси накапливаются в нём до начала таяния. При таянии снега вода, содержащая примеси, переносит их в соответствии с рельефом местности. В сухое летнее время выпавшие из атмосферы примеси накапливаются и могут просачиваться в нижние слои почвы. При высокой интенсивности осадков может происходить одновременный перенос примеси как по поверхности, так и вглубь почвы. Для учёта этого явления необходимо совместное решение задачи фильтрации жидкой фазы в поверхностном слое почвы и задачи растекания жидкости по поверхности.

В случае однородного слоя почвы компоненты скорости фильтрации определяются в соответствии с законом Дарси:

$$u = \frac{k}{\mu} \frac{\partial p}{\partial x}, v = \frac{k}{\mu} \frac{\partial p}{\partial y}, w = \frac{k}{\mu} \left(\frac{\partial p}{\partial z} + \rho g \right), \quad (3)$$

где k, μ – коэффициенты проницаемости почвы и вязкости жидкости; p, ρ – давление и плотность жидкости.

При подстановке в уравнение неразрывности получается уравнение неустановившейся фильтрации [7]:

$$\frac{\partial(\rho m S)}{\partial t} = \text{div} \left[\frac{k}{\mu} \rho S (\nabla p + \rho g \nabla h) \right] + J, \quad (4)$$

где m, S – пористость почвы и насыщенность влагой; J – поток жидкой фазы на поверхности. При отсутствии градиента давления движение жидкости в пористой среде определяется

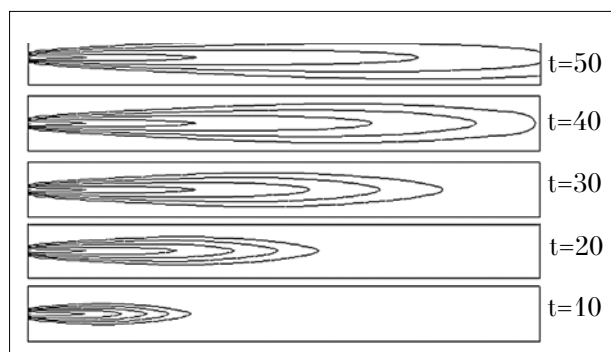


Рис. 1. Распространение облака загрязняющих веществ от начала выброса (горизонтальное сечение)

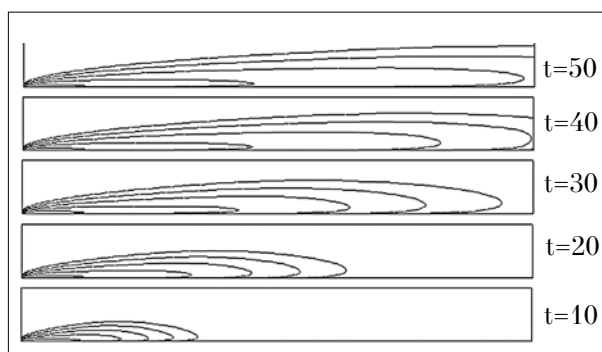


Рис. 2. Распространение облака загрязняющих веществ от начала выброса (вертикальное сечение)

силой тяжести. Основным фактором, определяющим движение жидкости в поверхностном слое почвы, является рельеф местности.

Неустановившееся движение жидкости по склону можно описать уравнением [8]:

$$\frac{\partial \delta}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial \xi} + \frac{\partial q}{\partial \eta} = J^+ + J^-, \quad q = a\delta^\beta, \quad (5)$$

где δ – толщина жидкого слоя; q – расход жидкости в поперечном сечении; ξ, η – координаты, направленные по поверхности слоя; J^+, J^- – потоки жидкости, связанные с выпадением осадков и фильтрацией жидкости; a, β – эмпирические коэффициенты.

Для удобства численного решения уравнения, описывающие процесс переноса, должны быть записаны в системе координат, сопряженной с рельефом. Для обеспечения точности и сходимости численного метода решения требуется применение ортогональных конечно-разностных сеток. При этом отправной точкой для построения криволинейной ортогональной сетки в поверхностном слое с произвольной геометрией является ортогональная сетка, нанесенная на поверхность.

Методика построения криволинейной ортогональной сетки в произвольной области интегрирования приведена в работах [9, 10].

В качестве примера приведена ортогональная сетка на поверхности (рисунок 3) для рельефа местности, соответствующего географической карте окрестностей объекта по уничтожению химического оружия (ОУХО) в г. Камбарка Удмуртской Республики.

Эта сетка используется при решении уравнения растекания жидкости по поверхности (5). Таким же образом строится пространственная криволинейная разностная сетка. Метод заключается в послойном построении трёхмерной сетки, начиная с поверхности обтекаемого тела. Узлы последующего слоя расположены на нормалях к предыдущей поверхности [10]. Полученная

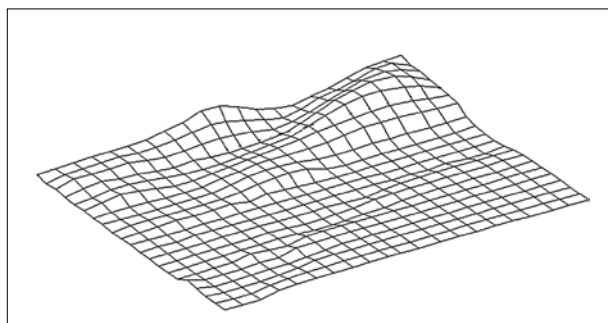


Рис. 3. Криволинейная сетка на поверхности

сетка используется при решении уравнения фильтрации (4).

На рисунке 4 приведены графики ожидаемых концентраций загрязнённости воздуха по азимуту при распространении загрязнения по ветру (летний период – апрель–октябрь, зимний период – ноябрь–март). Выделение зимнего периода обусловлено существованием в это время устойчивого снежного покрова.

На рисунках 5 и 6 приведены графики массовых потоков осаждения примесей на поверхность для летнего и зимнего периодов соответственно.

Результаты расчётов, приведённые на рисунках 5 и 6, соответствуют единичной интенсивности выброса $Q [\frac{1}{m^2}]$. При известной интенсивности выбросов в атмосферу $M [\frac{kg}{s}]$ массовый поток на поверхность равен MQ .

Из рисунков следует, что в зависимости от направления ветра один и тот же уровень концентрации загрязнения достигается на различном расстоянии от источника. При этом чем ниже ожидаемый уровень, тем более он растянут по радиальной координате в зависимости от направления ветра.

Простой учёт распространения загрязнения в атмосфере и осаждения на поверхность является недостаточным, необходимо также учесть возможность его переноса с поверхностными водами, для чего необходимо провести расчёт распространения загрязнения по рельефу.

Предполагается, что в летний период осадки выпадают с периодичностью один раз в неделю и их продолжительность 2 часа. Исходя из этих предположений и данных метеорологических наблюдений, определялся массовый поток воды на поверхность земли. Например, для июля:

$$J^+ = \frac{61 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 7200} 10^3 = 2,1 \cdot 10^{-3} \frac{kg}{m^2 \cdot s}.$$

В зимний период все осадки накапливаются в виде снега. В период таяния снегов все твердые осадки переходят в жидкую фазу и $J^+ = 3,2 \cdot 10^{-4} \frac{kg}{m^2 \cdot s}$.

Особенностью весеннего периода является то, что земля является мерзлой, коэффициент пористости принимается равным нулю, поток $J^- = 0$, и решается только уравнение (5).

С учётом имеющихся исходных данных проведены расчёты годового накопления примеси, распространяющейся от источника единичной интенсивности. Количество накопленной примеси относится к единице площади поверхности. Размерность данной величины

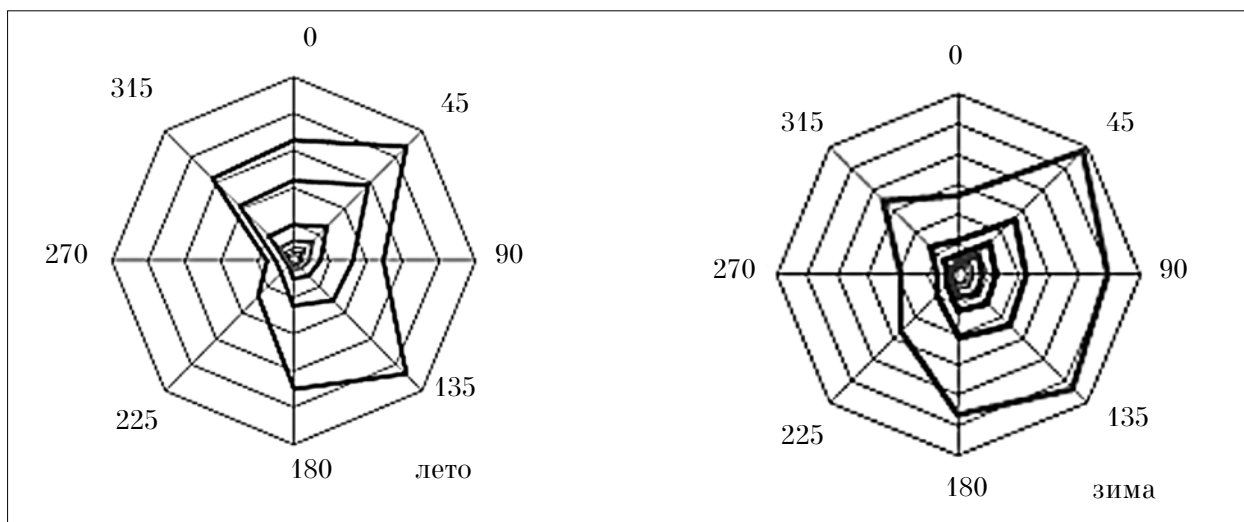


Рис. 4. Распределение ожидаемых концентраций при распространении загрязнения по азимуту

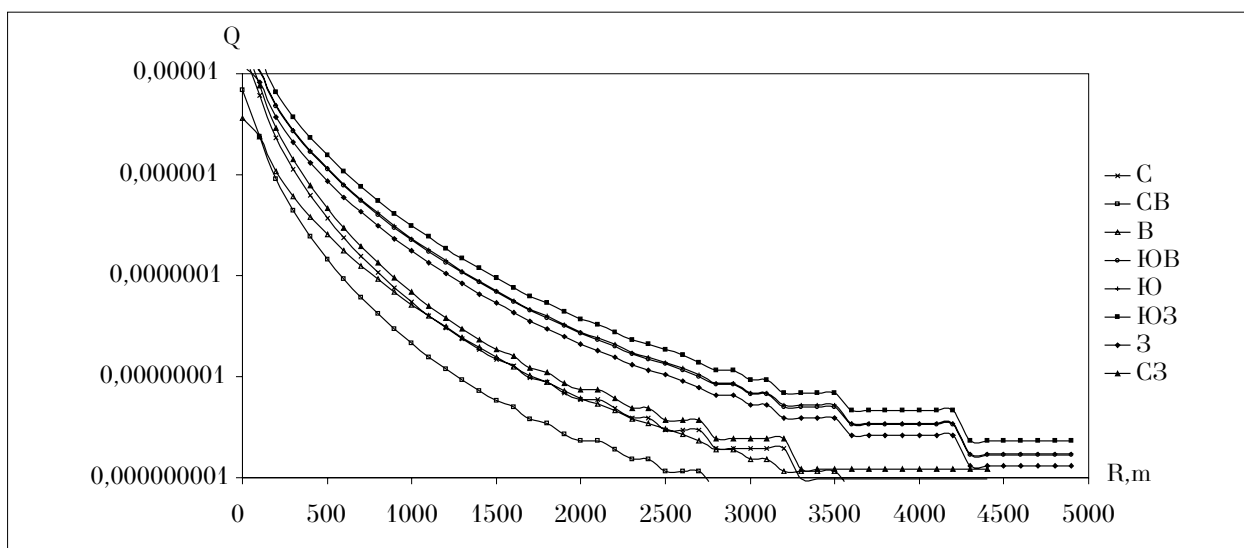


Рис. 5. Массовые потоки осаждения примесей на поверхность по направлениям ветра (летний период – апрель–октябрь)

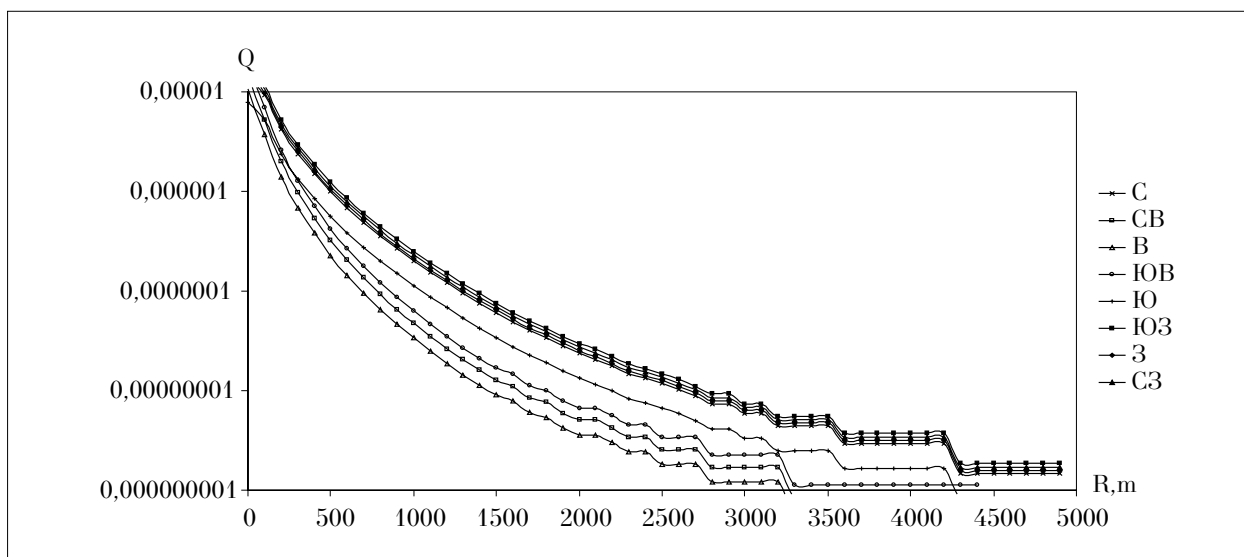
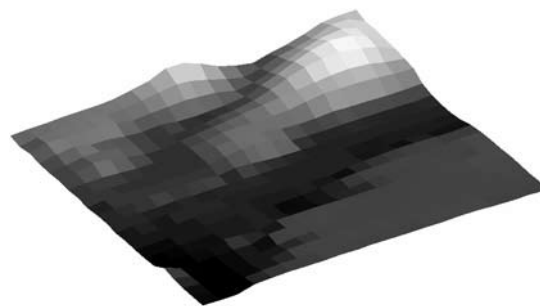
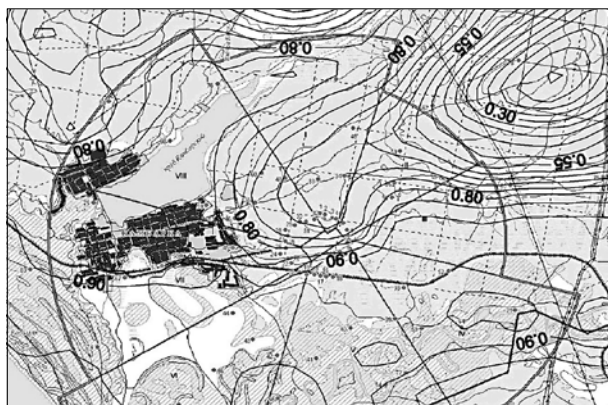


Рис. 6. Массовые потоки осаждения примесей на поверхность по направлениям ветра (зимний период – ноябрь–март)



А – схема расположения пунктов мониторинга

Б – ожидаемое накопление примесей

Рис. 7. Ситуационный план системы экологического мониторинга ОУХО в г. Камбарка в сравнении с ожидаемым накоплением загрязнения на рельефе

$V [\frac{с}{m^2}]$. После умножения на интенсивность выбросов $M [\frac{kg}{с}]$ получается количество $K=MB [\frac{kg}{m^2}]$. На рисунке 7 Б приведена визуализация количества накопленной примеси.

Белый цвет соответствует минимальному количеству накопления загрязнения в $9 \cdot 10^{-5} \frac{1}{m^2}$, а чёрный – максимальному $9,9 \cdot 10^{-4} \frac{1}{m^2}$.

Из рисунка 7Б следует, что минимальный ожидаемый уровень наблюдается к северо-востоку от объекта, что объясняется особенностями розы ветров и рельефом местности. Южное направление ветра преобладает зимой, когда загрязнение накапливается в снежном покрове, а затем при таянии снега стекает с возвышенности, расположенной к северо-востоку от объекта, в поймы рек Буй и Камбарка, где и наблюдается повышенный уровень концентрации загрязнения.

Сравнение расположения расчетных изолиний концентрации загрязнения почвы и существующих точек пробоотбора (рисунок 7А) показывает возможности и направления оптимизации сетки ПМ.

Кроме того, построение изолиний ожидаемых концентраций на основе описанной расчётной методики даёт возможность обоснованного выбора площадок биомониторинга, результаты которого в совокупности с количественным химическим анализом позволят более достоверно отслеживать изменение состояния окружающей среды в результате функционирования техногенного объекта.

Литература

1. Чупис В.Н. Экологический мониторинг объектов уничтожения химического оружия – опыт создания и

перспективы развития // Теоретическая и прикладная экология. № 2. 2007. С. 35–41.

2. Чупис В.Н., Мартынов В.И., Быстренина В.В., Шляпин В.В., Бардина Т.В. Единая система сбора, обработки и анализа информации в интересах государственного и производственного экологического мониторинга объектов по хранению, перевозке и уничтожению химического оружия // Теоретическая и прикладная экология. № 4. 2008. С.16–23.

3. Разработка программного комплекса по статистической обработке, анализу и визуализации результатов мониторинга окружающей среды. Научно-техн. отчет по госконтракту №14-Э от 3 апреля 2007 г. Ижевск: ИжГТУ, 2007. 62 с.

4. Берлянд М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнение атмосферы. Л.: Гидрометеоиздат, 1975. 448 с.

5. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. 272 с.

6. Марчук Г.И. Методы расщепления. М.: Наука, 1988. 264 с.

7. Закиров Э.С. Трёхмерные многофазные задачи прогнозирования, анализа и регулирования разработки месторождений нефти и газа. М.: «Грааль», 2001. 302 с.

8. Прогноз последствий аварий на объекте хранения боевых отравляющих веществ в районе г. Камбарка УР / Под ред. В.М. Колодкина Ижевск: Изд-во УдГУ, 1995. 110 с.

9. Тенев В.А., Шухардин М.В. Трёхмерные течения продуктов сгорания в энергетических установках // Проблемы энерго-ресурсосбережения и охраны окружающей среды. Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 1998. С. 65–70.

10. Разработка программного комплекса по выбору и обоснованию сети точек экологического мониторинга (применительно к объектам уничтожения химического оружия). Научно-техн. отчет по госконтракту №32-Э от 5 мая 2008 г. Ижевск: ИПМ УрО РАН, 2008. 44 с.

**Экологический контроль и мониторинг окружающей природной среды
в районе объекта уничтожения химического оружия
«Марадыковский» Кировской области**

© 2010. Т.Я. Ашихмина¹, д.т.н., зав. лабораторией, С.А. Менялин², директор,
Ю.И. Мамаева², зав. лабораторией, Е.А.Новикова², инженер,
Г.Я. Кантор¹, к.т.н., н.с.,

¹Лаборатория биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ,
²Региональный центр государственного экологического
контроля и мониторинга по Кировской области,
e-mail: ecolab2@gmail.com

В статье представлены материалы по организации экологического контроля и мониторинга окружающей природной среды в районе действующего более 3 лет объекта по уничтожению химического оружия. Отмечается, что отравляющие вещества и продукты их деструкции в природном комплексе не обнаружены. В 2009 году зафиксировано превышение фоновых значений по общему фосфору и фосфатам в пробах атмосферного воздуха, почвах, поверхностных, грунтовых и ливневых сточных водах. Описано информационное сопровождение мониторинга.

The article presents information on organizing ecological control and monitoring of the environment in the vicinity of the chemical weapons decommissioning plant that has been functioning for over 3 years. It is stated that poisonous substances and their decomposition products have not been found in the natural complex. In 2009 there has been noted the increase of the amount of phosphorus and phosphates in the atmospheric air, soil, as well as in surface, undersoil and rain drain water. Monitoring information support is presented.

Ключевые слова: государственный экологический контроль, мониторинг, источники загрязнения, общепромышленные и специфические загрязняющие вещества, информационное обеспечение

Key words: state ecological control, monitoring, contamination sources, general industrial and specific contaminants, providing with information

2006 год для объекта хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский» в Кировской области был особенным и значимым. С сентября 2006 года на объекте началось уничтожение химического оружия, проводились плановые работы по детоксикации одного из опаснейших отравляющих веществ – типа Vх. В 2008 году введены в эксплуатацию печи сжигания реакционных масс, полученных после детоксикации Vх. В 2009 году закончено уничтожение запасов данного отравляющего вещества и проведено уничтожение ещё одного фосфорсодержащего отравляющего вещества – зарина. Таким образом, объект «Марадыковский» Кировской области внёс весомую лепту в выполнение второго и третьего этапов принятых Россией обязательств по международной Конвенции о нераспространении и уничтожении химического оружия.

Контроль за источниками загрязнения на объекте «Марадыковский» и мониторинг окружающей природной среды в районе рас-

положения данного объекта обеспечивает Региональный центр государственного экологического контроля и мониторинга (РЦГЭКиМ) по Кировской области, который укомплектован современным оборудованием, приборами, соответствующими реактивами. РЦГЭКиМ прошёл аккредитацию в системе СААЛ Ростехрегулирования на общепромышленные, специфические загрязняющие вещества, по материалам которой подтверждена достаточно высокая компетентность на право деятельности в данной области аккредитации. Этому способствовала серьёзная работа с кадровым составом центра, специалисты которого прошли стажировки и повышение квалификации на базе головной организации ФГУ «ГосНИИ промышленной экологии».

До начала функционирования объекта на территории санитарно-защитной зоны и зоны защитных мероприятий учёными НИИ промышленной экология (г. Саратов), лабораториями биомониторинга ВятГГУ, специалистами РЦГЭ-

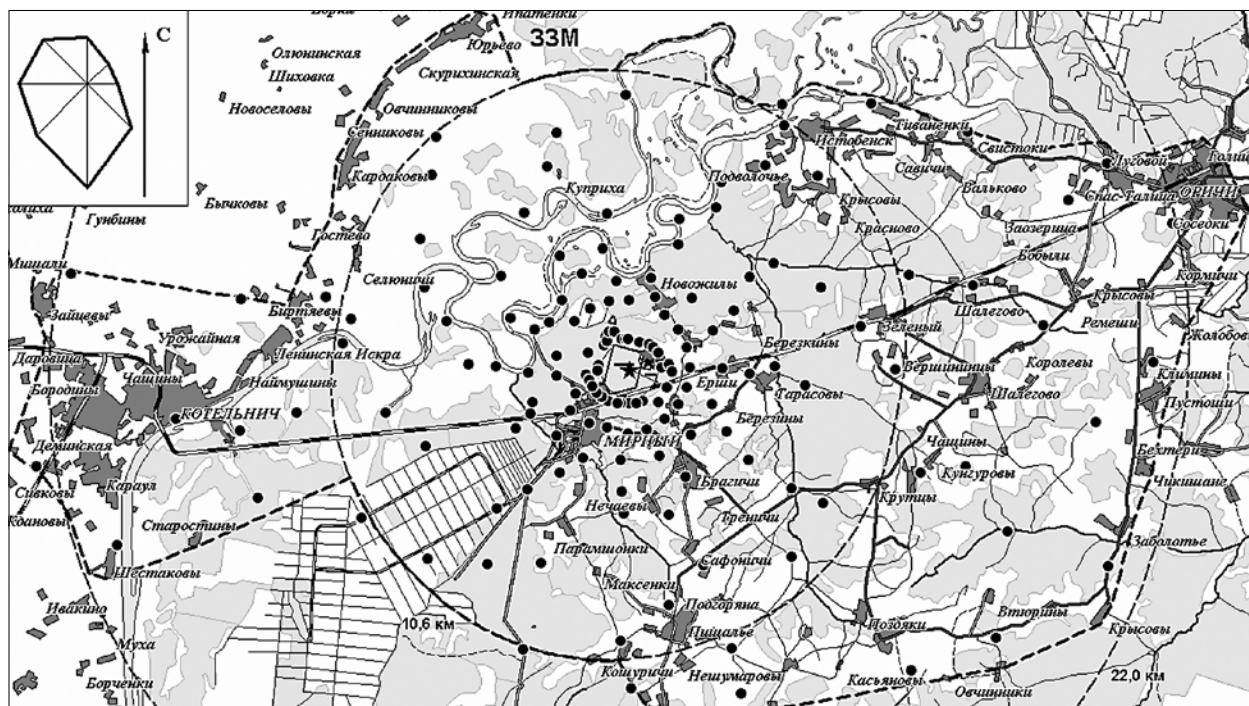


Рис. 1. Карта-схема сети экологического мониторинга на территории зоны защитных мероприятий объекта хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский» в Кировской области

КиМ по Кировской области проведено комплексное обследование природных сред и объектов, спроектирована сеть экологического мониторинга, включающая 155 участков (рис. 1).

Государственный экологический контроль за деятельностью объекта хранения и уничтожения химического оружия и экологический мониторинг окружающей природной среды осуществляются в соответствии с Программой государственного экологического контроля источников загрязнения и мониторинга окружающей среды в санитарно-защитной зоне и в зоне защитных мероприятий и Планом оказания услуг, согласованными с территориальными органами Росприроднадзора, Ростехнадзора, Росгидромета.

За период с начала функционирования объекта «Марадыковский» было отобрано и проанализировано около 3,5 тыс. проб атмосферного воздуха, промышленных выбросов, почв, природных, сточных и ливневых вод, донных отложений, снежного покрова, проведено более 27 тыс. компонентоопределений (табл. 1).

Контроль промышленных выбросов от источников загрязнения

Контроль за соблюдением нормативов выбросов загрязняющих веществ (вещество типа Vx, зарин, изобутиловый эфир метилфосфоновой кислоты, изопропиловый эфир метил-

фосфоновой кислоты, изопропиловый спирт, изобутиловый спирт, фтористый водород, моноэтаноламин, натрия пиррофосфат и др.) в атмосферу осуществлялся посредством прямых измерений (аналитических исследований) характеристик газовой воздушной смеси. Измерения проводились по аттестованным методикам выполнения измерений. При контроле за соблюдением нормативов предельно допустимых выбросов обеспечивалась одновременность замеров параметров газовой воздушной смеси и концентраций в ней загрязняющих веществ. Все измерения (скорость, температура, давление, концентрация) проводились в установившемся потоке газа.

На основании выполненных измерений параметров пылегазовых потоков определялись объемы газовых потоков (m^3/c) и количество загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу, ($г/сек$). Полученные величины выбросов (ПВВ) сравнивались с установленными нормативами предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ (ПДВ ЗВ) в атмосферный воздух.

На рисунках 2 – 4 представлены результаты измерений величины выброса вещества типа Vx, зарина, O-изобутилметилфосфоната на источниках выбросов № 0115, 0032 и 0004 за 2009 год.

Как следует из представленных данных (рис. 2 – 4), на источниках загрязнений объекта

МОНИТОРИНГ ОБЪЕКТОВ ПО УНИЧТОЖЕНИЮ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

Таблица 1

Основные показатели, характеризующие объём работ, выполненных по системе государственного экологического контроля и мониторинга по Кировской области в 2005–2009 гг.

| № | Наименование анализируемого объекта | Годы | | | | | Всего |
|---|--|---------|----------|----------|----------|----------|------------|
| | | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | |
| 1 | Атмосферный воздух | – | 241/544 | 261/420 | 340/457 | 368/482 | 1210/1903 |
| | в т. ч. в местах размещения отходов | – | – | 47/47 | 38/38 | 62/62 | 147/147 |
| 2 | Промышленные выбросы | – | 10/10 | 65/65 | 216/307 | 93/108 | 384/490 |
| 3 | Почва | 168/531 | 214/3569 | 224/2606 | 106/1075 | 98/942 | 810/8723 |
| | в т. ч. в местах размещения отходов | – | – | 9/42 | 10/70 | 24/162 | 43/274 |
| 4 | Донные отложения | 21/21 | 11/176 | 34/360 | 13/91 | 21/139 | 100/787 |
| 5 | Вода природная | 33/36 | 174/3317 | 226/4232 | 121/2266 | 110/1732 | 664/11583 |
| | в т. ч. поверхностная | 33/36 | 49/1066 | 75/928 | 23/475 | 26/426 | 206/2931 |
| | эксплуатационные скважины | – | 41/792 | 57/1140 | 14/224 | 16/224 | 128/2380 |
| | наблюдательные скважины | – | 45/828 | 52/1337 | 74/1373 | 58/922 | 229/4460 |
| | в т. ч. в местах размещения отходов | – | – | 5/41 | 3/56 | 2/25 | 10/122 |
| | колодцы | – | 33/613 | 38/756 | 10/194 | 10/160 | 91/1723 |
| | поверхностный ливневый сток | – | 6/18 | 4/71 | – | – | 10/89 |
| 6 | Снежный покров | 12/36 | 77/1001 | 45/781 | 47/993 | 47/888 | 228/3699 |
| 7 | Хозяйственно-бытовые сточные воды очистных сооружений пгт Мирный | – | 2/22 | 3/58 | 4/75 | 3/55 | 12/210 |
| 8 | Отходы | – | 2/22 | – | – | – | 2/22 |
| 9 | Ливневые сточные воды перед ЛОС | – | – | 6/104 | 4/56 | 4/52 | 14/212 |
| | Всего | 234/624 | 731/8661 | 864/8626 | 851/5320 | 744/4398 | 3424/27629 |

Примечание: – исследования не проводились; в числителе – количество проб; в знаменателе – количество компонентоопределений.

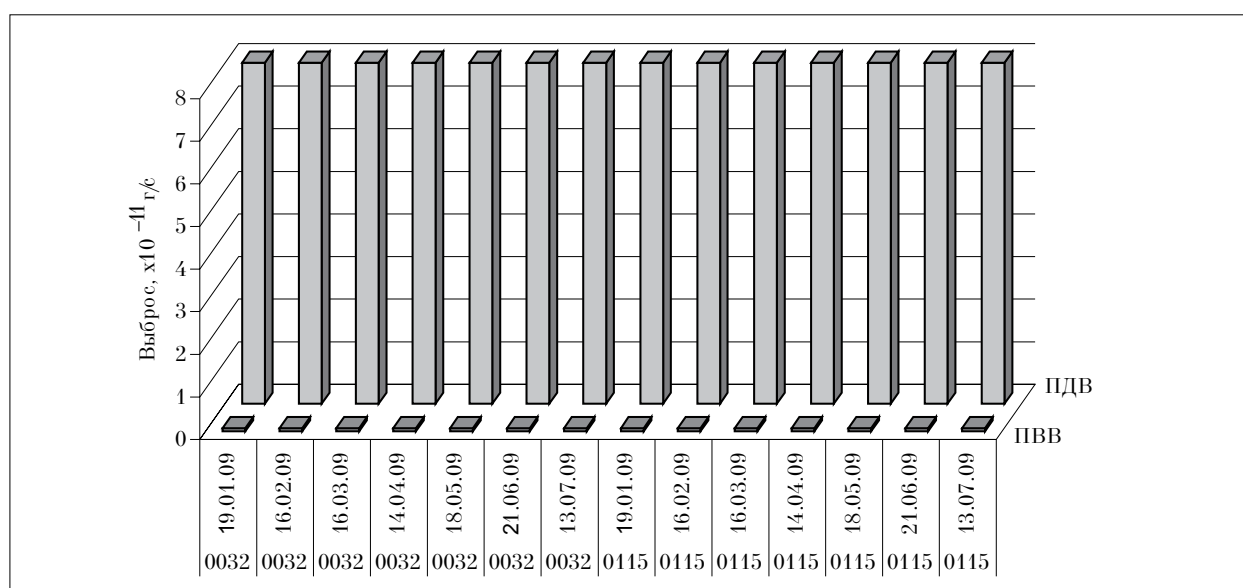


Рис. 2. Результаты измерения величины выброса вещества типа Vx на источниках выбросов № 0115 и 0032 объекта «Марадыковский» в 2009 г.

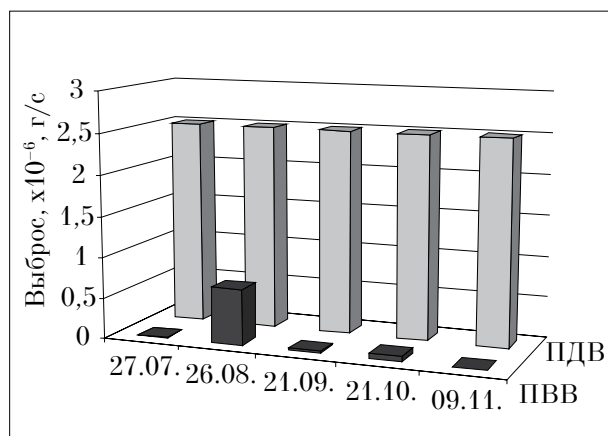


Рис. 3. Результаты измерения величины выброса зарина на источнике выбросов № 0004 объекта «Марадыковский» в 2009 г.

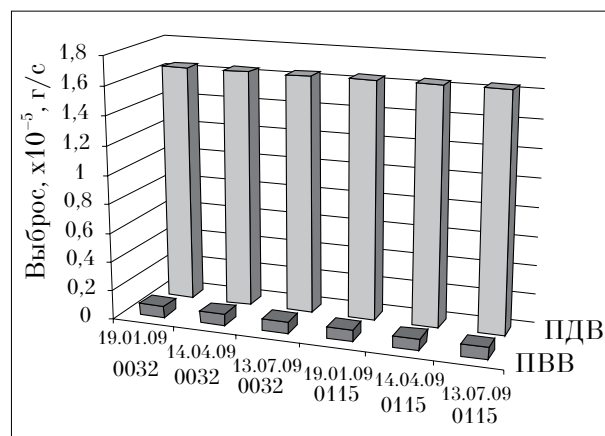


Рис. 4. Результаты измерения величины выброса О-изобутилметилфосфоната на источнике выбросов № 0115 и 0032 объекта «Марадыковский» в 2009 г.

«Марадыковский» Кировской области в 2008 и 2009 гг. содержание включенных в Порядок государственного экологического контроля специфических загрязняющих веществ в пробах промышленных выбросов отмечается без превышений установленных нормативов.

Одновременно с отбором проб от источников выбросов загрязняющих веществ проводится контроль за содержанием этих веществ в атмосферном воздухе на границе СЗЗ. В зимнее время атмосферный воздух контролировался на границе СЗЗ по индикатору – снежному покрову. В пробах атмосферных осадков (снежного покрова) отравляющие вещества не обнаружены, однако на 4-х участках в 2009 году зафиксировано превышение фоновых значений по общему фосфору, фосфатам и ХПК.

Все четыре участка находятся в северо-восточном секторе территории СЗЗ и ЗЗМ 1205 объекта «Марадыковский». Ранее, до начала термического обезвреживания реакционных масс, содержание общего фосфора и фосфат-ионов в пробах, отобранных с этих точек, было менее нижнего предела обнаружения по МВИ. Сопоставление данных с аналогичным периодом 2008 года позволяет отметить, что содержание общего фосфора и фосфат-ионов в пробах атмосферных осадков (снежного покрова) возросло. Это связано с тем, что со второй половины 2008 года начались работы по сжиганию реакционных масс на объекте «Марадыковский». Фосфат-ионы и общий фосфор в пробах атмосферных осадков (снежного покрова) отражают выбросы загрязняющих веществ (фосфаты и пирофосфаты) в атмосферу от печей термического обезвреживания

реакционных масс, твердых отходов и агрегата термического обезвреживания корпусов боеприпасов. Полученные данные соответствуют показателям предельно-допустимых выбросов с учетом рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере.

Контроль состояния сточных вод

Экоаналитической лабораторией РЦГЭ-КиМ проводились измерения содержания загрязняющих веществ в хозяйственно-бытовых сточных водах очистных сооружений. Отбор проб для определения содержания загрязняющих веществ в хозяйственно-бытовых сточных водах, с учетом контрольных створов на р. Погиблице, расположенных на расстоянии 500 метров выше и ниже сброса, проводился ежеквартально.

В 2009 году отмечено превышение нормативов по ряду показателей, и прежде всего по содержанию нитритов, аммонийного азота, фосфатов, нефтепродуктов, взвешенных веществ, железа растворенного, БПК и ХПК и др. в пробах воды реки Погиблица. Данные отклонения от нормативов имели место и до начала действия объекта и объясняются неэффективной работой очистных сооружений.

Сопоставление данных 2009 года с аналогичным периодом 2008 года показывает, что по содержанию железа растворенного и нитритов изменений не выявлено. В то же время отмечается повышение концентрации в 1,5–2 раза по аммонии, фосфатам, взвешенным веществам и показателей БПК_{полн.} и ХПК.

В пробах воды реки Погиблица на расстоянии 500 м ниже сброса хозяйственно-

бытовых сточных вод обнаружено превышение установленных нормативов по БПК_{полн.} в 1,5–2,5 раза, ХПК – в 1,23–1,27 раза; ПДК_{р.х.} – по содержанию аммоний-ионов – в 6,0 раза, нитрит-ионов – в 1,5 раза, железа растворённого – в 2,7–9,2 раза. В пробах воды реки Погиблицы на расстоянии 500 м выше сброса хозяйственно-бытовых сточных вод обнаружено превышение установленного норматива по БПК_{полн.} в 1,5 раза, ПДК_{р.х.} – по содержанию железа растворённого – в 7,7–13,6 раза. Отмечается увеличение содержания железа растворённого в 1,5–2 раза по сравнению с предыдущими годами, особенно в пробах воды р. Погиблицы выше сброса хозяйственно-бытовых сточных вод очистных сооружений пгт Мирный, что свидетельствует о наличии возможных дополнительных источников загрязнения на данном участке.

В 2009 году проводился анализ поверхностных ливневых сточных вод. Превышения фоновых значений отмечены по содержанию общего фосфора на двух участках мониторинга промплощадки в 3–4,48 раза и фосфат-ионов на этих же участках в 3,89–13,16 раза. Полученные данные количественного химического анализа проб ливневых сточных вод согласуются с результатами анализа проб атмосферных осадков (снежного покрова) за отчётный период и объясняются выбросами загрязняющих веществ (фосфатов и пирофосфатов) в процессе термического обезвреживания реакционных масс, отходов, корпусов боеприпасов и детоксикации отравляющих веществ. Сопоставление данных с 2008 годом позволяет отметить, что содержание общего фосфора и фосфат-ионов в пробах ливневых сточных вод несколько возросло.

Мониторинг поверхностных и грунтовых вод. В районе объекта хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский» находится большое количество поверхностных водотоков. В 2,5–3 км от объекта протекает река Вятка – основной питьевой источник кировчан. С западной части от объекта протекает река Погиблицы, принимающая сточные хозяйственно-бытовые воды от пгт Мирный и войсковой части, с востока от объекта расположена река Белая Холуница. Обе речки являются притоками р. Вятки. Отравляющие вещества и продукты их деструкции в пробах поверхностных водных объектов и донных отложений не обнаружены. В пробах воды рек Вятки, Белой Холуницы проявляются на двух участках превышения установленных нормативов по ХПК, фоновых концентраций по содержанию общего фосфора. Содержание загрязняющих веществ в донных отложениях в основном отмечается без превышения фоновых концентраций, за исключением содержания общего фосфора от 1,6–1,9 мг/кг (при фоновых значениях 0,2–1,2 мг/кг на двух участках водных объектов). Показатели экотоксикологического анализа проб природной поверхностной воды находятся на уровне фоновых.

На территории промплощадки и по границе СЗЗ 1205 объекта «Марадыковский» установлена 21 наблюдательная скважина.

В пробах воды из наблюдательных скважин на территории промплощадки выявлены превышения фоновых концентраций по показателям: ХПК в 1,63–7,69 раза, БПК₅ в 1,33–3 раза, фосфат-ионов в 1,25 раза. Практически по тем же показателям превышения выявлены в воде наблюдательных скважин на территории санитарно-защитной зоны объекта:

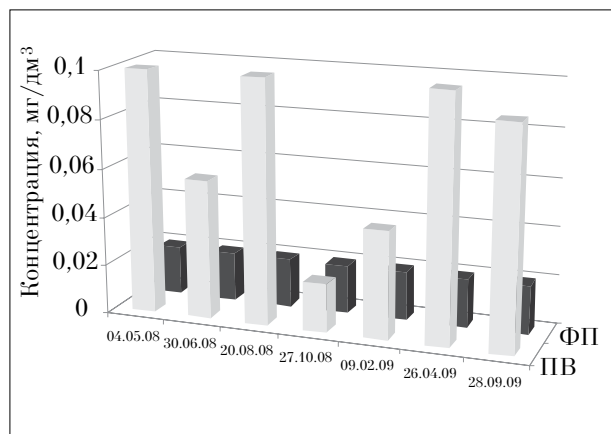


Рис. 5. Динамика содержания фосфатов в воде наблюдательной скважины № 002 объекта «Марадыковский»

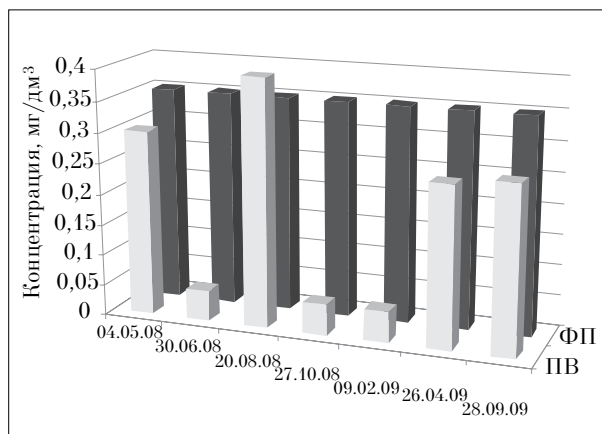


Рис. 6. Динамика содержания общего фосфора в воде наблюдательной скважины № 002 объекта «Марадыковский»

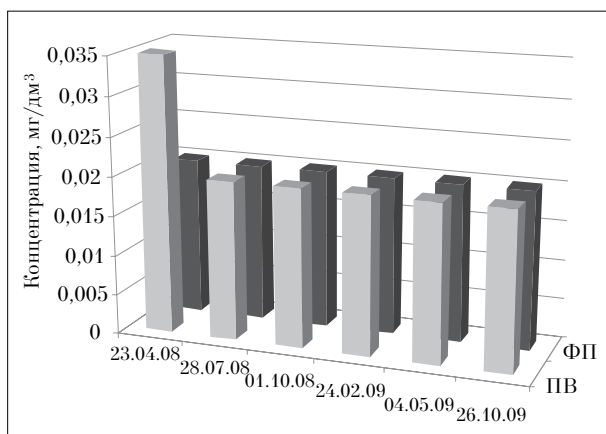


Рис. 7. Динамика содержания общего фосфора в воде наблюдательной скважины № 1041/03

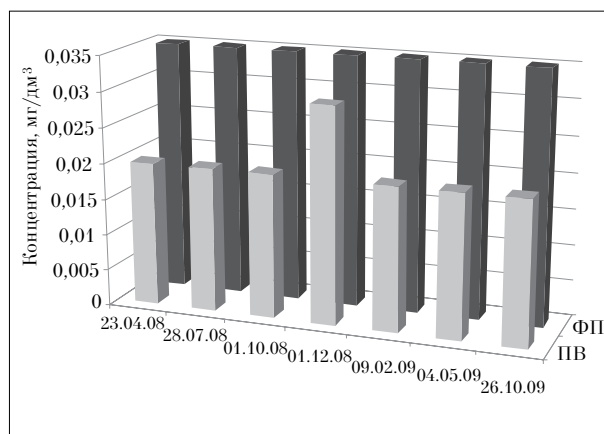


Рис. 8. Динамика содержания общего фосфора в воде наблюдательной скважины № 1041/01 объекта «Марадыковский»

ХПК в 1,32–9,97 раза, БПК₅ в 1,5–7,8 раза, фосфат-ионы в 1,22 раза, хлориды в 1,33 раза (рис. 5).

В целом содержание фосфатов и хлоридов в пробах воды наблюдательных скважин находится на уровне показателей аналогичного периода 2008 года и значительно ниже ПДК химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ГН 2.1.5.1315–03). Показатели ХПК и БПК₅ в пробах воды наблюдательных скважин находятся также на уровне показателей аналогичного периода 2008 года.

В 2008 и 2009 годах выявлено превышение фоновых значений по показателю «общий фосфор» в воде наблюдательной скважины № 002 на территории СЗЗ, где содержание общего фосфора составляет от 0,02 до 0,16 мг/дм³, что не отмечалось в предыдущие годы (рис. 6).

Также отмечено присутствие общего фосфора в пробах воды наблюдательных скважин № 1041/01 и 1041/03, расположенных на промплощадке объекта уничтожения химического оружия, при значениях от 0,02 до 0,035 мг/дм³ (рис. 7, 8).

Пробы воды из двух наблюдательных скважин № 003 и 008, расположенных на территории СЗЗ, по тест-объекту *Chlorella vulgaris* оцениваются как «сильнотоксичная» и «токсичная» (превышен критерий токсичности по стимуляции), а пробы воды наблюдательных скважин на территории промплощадки и СЗЗ №№ 002, 008, 011, 1041/01, 1041/02, 1041/05, 1041/06, 1041/09, 1041/11 по тест-объекту *Chlorella vulgaris* оцениваются как «сильнотоксичная» и «токсичные» (превышен критерий токсичности по подавлению).

Природным объектом, заслуживающим самого пристального внимания, в районе расположения объекта хранения и уничтожения химического оружия являются почвы, которые принимают на себя техногенную нагрузку выбросов от источников загрязнения в атмосферный воздух, сбросов сточных вод, ливневых стоков, в местах размещения полигонов хранения отходов. В связи с этим мониторинг почв на территории промплощадки, СЗЗ и ЗЗМ объекта проводится по широкому спектру показателей. За период исследований с начала функционирования объекта отравляющие вещества и продукты их деструкции в исследуемых образцах почв не обнаружены. Содержание общепромышленных загрязняющих веществ отмечается без превышения ПДК и фоновых значений, за исключением обнаруженных концентраций мышьяка в точке № 52 (превышение ПДК в 2,6 раза, а фоновое значения – в 1,23 раза) и в точке № 53 (превышение ПДК в 6,7 раза, фоновое значения – в 4,93 раза). Указанные точки расположены в местах бывшего уничтожения аварийных боеприпасов. Показатели экотоксикологического анализа проб почвы находятся на уровне фоновых.

Таким образом, полученные в районе действующего объекта «Марадыковский» результаты исследований позволяют сделать вывод о том, что в природных средах не выявлено содержание специфических загрязняющих веществ. Лишь в некоторых пробах атмосферного воздуха, атмосферных осадков (снежного покрова), воды наблюдательных скважин, донных отложений обнаруживается присутствие общего фосфора и фосфатов, превышающих значения фоновых показателей. В воде р. Погиблицы в контрольных ство-

рах (500 м выше и ниже местах сброса хозяйственно-бытовых сточных вод очистных сооружений 1205 объекта ХУХО и пгт. Мирный) проявляется тенденция к нарастанию содержания железа растворённого, также с начала действия объекта и по настоящее время обнаруживается повышенное содержание нитритов, ионов аммония, БПК и ХПК. В пробах воды колодцев, эксплуатационных скважин и почв выявлены незначительные превышения некоторых показателей (фторид-ионы, нитрат-ионы, мышьяк, перманганатная окисляемость). Проявляется тенденция накопления общего фосфора в пробах индикаторных видов растительности (хвоя сосны, лишайники) на тех же участках, где было зафиксировано повышенное содержание общего фосфора в пробах атмосферных осадков в точках, находящихся в санитарно-защитной зоне объекта «Марадыковский».

На базе информационно-аналитического центра РЦГЭКиМ по Кировской области создана и налажена система информационного обмена для оперативного и компетентного анализа информации во всей её полноте с учётом многообразных взаимосвязей данных; для сбора, обработки, учёта, хранения информации о соблюдении объектом ХУХО экологических нормативов и о состоянии окружающей среды в районе его размещения; информационного обеспечения федеральных органов исполнительной власти, их региональных и территориальных органов, органов государственной власти субъектов РФ, органов местного самоуправления и общественности.

Сотрудниками Федерального информационного центра, который является составной частью системы государственного экологического контроля и мониторинга объектов ХУХО и создан на базе ФГУ «ГосНИИ промышленной экологии», разработан программно-информационный комплекс «Форпост». Все результаты от химико-аналитических лабораторий регулярно поступают в «Форпост» и хранятся в SQL-базах данных. Данный программно-информационный комплекс позволяет производить обработку поступающих результатов химико-аналитических исследований, формировать отчёты различного уровня, строить ситуационные карты-схемы распределения загрязняющих веществ в окружающей среде, реализовывать систему оперативного оповещения пользователей об экологической обстановке на объектах ХУХО, обеспечивать доступ к своим информационным ресурсам и систему защиты информации.

В настоящее время осуществляется работа, направленная на развитие и совершенствование информационного сопровождения объектов хранения и уничтожения химического оружия, включающая разработку новых программ для информационного обеспечения биологического мониторинга окружающей среды, внедрение современных методов и подходов для наиболее всесторонней оценки, анализа и прогнозирования влияния производственной деятельности объекта ХУХО на природную среду.

Разработана и апробирована структура информационного обеспечения аэрокосмического мониторинга в районах размещения объектов хранения и уничтожения химического оружия, что выводит в целом всю систему информационного сопровождения государственного экологического контроля и мониторинга объектов ХУХО на новый современный уровень.

Анализ и оценка полученных результатов химико-аналитических и биологических исследований проб окружающей природной среды в районе объекта хранения и уничтожения химического оружия дополняются картографической составляющей. Экологическое картографирование, являясь одним из этапов экодиагностики, позволяет получить объективную, достоверную и наглядную информацию о состоянии окружающей среды в санитарно-защитной зоне и зоне защитных мероприятий объекта ХУХО. Для данных целей нами используются современные ГИС-технологии, программы и средства.

Новые подходы внедряются не только при информировании контролирующих органов и структур, но и при информационном обеспечении населения, проживающего в непосредственной близости с объектом. За основу взят аксиологический подход, для которого характерно единство научных и ценностных аспектов изучения. При информировании населения используются различные формы подачи информации: разъяснение вопросов, связанных с химическим разоружением на Вятской земле, на семинарах, форумах-диалогах, конференциях, «круглых столах», через ежемесячное проведение общественных приёмных, регулярный выпуск специальной литературы, путём проведения экскурсий в РЦГЭКиМ по Кировской области, встреч, выставок, социальных опросов, «горячих» телефонных линий с участием представителей 1205 объекта ХУХО «Марадыковский», органов исполнительной власти, контро-

лирующих организаций, средств массовой информации. Поддерживается тесное взаимодействие со СМИ и общественными организациями от локального до федерального уровня. Применение аксиологического подхода принесло положительные результаты: если в начале строительства объекта уничтожения химического оружия «Марядыковский» часть населения негативно относилась к данному процессу и беспокоилась о его безопасности, то сейчас уже пришло осознание необходимости детоксикации отравляющих веществ.

Информационное сопровождение системы государственного экологического контроля и мониторинга в районе объекта хранения и уничтожения химического оружия находится в постоянном развитии с учётом новых тенденций и изменяющихся потребностей.

С 2010 года начался завершающий четвертый этап уничтожения химического оружия в нашей стране. Есть уверенность в том, что Российская Федерация, в том числе наша Вятская земля, освободятся от наследия холодной войны в установленные Конвенцией сроки.

УДК 504.064

Оценка состояния поверхностных вод в зоне защитных мероприятий объекта уничтожения химического оружия в г. Камбарка по результатам многолетнего государственного экологического контроля и мониторинга

© 2010. Г.Г. Фризоргер¹, директор, В.Г. Исаков², д.т.н., зав кафедрой, А.А. Абрамова¹, зам. начальника отдела,

¹ Региональный центр государственного экологического контроля и мониторинга объектов хранения и уничтожения химического оружия по Удмуртской Республике,

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

В статье представлена статистическая и математическая оценка качества поверхностных вод в районе объекта уничтожения химического оружия в г. Камбарка, которая основана на результатах многолетнего экологического мониторинга.

The article presents statistical and mathematical evaluating of surface waters quality in the vicinity of the chemical weapons decommission plant in the town Kambarka that is based on the results of many-years ecological monitoring.

Ключевые слова: государственный экологический контроль и мониторинг, поверхностные воды, уничтожение химического оружия

Key words: state ecological control and monitoring, surface waters, chemical weapons decommission

Поверхностные водные источники в санитарно-защитной зоне и зоне защитных мероприятий (СЗЗ и ЗЗМ) объекта уничтожения химического оружия (УХО) в г. Камбарка представлены тремя реками: Кама, Камбарка и Буй – и Камбарским прудом, который является источником питьевого водоснабжения города Камбарка и воинской части.

В рамках государственного экологического контроля и мониторинга окружающей среды в СЗЗ и ЗЗМ объекта УХО г. Камбарка с конца 2005 г. проводится отбор и анализ проб воздуха, воды, почвы, снежного покрова и донных отложений. Всего, по состоянию на 1 полугодие 2009 г., отобрана 161 проба природной поверхностной воды и проведено 2579

компонентоопределений. Накопленный материал позволяет увидеть динамику изменения концентраций загрязняющих веществ в поверхностных водах района и оценить влияние производственной деятельности объекта по УХО на них.

В программу мониторинга поверхностных водных объектов ЗЗМ объекта УХО г. Камбарка включены 12 наблюдательных точек, расположенных на реках Кама, Камбарка, Буй, Иванов ключ и 1 точка расположена в болотистой местности к юго-западу от объекта УХО. В рамках госконтроля на р. Кама установлены 3 точки пробоотбора: в точке сброса сточных вод и в 500 м выше и ниже выпуска (около с. Тарасово, паромная переправа). Схема сети мониторинга поверхностных водных объектов на территории ЗЗМ представлена на рисунке 1.

Периодичность отбора проб по программе мониторинга 1 раз в квартал во всех точках. Каждая проба анализируется по 14 компонентам, 4 из которых относятся к специфическим загрязняющим веществам (ЗВ). Источником попадания этих веществ в воду может быть только сам производственный объект. К ним относятся люизит, мышьяк, оксид мышьяка, β-хлорвиниларсоновая кислота. Установлено, что наибольшую токсикологическую опасность от попадания люизита в водоёмы несёт в себе образующийся из люизита оксид мышьяка [1]. Оставшиеся 10 компонентов относятся к общепромышленным ЗВ и попадают в водный объект от различных источников производственной и хозяйственной деятельности района.

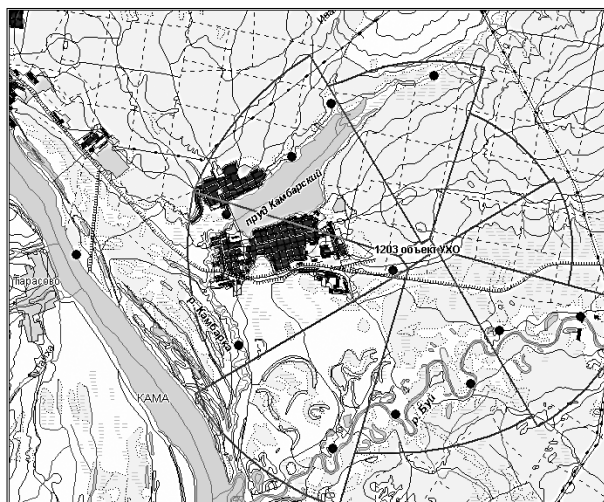


Рис. 1. Точки пробоотбора воды природной поверхностной в районе СЗЗ и ЗЗМ объекта УХО г. Камбарка

Анализ полученных результатов показал, что за 4 года наблюдений во всех точках отбора проб природной поверхностной воды содержание контролируемых специфических загрязняющих компонентов было ниже предела обнаружения по используемым методикам. Отравляющие вещества не были обнаружены [2].

Содержание контролируемых загрязняющих веществ в пробах, отобранных на контрольных створах р. Кама за весь период контроля и мониторинга, не превышает установленный норматив качества для водных объектов рыбохозяйственного назначения (ПДК_{р.х.}), за исключением 3 проб, в которых наблюдалось повышенное содержания взве-

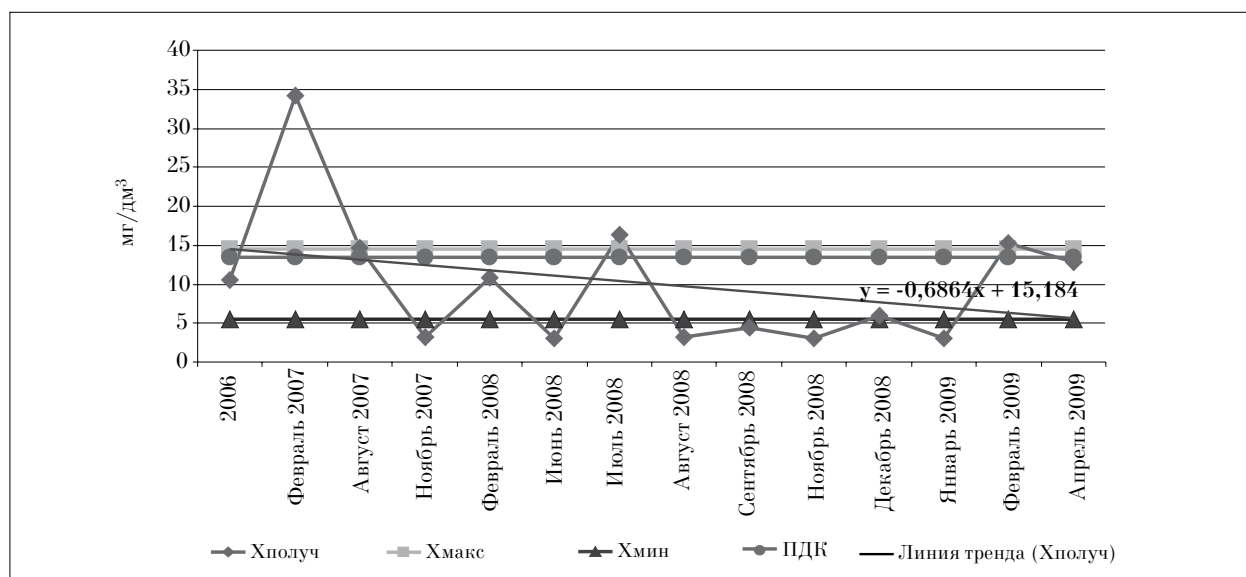


Рис. 2. Изменение средней концентрации взвешенных веществ в р. Кама (близ с. Тарасово) в 2006–2009 гг., мг/дм³

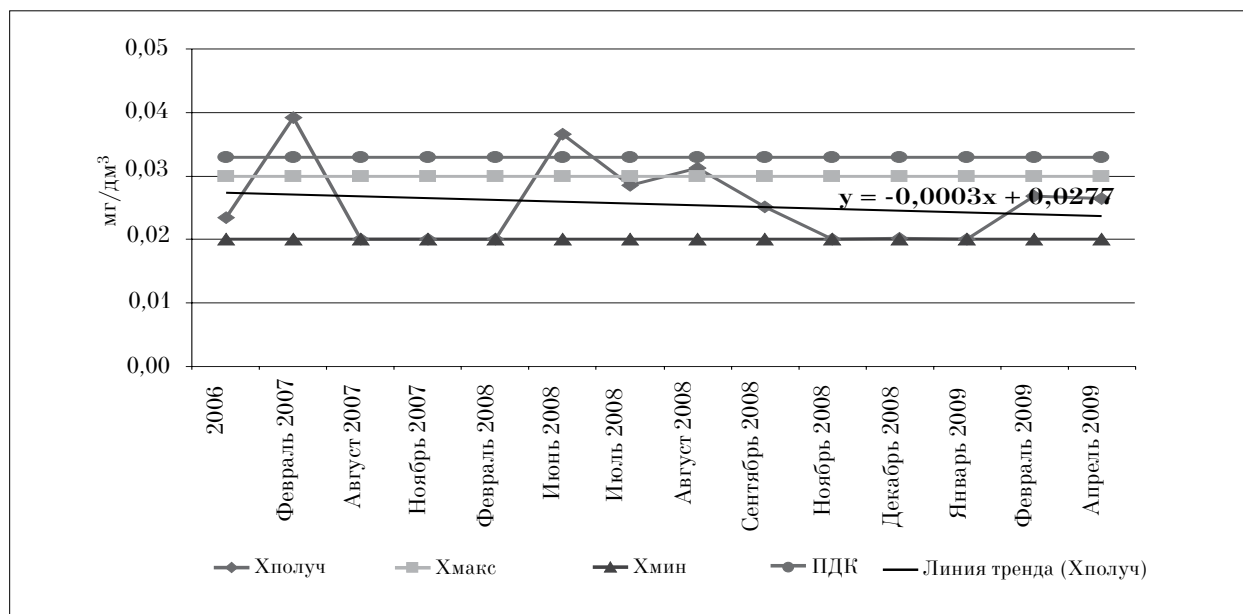


Рис. 3. Изменение средней концентрации нитритов в р. Кама (близ с. Тарасово) в 2006–2009 гг., мг/дм³

шенных веществ в 1,4–2 раза (весной 2007 г., летом 2008 г. и весной 2009 г.) и 2 проб с повышенным содержанием нитритов в 1,3–1,33 раза (весной 2007 г. и летом 2008 г.). Остальные превышения ПДК_{р.х.} находятся в пределах погрешности измерения (Хмин; Хмакс). Концентрация взвешенных веществ и нитритов в р. Кама в 500 м выше и ниже выпуска сточных вод имеет тенденцию к уменьшению, о чем свидетельствует отрицательный коэффициент тренда (рис. 2 и рис. 3). Содержание мышьяка в контролируемых пробах находится на уровне ниже установленного ПДК для рыбохозяйственных водоёмов (0,05 мг/дм³). При работе двух модулей детоксикации средняя концентрация мышьяка в р. Кама составляла 0,017–0,025 мг/дм³. Результаты биотестирования отобранных проб показывают в основном допустимую степень токсичности, за исключением летнего периода времени, когда наблюдается высокая степень токсичности по тест-объекту *Paramecium caudatum*, кроме того, проба токсична по тест-системе «Эколюм».

Выполненный по результатам государственного экологического контроля и мониторинга расчет комплексных показателей загрязненности воды показал, что вода в р. Кама в 500 м ниже выпуска сточных вод характеризуется как условно чистая (значение комбинаторного индекса загрязнения Sa=7,14). Антропогенный вклад объекта УХО в загрязнение реки незначителен (рассчитанный по методике коэффициент загрязненности

$K_f=3,3$). Критические показатели загрязненности отсутствуют, так как число критических показателей загрязненности $F=0$. Расчет выполнен согласно РД 52.24.643-2002 [3].

Качество воды Камбарского пруда отслеживается и в ходе государственного экологического мониторинга объекта УХО и лабораторией основного водозабора г. Камбарка. По общепромышленным загрязняющим веществам стабильно фиксируются превышения по железу (в 1,03–3,2 раза), марганцу (1,5–15,4 раза), окисляемости перманганатной (1,7–1,74 раза) и биохимическому потреблению кислорода БПК₅ (в 1,49–1,72 раза). Превышения по железу носят постоянный характер и отмечались в 1999 г. на этапе подготовки проекта ОВОС. Деятельность объекта УХО г. Камбарка не является источником поступления в поверхностную воду железа и марганца, поскольку в технологическом процессе они не участвуют. Специфические отравляющие вещества за многолетний период наблюдений не обнаружены.

Вода р. Камбарка в точке наблюдения (4 км выше впадения р. Камбарка в р. Кама) характеризуется повышенным БПК₅ (в 1,2–1,28 раза превосходит ПДК_{р.х.}) и содержанием марганца (в 12,9 раза превосходит ПДК_{р.х.}) (рис. 4). По всем остальным общепромышленным загрязняющим веществам (хром общий, нитриты, нитраты, сульфаты, фосфаты и др.) вода в реке соответствует установленным нормативам (рис. 5). Результаты биотестирования отобранных проб показывают в основном до-

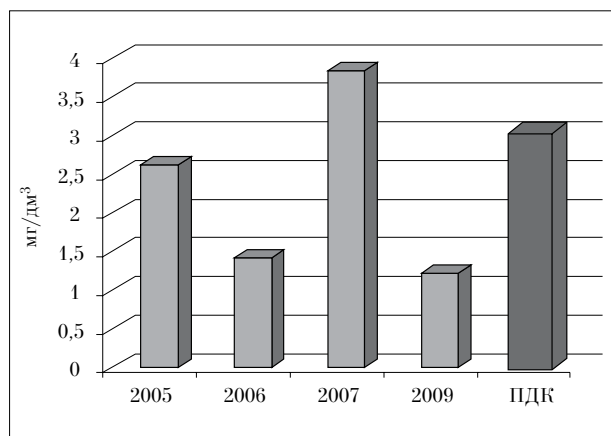


Рис. 4. Изменение среднего БПК₅ в р. Камбарка в 2005–2009 гг., мг/дм³

пустимую и умеренную степень токсичности воды в реке.

Река Буй по результатам государственного экологического мониторинга также по большинству проверяемых показателей не имеет превышений нормативов ПДК, за исключением концентрации марганца в воде, которая составила 28 ПДК. Влияние объекта ХХО на содержание марганца в воде исключено, т. к. при очистке производственных сточных вод используется не перманганат калия, а перекись водорода. Очищенные производственные сточные воды с объекта в р. Буй и р. Камбарка не попадают. Отмечается высокая степень токсичности по тест-объекту *Paramecium caudatum* в летние и осенние сезоны, связанная с хозяйственной

и производственной деятельностью в Камбарском районе.

Таким образом, за весь период работ по программе государственного экологического контроля и мониторинга в районе объекта УХО г. Камбарка не выявлено отклонений в состоянии воды природной поверхностной по большинству показателей. Данный вывод подтверждает то, что деятельность объекта по уничтожению люизита, неизвлекаемых остатков люизита, по переработке реакционных масс проходила в штатном режиме. Отмеченное повышенное содержание марганца и железа в воде природной поверхностной характерно для Камбарского района (это подтверждают данные, полученные при разработке проекта ОВОС в 1999 г.) и не может быть связано с деятельностью объекта, поскольку соединения марганца и железа не участвуют в техпроцессе и очищенные производственные сточные воды с объекта в р. Буй и р. Камбарка не попадают.

В целом результаты государственного экологического контроля и мониторинга подтверждают отсутствие отрицательного влияния производственной деятельности объекта по УХО в г. Камбарка на состояние воды природной поверхностной Камбарского района.

Литература

1. Колодкин В.М. Оценка риска, связанного с объектами хранения химического оружия на территории Удмуртской Республики. Ижевск: Изд-во Удмуртского университета, 1996. 218 с.

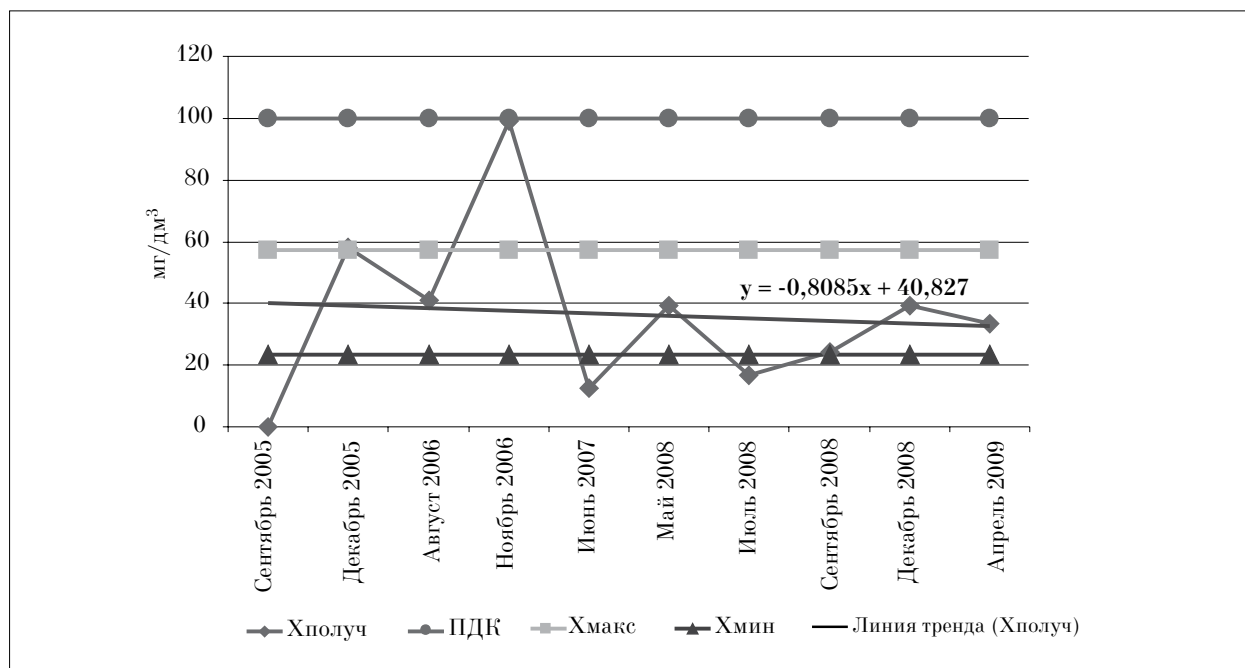


Рис. 5. Изменение средней концентрации сульфатов в р. Буй в 2005–2009 гг., мг/дм³

2. Информация об экологическом состоянии природной среды на границах санитарно-защитной зоны и в зоне защитных мероприятий объекта по уничтожению ХО в г. Камбарка в 2006–2009 году. Ижевск: РЦ СГЭКиМ по УР. 2006–2009 гг.

3. РД 52.24.643-2002. Методические указания «Метод комплексной оценки степени загрязнённости поверхностных вод по гидрохимическим показателям». – утверждён и введён в действие Росгидрометом 03.12.2002 г.

УДК 504.064.36:543

Комплексный мониторинг состояния природной среды в зоне защитных мероприятий объектов по хранению и уничтожению химического оружия в г. Почеп Брянской области

© 2010. Н.В. Акименков¹, к.г.н., директор, С.А. Бачегов¹, нач. лаб., Г.В. Брылева¹, к.с.-х.н., В.П. Иванов², д.б.н., профессор, И.Ю. Адамович², к.с.-х. н., ассистент, И.Н. Глазун², к.с.-х.н., доцент, С.И. Марченко², к.с.-х.н., доцент,
¹Региональный центр контроля и мониторинга по Брянской области,
²Брянская государственная инженерно-технологическая академия,
 e-mail: rc@ipcitu.ru

В статье представлен опыт реализации системы экологического мониторинга зоны влияния комплекса объектов хранения и уничтожения химического оружия в г. Почеп Брянской области. Подробно изложены основные направления изучения фонового состояния экологической системы.

The article shares the experience of systematic complex ecological monitoring of the affected zone of the complex of plants of chemical weapons storage and decommission in Potchep town in Bryansk region. The main directions of the analysis of ecological system background condition are set forth in detail.

Ключевые слова: комплексный экологический мониторинг, объект хранения и уничтожения химического оружия, биоиндикация

Key words: complex ecological monitoring, chemical weapons storage and decommission plant, bioindication

Система экологического мониторинга зоны влияния комплекса объектов хранения и уничтожения химического оружия, включая санитарно-защитную зону и зону защитных мероприятий, основана на сочетании методов биотестирования, биомониторинга и химико-аналитических исследований. Основные требования к методам проведения экологического мониторинга природных сред – обоснованность, достоверность и экономическая целесообразность.

Главной задачей экологического мониторинга является получение объективной, по возможности количественной информации об изменении биологических, геологических, гидрогеологических, почвенных, геохимических,

геофизических параметров природной среды в локальном масштабе [1]. Система экологического мониторинга окружающей природной среды должна действовать в течение всего периода функционирования объекта уничтожения химического оружия. Предусматривается проведение мониторинга после прекращения эксплуатации объекта. В ходе исследований анализируются специфические (зарин, зоман, вещество типа Vx, о-изобутилметилфосфонат, метилфосфовая кислота, моноэтаноламин, общий фосфор) и неспецифические показатели (тяжёлые металлы, фториды, хлориды и т. д.).

Объектами исследования являются следующие природные среды [1, 2]:

- атмосферный воздух;
- почва;
- донные отложения;
- вода природная поверхностная;
- вода природная подземная грунтовая;
- снежный покров.

Отбор проб при проведении экологического мониторинга осуществляется в 142 реперных точках, которые расположены в санитарно-защитной зоне и зоне защитных мероприятий комплекса объектов хранения и уничтожения химического оружия [3].

Важнейшей составной частью экологического мониторинга окружающей природной среды является биомониторинг – система наблюдений за биологическими объектами (наличие видов, их состояние и т. д.) с целью разработки систем раннего оповещения, диагностики и прогнозирования, получения информации об изменении состояния окружающей среды в зоне влияния комплекса объектов хранения и уничтожения химического оружия.

Основным фактором, определяющим темпы и объёмы токсикологических исследований в мире, является большое количество химических веществ, ежегодно поступающих в обращение. Сложившееся в мире отставание темпа токсикологических исследований от потребностей в них повлекло за собой поиск ускоренных методов исследований. В региональном центре этим занимается лаборатория биомониторинга и биотестирования.

Наличие токсикантов в воде и водных вытяжках само по себе не означает токсичность. Токсичность вещества должна быть биологически доступна, то есть токсичность – характеристика биологическая. Загрязняющие вещества оказывают специфическое и неспецифическое воздействия на гидробионтов. Поэтому методы, используемые для выявления различных воздействий на состояние водных экосистем, разнообразны. Это и аналитические методы, и биохимические, и токсикологические, а также и показатели биологической активности почвы и водных систем (морфологические, генетические, цитогенетические и т. д.). Биотестирование позволяет оценить совокупное влияние токсикантов.

Лаборатория биомониторинга и биотестирования обеспечивает выполнение экотоксикологического анализа природных, питьевых и сточных вод, донных отложений, почв и отходов по восьми утверждённым методикам на тест-объектах: дафния magna, цериодафния, водоросли сценодесмус и хлорелла, инфузории, рыбы гуппи, биоло-

минисцентные бактерии. В работе используются современные приборы и оборудование: концентратомер «Биотестер-2», флюориметр «Флюорат-02-Панорама» с расширенным диапазоном, спектрофотометр UNICO 1201, культиваторы для дафний и водорослей Р-1, Биотокс-10. Для исследования атмосферного воздуха, на компонентный состав которого в целом будут оказывать влияние промышленные выбросы объекта уничтожения химического оружия, дополнительно в область аккредитации включена методика по определению токсичности атмосферного воздуха с помощью биотеста «Эколюм».

При установлении токсичности пробы методом биотестирования проводится детальный количественный химический анализ с целью идентификации загрязняющих веществ. Данный вид исследований проводит экоаналитическая лаборатория.

Анализ почвы на содержание тяжёлых металлов проводится рентгенофлуоресцентным методом по методике М049-П/04 «Методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа». Для подтверждения полученных результатов используется также метод инверсионной вольтамперометрии (анализатор типа «ТА-4»).

Сравнивая имеющиеся результаты, можно предположить, что в почвах легкого механического состава содержание мышьяка ниже предела обнаружения прибором «Спектроскан МАКС», что составляет 6 мг/кг и является превышением для почв легкого механического состава. Незначительное содержание мышьяка в верхних горизонтах песчаных-супесчаных почв объясняется их хорошей дренирующей способностью, следовательно, в верхних горизонтах мышьяк находится в водонерастворимых формах, что подтверждают данные биологических исследований – водные вытяжки из этих почв не оказывают токсического действия.

Почвы тяжёлого механического состава вследствие низкой пропускной способности больше удерживают в себе различных элементов, а также почвы, содержащие большое количество растительного опада (болотные, торфяные), консервируют в себе имеющиеся в растениях химические вещества и наиболее часто оказывают токсическое действие на тест-объекты.

Наибольшее содержание мышьяка определено методом инверсионной вольтамперометрии в торфяно-болотных почвах. Продол-

жение исследований почвы двумя методами, а также использование метода внесения добавок в исследуемые почвы позволит определить оптимальный диапазон применения экспресс-метода с использованием «Спектрскана МАКС» и анализатора типа «ТА-4».

Для изучения гидрологии района расположения 1204 Объекта исследования проводятся в наиболее важных водотоках в зоне защитных мероприятий комплекса объектов хранения и уничтожения химического оружия – р. Судость и в её основных притоках – р. Коста, руч. Рожок, р. Рамасуха. Результаты исследований важны в первую очередь потому, что на исследуемой территории активно проводятся мелиоративные мероприятия, которые уже привели к значительному падению уровня грунтовых вод.

К показателям, сохранившим стабильность в течение периода наблюдений, относятся растворённый кислород, рН и жёсткость, удельная электропроводность, содержание фосфат-ионов. В очень значительных пределах происходят колебания количества ионов аммония и общего железа. По этим показателям, а также по содержанию в воде фторидов какой-либо динамики установить не удалось. Отмечено значительное повышение содержания в воде сульфатов и хлоридов в 2008 г. и 2009 г. по сравнению с 2006 г. Превышения фиксируются по фосфат-иону, ХПК, БПК. Наибольшие превышения по фосфат-иону (в десятки раз) зафиксированы в ручье Безымянном. Основу водосбора ручья составляют стоки очистных сооружений. На значительном протяжении ручей не имеет четко выраженного русла, проходя по заболоченной территории, теряет излишки биогенных элементов за счёт активного участия высшей водной растительности и невысокой скорости течения. Соответственно в месте впадения в р. Судость не фиксируются столь значительные превышения установленных нормативов, как это наблюдается в его истоке. В целом экологическая обстановка стабильная и не представляет серьёзной угрозы существующим биологическим комплексам.

Стоит отметить, что для прогнозирования изменений в наиболее важных водотоках исследуемой территории необходимо более серьёзное внимание уделять анализу содержания биогенных элементов, а также проводить параллельно химическим анализам серьёзный мониторинг состояния сообществ гидробионтов.

За время функционирования системы мониторинга 1204 Объекта отобрано более 440

проб почвы, выполнено более 9,5 тысячи исследований [3]. Превышения установленных нормативов отмечены в единичных случаях, в основном по тяжёлым металлам: мышьяк, марганец, свинец.

Мониторинг атмосферного воздуха проводится по основным загрязняющим веществам: вещество типа Vx, зарин, зоман, о-изобутилметилфосфонат, общий фосфор, моноэтаноламин, серы диоксид, азота диоксид, азота оксид. Всего за период наблюдений (2006 – 2009 гг.) выполнено более 2,7 тысячи исследований проб атмосферного воздуха. В отобранных пробах фосфорорганические вещества обнаружены не были.

Исследования химического состава снежного покрова проводились с целью установления средних показателей контролируемых веществ, характеризующих общее состояние окружающей среды на территории проведения мониторинга в зимний период. За время сохранения устойчивого снежного покрова загрязняющие вещества, находящиеся в нём, консервируются. Помимо загрязнения твёрдых атмосферных осадков во время их образования и выпадения на местность, происходит вторичное загрязнение уже выпавшего снежного покрова. Среди специфических загрязняющих веществ особо важное место занимают маркеры ФОВ – фосфат-ион, фосфор общий, сульфат-ион.

В пробах снежного покрова зафиксированы следующие значения контролируемых веществ:

- фосфор общий – в январе и феврале в основной массе менее 0,02 мг/дм³, т. е. менее нижней границы определения МВИ, и единично до 0,04 мг/дм³. Во второй половине марта определение данного компонента проводилось на уровне чувствительности МВИ и лишь единично не определялось вовсе;
- фосфат-ион – в марте среднее значение составляет 0,07 мг/дм³ в диапазоне 0,05–1,2 мг/дм³;
- сульфат-ион среднее содержание в марте составляет 2,3 мг/дм³ в диапазоне 0,85–3,5 мг/дм³.

Пространственное распределение загрязняющих веществ, содержащихся в снежном покрове, помогает раскрыть зоны влияния конкретных промышленных предприятий, автомобильных и железных дорог, населённых пунктов и других объектов на состояние окружающей среды [2]. Таким образом, определение значений природного фона данных

элементов позволяет подтвердить отсутствие влияния комплекса объектов по хранению и уничтожению химического оружия на момент мониторинговых исследований.

Для получения исследований, характеризующих фоновое состояние экологической системы – до начала строительства объекта уничтожения химического оружия, комплексные работы проводятся совместно с учеными Брянской государственной инженерно-технологической академии по следующим направлениям:

- детальное изучение растительного покрова и животного населения территории с учётом естественных флуктуаций и изменений антропогенного характера, создание банка данных об этих компонентах биоценоза;
- биоиндикация территории зоны воздействия объекта уничтожения химического оружия на флористическом и фитоценологических уровнях с использованием методов экологических шкал, лишено-, брио- и альгоиндикации;
- создание банка данных по почве как биокосном компоненте биогеоценоза;
- картографическое обеспечение исследований и анализ ландшафтов;
- изучение влияния объекта уничтожения химического оружия на особенности онтогенеза индикаторных видов;
- изучение биоразнообразия, наличия редких и охраняемых видов млекопитающих, орнитофауны.

Исследования биоты на индивидуальном и популяционном уровнях является важнейшим этапом современных мониторинговых исследований. Для биоиндикации может использоваться информация как об отдельных организмах и даже их органах (листья, стробилы, шишки и проч.), так и об отдельных компонентах биогеоценозов (данные стационарных пробных площадей, почвенно-гидрологические, дендрохронологические, фитопатологические и другие исследования). Расширение спектра биоиндикаторных видов, применение новых, прогрессивных методов учёта, продолжение долгосрочных наблюдений на стационарных объектах является залогом получения достоверной научной информации о состоянии окружающей природной среды и отдельных компонентов биоты.

В 2009 г. начаты исследования, направленные на выявление действия экотоксикантов на грызунов как на представителей индикаторных видов, имеющих наибольшее распростране-

ние [4–6]. В местах их предполагаемого проживания заложены стационарные учётные площадки – учётные пункты для многолетних наблюдений [7–10]. Обследование проводилось в июле, августе и сентябре.

Рекомендованная к использованию методика для конкретных условий района расположения объекта уничтожения химического оружия в настоящее время не принесла в полной мере ожидаемых результатов. Из-за низкой плотности поселения грызунов оказалось довольно сложно отловить их достаточное количество, необходимое для получения нужного объёма биоматериала, что не позволяет в полной мере получить статистически достоверные результаты.

Новым методом биоиндикации, впервые применявшимся в 2009 г. на территории санитарно-защитной зоны и зоны защитных мероприятий ОУХО, являлось исследование состояния генеративной сферы высших древесных растений.

В начале апреля 2009 г. был произведён сбор шишек сосны обыкновенной и ели европейской. Шишки взвешены, у них измерены длины и диаметр. По 30 шишек от каждой популяции упакованы и заложены на высушивание. В настоящее время продолжается анализ биометрических показателей шишек, учёт семян с подразделением их на полнозернистые, недоразвитые, пустые с использованием апробированных и новых методик.

Для сбора мужских стробил на территории санитарно-защитной зоны и зоны защитных мероприятий ОУХО подобрано 16 учётных площадок с опушечными деревьями сосны с низкоопущенными кронами (47 модельных деревьев). В мае 2009 г. с модельных деревьев сосны непосредственно перед вылетом пыльцы проведён сбор мужских стробил в пакетики из кальки в средней части кроны с южной стороны. В течение июня–июля выполнялось проращивание пыльцы методом «висячей» капли на искусственной питательной среде.

Исследования показали, что в популяциях сосны обыкновенной на территории санитарно-защитной зоны и зоны защитных мероприятий ОУХО наблюдается тенденция увеличения общего количества проросших пыльцевых зёрен, количества проросших пыльцевых зёрен с одной неразветвлённой трубкой (норма) и уменьшение количества проросших пыльцевых зёрен с различными аномалиями развития пыльцевых трубок (с одной разветвлённой и двумя пыльцевыми трубками). Эти показа-

тели коррелируют с увеличением расстояния от источников промышленных выбросов – г. Почепа.

Полученные результаты свидетельствуют об относительной стабильности мужской репродукции сосны в районе исследований. Пыльцу сосны обыкновенной как массовый и весьма чувствительный тест-объект, способный реагировать на повышенные концентрации аэрополлютантов снижением жизнеспособности и фертильности с увеличением выхода аномалий, следует использовать для биологического мониторинга в санитарно-защитной зоне и зоне защитных мероприятий ОУХО и в дальнейшем.

Исследования показателей стабильности развития берёзы повислой в санитарно-защитной зоне и зоне защитных мероприятий ОУХО в 2009 г. проводили в 10 пунктах. Использовалась общепринятая методика [11] с изменениями и дополнениями [12].

Оказалось, что половина пунктов наблюдений (50%) характеризуется удовлетворительным, 40% – предкризисным и 10% – кризисным состоянием природных экосистем. Так, удовлетворительное состояние зафиксировано:

- вблизи юго-западного угла кв. 57 ФГУ «Военное лесничество», рядом с поляной у водоёма. Близко располагается автодорога Почеп – Рамасуха;
- у бывшей железнодорожной ветки со стороны города Почеп, при въезде на территорию арсенала химического оружия. Близкое расположение города Почеп, грунтовых автодорог местного значения и арсенала химического оружия;
- при въезде в н.п. Милечь со стороны н.п. Красный Рог. Близкое расположение населённого пункта и асфальтированной автодороги местного значения;
- вблизи СПИ14 Брянской государственной инженерно-технологической академии. Близкое расположение асфальтированной автодороги Рамасуха – Трубчевск;
- между н.п. Милечь и н.п. Тщань. Близкое расположение улучшенной автодороги местного значения;
- при въезде в н.п. Семячки со стороны п. Рамасуха. Близкое расположение населённого пункта, асфальтированной и грунтовых автодорог местного значения.

Предкризисное состояние природных экосистем зафиксировано:

- у коттеджа наблюдателей в н.п. Семцы, на границе с землями, вышедшими из-под

сельхозпользования, – результат химических обработок сельхозполей и близость населённого пункта;

– у птицефабрики Речицкая, на границе с лесным массивом, – результат близости предприятия, асфальтированной автодороги и полей рассеивания очистных сооружений птицефабрики;

– вблизи СПП20 Брянской государственной инженерно-технологической академии – неблагоприятный гидрологический режим территории и близость н.п. Рамасуха.

У хутора севернее н.п. Рогово, на границе с землями, вышедшими из-под сельхозпользования, показатель стабильности развития берёзы повислой характеризует кризисное состояние природных экосистем – результат химических обработок сельхозугодий, близости населённого пункта и неблагоприятного гидрологического режима территории.

Можно сделать вывод, что ещё до начала эксплуатации объекта УХО прилегающие территории и биота в целом подвержены разнообразным стрессовым воздействиям локального характера, поэтому необходим регулярный мониторинг состояния окружающей природной среды. В настоящий момент комплексный мониторинг состояния природных сред в зоне защитных мероприятий комплекса объектов по хранению и уничтожению химического оружия в городе Почеп Брянской области позволяет сделать выводы, что существенного влияния на окружающую природную среду рассматриваемые объекты не оказывают.

Стабильное финансирование долгосрочных исследовательских программ позволит своевременно обновлять материально-техническую базу, успешно планировать и выполнять научные эксперименты, что обеспечит своевременное получение социально значимых результатов при выполнении государственных экологических программ.

Литература

1. Техническое задание на оказание услуг для государственных нужд по теме: «Обеспечение проведения государственного экологического контроля и мониторинга окружающей среды при уничтожении химического оружия на 1204 объекте УХО в г. Почеп Брянской области». Саратов. 2009. 24 с.

2. Программа (порядок) государственного экологического контроля источников загрязнения объекта по хранению и уничтожению химического оружия г. Почеп Брянской области (1204 объект) и проведения экологи-

ческого мониторинга окружающей среды в санитарно-защитной зоне и зоне защитных мероприятий в 2009 г. Брянск. 2008. 86 с.

3. Отчёт по обеспечению проведения государственного экологического контроля за функционированием Объекта УХО в г. Почеп Брянской области и мониторинга окружающей среды в санитарно-защитной зоне и зоне защитных мероприятий в первом полугодии 2009 г. Брянск. 2009. 189 с.

4. Мясников Ю.А. Звери Тульской области. Тула: Приок. кн. изд-во, 1977. 144 с.

5. Пахомов А.Е. Формирование почвенной мезофауны под воздействием роющих млекопитающих в байрачных дубравах Присамарья // *Vestnik zoologii*. № 37(1). 2003. С. 41–48.

6. Ресурсы фауны промысловых зверей в СССР и их учёта / Под ред. Ю.А. Исакова, А.А. Насимович. М.: Изд-во АН СССР. 1963. 209 с.

7. Карасева Е.В., Телицына А.Ю., Жигальский О.А. Методы изучения грызунов в полевых условиях М.: Изд-во ЛКИ. 2008. 416 с.

8. Краткие методические рекомендации по основным правилам и приёмам отлова мелких грызунов

и отбору биологического материала в ЗЗМ объектов хранения и уничтожения химического оружия [электронный документ] / М.А. Григорович, Б.И. Кудрин, О.М. Плотникова // Региональный центр по обеспечению государственного экологического контроля и мониторинга объектов по хранению и уничтожению химического оружия по Курганской области. Курган. 2009. 10 с.

9. Методы учёта численности и географического распределения наземных позвоночных / Под ред. А.Н. Формозова. М.: Изд-во АН СССР. 1952. 341 с.

10. Организация и методы учёта птиц и вредных грызунов / Под ред. А.Н. Формозова и Ю.А. Исакова. М.: изд-во АН СССР. 1963. 253 с.

11. Здоровье среды: методика оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000. 68 с.

12. Иванов В.П., Марченко С.И., Глазун И.Н., Нартов Д.И., Акименков Н.В. Использование интегрированного показателя стабильности развития берёзы повислой в мониторинговых исследованиях // *Мониторинг природных экосистем в зонах защитных мероприятий объектов по уничтожению химического оружия: Матер. науч.-практ. конф.* Пенза. 2007. С. 47–53.

УДК 577.4

Оценка устойчивости почв и прогноз их состояния в районе уничтожения химического оружия

© 2010. А.С. Олькова¹, к.т.н., ст. преподаватель, Е.В. Дабах², к.б.н., с.н.с.

¹ Вятский государственный гуманитарный университет,

²Лаборатория биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ, e-mail: morgan-abend@mail.ru

Проведена оценка устойчивости почвенных разностей вблизи комплекса объектов хранения и уничтожения химического оружия к техногенному воздействию. Был использован метод ранжирования признаков, имеющих существенное значение для устойчивости почв. Получена схематическая карта устойчивости почв санитарно-защитной зоны объекта «Марадиковский», по материалам которой сделана попытка прогноза возможного загрязнения почв и подземных вод.

Sustainability of soil differences near chemical weapons storage and decommission plants to technogenic impact was evaluated. The method of ranging the features that are of importance for soil sustainability was used. Scheme mapping of soil sustainability in the sanitary zone of «Maradikovsky» plant was worked out. The materials got were used to forecast any possible contamination of soil and drain water.

Ключевые слова: устойчивость почв, прогноз загрязнения почв и сопредельных сред
Key words: soil sustainability, forecast of contamination of soil and the adjoining environments

При реализации системы мониторинга объектов хранения и уничтожения химического оружия прогноз состояния компонентов природно-техногенной среды остаётся наиболее сложной научной проблемой.

В настоящее время прогноз изменений свойств окружающей среды в процессе ликвидации боевых отравляющих веществ и других химически опасных соединений строится в основном на моделировании рассеивания

выбросов приоритетных загрязняющих веществ. Такой подход полностью оправдывает себя по отношению к большинству компонентов окружающей среды. Однако неоднородность почвенного покрова в районе уничтожения химического оружия на объекте «Марадыковский» (Кировская область), разнообразие свойств почв и механизмов их реакции на техногенное воздействие обуславливают необходимость оценки устойчивости почв.

Под устойчивостью мы понимаем способность почвы сохранять свойственные ей черты морфологического строения, почвообразовательных процессов и уровень продуктивности.

Поставленная задача решалась в рамках оптимизации экологического мониторинга почв санитарно-защитной зоны (СЗЗ) комплекса объектов хранения и уничтожения химического оружия (ОХУХО) «Марадыковский» в Кировской области [1, 2].

При ранжировании свойств почв СЗЗ ОХУХО «Марадыковский» оценивали их значимость для устойчивости (табл. 1). Такой принцип ранее с успехом применялся исследователями [3–5].

Для оценки устойчивости почв к техногенному воздействию проанализированы

особенности почв, в наибольшей степени влияющие на их свойства и состав: почвообразующие породы, гранулометрический состав, кислотность, содержание органического вещества. Материалами для данного анализа служили почвенная карта Оричевского района и многолетние исследования территории вокруг объекта уничтожения химического оружия [6, 7].

Признаки ранжировались в порядке усиления их роли в поддержании устойчивости. В зависимости от общей суммы полученных баллов (от 6 до 14) в СЗЗ выделено 4 категории устойчивости почвенного покрова:

- неустойчивые (6–7 баллов);
- малоустойчивые (8–10 баллов);
- относительно устойчивые (11–13 баллов);
- устойчивые (14 баллов).

Результат ранжирования можно представить в виде схематической карты устойчивости санитарно-защитной зоны объекта «Марадыковский» (см. цветную вкладку).

По результатам проведенной оценки, устойчивыми почвами СЗЗ ОУХО «Марадыковский» можно считать дерновые глеевые, отличающиеся нейтральной реакцией среды, большими запасами гумуса, формирующиеся на

Таблица 1

Оценка почвенного покрова по показателям, определяющим его устойчивость к загрязнению (в баллах)

| Показатели и свойства почв | | Оценка, баллы |
|-----------------------------------|---|---------------|
| Почвообразующие породы | Водноледниковые отложения | 1 |
| | Водноледниковые отложения, подстилаемые элювием глин на глубине более 50 см | 2 |
| | Водноледниковые отложения, подстилаемые элювием глин на глубине менее 50 см | 3 |
| | Элювий глин | 3 |
| Гранулометрический состав | Песчаный и супесчаный | 1 |
| | Легкосуглинистый | 2 |
| | Среднесуглинистый | 3 |
| Увлажнённость | Подзолистые и дерново-подзолистые почвы на повышенных элементах рельефа с низкой влагообеспеченностью | 1 |
| | Дерново-подзолистые почвы оглеенные на разной глубине | 2 |
| | Дерновые оглеенные и болотные почвы | 3 |
| Кислотность | pH<4,5 | 1 |
| | pH 4,5-5,5 | 2 |
| | pH>5,5 | 3 |
| Содержание органического вещества | <5% | 1 |
| | 5–10% | 2 |
| | >10% | 3 |

глинистых почвообразующих породах. Такие почвы встречаются на юго-востоке изучаемой территории и занимают небольшие площади (см. цветную вкладку).

Относительно устойчивыми являются дерново-сильно- и среднеподзолистые почвы легко- и среднесуглинистые на водноледниковых отложениях, подстилаемых элювием глин. Подстилание создает геохимический барьер на пути загрязняющих веществ, а увеличение доли глинистых частиц в верхних генетических горизонтах повышает сорбционную способность.

Малоустойчивыми почвами можно назвать подзолистые и дерново-подзолистые с разной степенью оподзоленности легкого гранулометрического состава на двучленных отложениях, в которых водноледниковые пески подстилаются элювием глин на глубине более 50 см.

Неустойчивые к загрязнению почвы занимают большую часть СЗЗ ОХУХО «Марадьковский». Они представлены подзолистыми и дерново-подзолистыми почвами легкого гранулометрического состава на водноледниковых отложениях. Эти почвы быстро «насыщаются» загрязняющими веществами вследствие их малой ёмкости поглощения и повышают вероятность загрязнения подземных вод.

Полученный картографический материал имеет большое значение как при интерпретации фактических данных, так и при разработке прогноза состояния почв и сопредельных сред. Определение устойчивости почвенных разностей на территории СЗЗ объекта уничтожения химического оружия даёт возможность выявить участки с повышенным риском загрязнения, а также позволяет точнее интерпретировать результаты химического анализа почв.

В целом прогнозируемыми направлениями техногенной трансформации почв и сопредельных сред можно назвать:

- загрязнение почв и изменение их агрохимического состава,
- загрязнение подземных вод и геологической среды,
- нарушение почвенного покрова при отборе проб, планировке местности;
- изменение гидрологического режима при планировке местности.

Степень проявления перечисленных явлений будет зависеть от устойчивости почвы на определенной территории.

Анализ площадей, занимаемых различными категориями почв в СЗЗ объекта «Марадьковский», показал, что в западном и южном секторах около 50% занимают техногенные

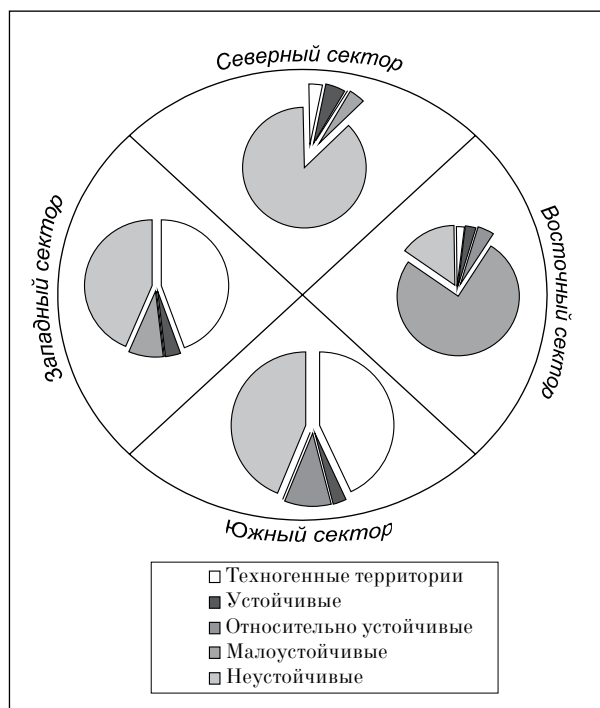


Рис. 2. Соотношение площадей почв с разной устойчивостью к техногенному воздействию в СЗЗ объекта «Марадьковский»

территории (рис. 2), представленные объектом хранения химического оружия, заводом по его уничтожению, прилегающими территориями с различными коммуникациями. Почва на этих территориях является антропогенно нарушенной либо замещена насыпными грунтами, обладающими высокой водопроницаемостью. Следовательно, именно здесь можно ожидать высокую степень загрязнения подземных вод.

Северный сектор более чем на 80% представлен неустойчивыми почвами, занятыми сосновыми лесами. Их неустойчивость обусловлена высокой кислотностью, легким гранулометрическим составом и почвообразующими породами с высокой водопроницаемостью. Подземные воды на данной территории нуждаются в непрерывном контроле химического состава и экоотсикологических характеристик.

Дерново-подзолистые почвы восточного сектора более устойчивы. В понижениях встречаются дерновые глеевые почвы суглинистого гранулометрического состава на элювии пермских глин, относящиеся к устойчивым. Выход пермских глин на поверхность создает геохимический барьер на пути распространения загрязняющих веществ. Следовательно, загрязнение подземных вод восточного сектора наименее вероятно.

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

1. На территории санитарно-защитной зоны объекта «Марадыковский» по устойчивости к загрязнению преобладают почвы, относящиеся к неустойчивым и малоустойчивым. Это кислые песчаные почвы под хвойными лесами. Площади таких почв достигают 67%. Наибольшей устойчивостью отличаются почвы в восточном секторе исследуемой территории, где они формируются на тяжёлых по гранулометрическому составу породах или при близком залегании таких пород, отличаются меньшей кислотностью и большим содержанием гумуса.

2. При попадании выбросов на неустойчивые почвы их способность «брать воздействие на себя» минимальна – опасность загрязнения грунтовых вод наиболее вероятна.

Таким образом, ранжирование почвенного покрова по степени устойчивости к техногенному загрязнению является эффективным методом при разработке прогноза экологического состояния почв и сопредельных сред. Его внедрение обеспечит осуществление качественного мониторинга почв и принятие своевременных природоохранных мер.

Литература

1. Олькова А.С. Разработка технологии оптимизации геоэкологического мониторинга почв района расположения объекта уничтожения химического оружия

(на примере объекта «Марадыковский» в Кировской области): Дис. ... канд. техн. наук. М.: Московский государственный университет картографии и геодезии. 2009. 178 с.

2. Олькова А.С., Дабах Е.В., Кантор Г.Я., Ашихмина Т.Я. Картирование почвенного покрова и оценка устойчивости почв на территории санитарно-защитной зоны комплекса объектов хранения и уничтожения химического оружия // Известия ВУЗов. «Геодезия и аэрофотосъемка». 2009. № 2. С. 39–45.

3. Букс И.И. Некоторые методические подходы к оценке устойчивости природных комплексов для целей прогноза состояния окружающей природной среды // Проблемы фоновый мониторинга состояния природной среды. 1987. Вып. 5. С. 200–212.

4. Васильевская В.Д. Проблемы и опыт составления карт устойчивости почвенного покрова к антропогенным воздействиям // Биологические науки. 1990. № 9. С. 52–59.

5. Глазовская М.А. Проблемы и методы оценки эколого-геохимической устойчивости почв и почвенного покрова к техногенным воздействиям // Почвоведение. 1999. № 1. С. 114–124.

6. Почвенная карта Оричевского района Кировской области – 1:50000. Киров, 1982.

7. Ашихмина Т.Я., Кантор Г.Я. Оценка воздействия строительства и эксплуатации объекта 1726 (площадки № 2 и № 5) на окружающую среду (ОВОС): отчет по НИР: в 6 кн. Киров, ВГСХА-ВГПУ-СОЮЗПРОМНИИПРОЕКТ. 2001. 1725 с. № ГР 01.20.0000042. Инв.№ 02.20.0100255.

Оценка уровня генотоксичности в экологическом мониторинге

© 2010. В.Н. Чупис¹, д.ф.-м.н., директор, Н.В. Емельянова¹, к.б.н., начальник отдела, Е.А. Танайлова¹, к.б.н., с.н.с., Н.В. Полухина¹, к.б.н., зам. начальника отдела, Т.А. Шингаренко², директор, О.М. Плотникова², к.б.н., научный руководитель,
¹Государственный научно-исследовательский институт промышленной экологии,
²Региональный центр по обеспечению государственного экологического контроля и мониторинга объектов по хранению и уничтожению химического оружия по Курганской области,
e-mail: vit@sar-ecoinst.org

Приведены результаты исследования уровня генотоксичности почвогрунтов в районе бывшего захоронения химического оружия в Удмуртской Республике. Для оценки загрязнения почвогрунта использованы методы учета хромосомных aberrаций, изменения ядрышковой активности в меристематических клетках растительных тест-объектов и токсиколого-гигиенические исследования на лабораторных мышах.

The article presents the results of investigating the level of ground gene-toxicity in the area of the former chemical weapons storage in the Udmurt republic. To evaluate the ground pollution level we used methods of chromosome aberration counting, nucleolus activity changes in the meristematic cells of tested plants and toxicity-hygiene experiments on laboratory mice.

Ключевые слова: цитогенетический анализ, ядрышковый тест, хромосомные aberrации, токсиколого-гигиенический анализ

Key words: cytogenetic analysis, nucleolus test, chromosome aberrations, toxicity-hygiene analysis

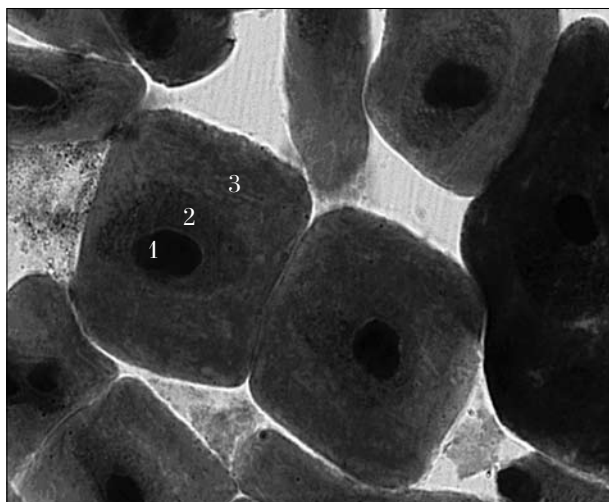
В последние десятилетия актуальнейшей проблемой остается оценка последствий антропогенного воздействия на окружающую среду, в частности при хранении и уничтожении химического оружия. В современных условиях глобального загрязнения биосферы техногенными продуктами, несущими в себе опасность воздействия на генетический аппарат живых существ, особый интерес представляет слежение за интегральными эффектами мутагенов и выявление влияния малых доз загрязнителей [1, 2].

Для целей биоиндикации мутагенного фона территорий в качестве тест-объектов достаточно часто используют растения [3, 4], что объясняется их прикрепленным образом жизни, благодаря чему они постоянно подвергаются действию как глобально, так и локально распространенных загрязнителей [5, 6]. Одним из наиболее информативных и высокочувствительных методов оценки экологического состояния природной среды является цитогенетический анализ, основанный на регистрации хромосомных aberrаций и изменении количества ядрышек [7, 8].

В связи с тем что процессы хранения и уничтожения химического оружия сопряжены

с потенциальной опасностью воздействия высокотоксичных соединений, а необходимость оценки последствий этого влияния очевидна [9, 10], в 2009 г. были проведены исследования по изучению уровня генотоксичности среды в районе бывшего захоронения химического оружия в Удмуртской Республике.

Цель настоящего исследования состояла в оценке загрязнения почвогрунта на основе изменения ядрышковой активности и учета хромосомных aberrаций в меристематических клетках растительных тест-объектов. Для этого проводился анализ апикальной меристемы проростков ячменя по методикам, прошедшим государственную аттестацию в отделе биологических исследований ФГУ ГосНИИЭНП. Математическая обработка результатов осуществлялась с использованием приложения Microsoft Excel. Для определения степени достоверности различий применялся t-критерий Стьюдента, различия считали достоверными при $p \leq 0,05$. При оценке результатов исследований применяли эколого-токсикологические показатели и критерии отнесения отходов к классам опасности согласно Приложению 7 к «Санитарным правилам по определению класса



1 – ядрышко; 2 – ядро; 3 – цитоплазма

Рис. 1. Одно ядрышко в апикальной меристеме корней ячменя (контроль)

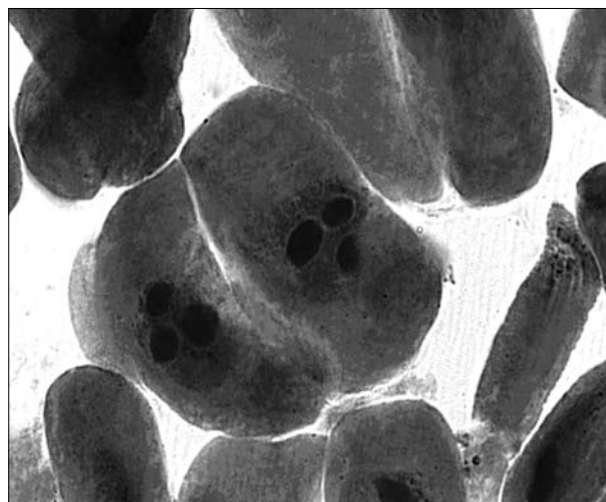


Рис. 2. Три ядрышка в апикальной меристеме корней ячменя (проба)

опасности токсичных отходов производства и потребления»: чрезвычайно опасные (1 класс), высокоопасные (2 класс), умеренноопасные (3 класс), малоопасные (4 класс).

При исследовании контрольной пробы почвогрунта отмечено, что среднее число ядрышек в клетках апикальной меристемы корней ячменя составляло 1,3 (рис. 1). Анализ проб, полученных с шести исследуемых площадок (№ 1, 2, 4, 12, 13, 15), показал существенное увеличение среднего количества ядрышек в меристематических клетках. При исследовании проб с площадки № 16 и вдоль границы исследуемой территории подобной тенденции не выявлено.

Полученные результаты являются следствием увеличения ядрышковой активности, выражающейся в процентном увеличении клеток, содержащих 2, 3, 4 и более ядрышек (рис. 2). При исследовании временных пре-

паратов было отмечено, что максимальное их количество равнялось 6, в то время как при анализе препаратов контрольной пробы в большинстве клеток диапазон варьирования данного показателя составил от 1 до 2.

Основным критерием генотоксичности является увеличение количества ядрышек в клетках корней проростков ячменя по сравнению с контролем на 20% и более. При анализе результатов (табл. 1) отмечено, что на площадках № 1, 2, 4, 12, 13, 15 выявляется высокий процент отклонения от контроля (73,9 – 88,5%). Подобные данные свидетельствуют о значительном уровне цитогенетических аномалий и развитии патологического состояния у тест-растения при воздействии на него исследуемых проб почвогрунтов.

Пробы, взятые с модельной площадки № 16 и вдоль границы изучаемой территории, показали отклонение от контроля менее 20%, что

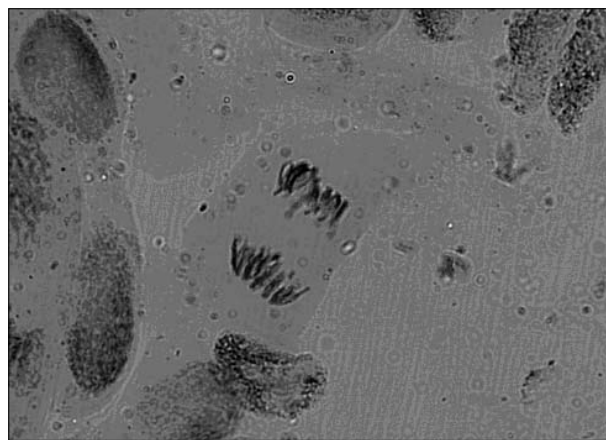
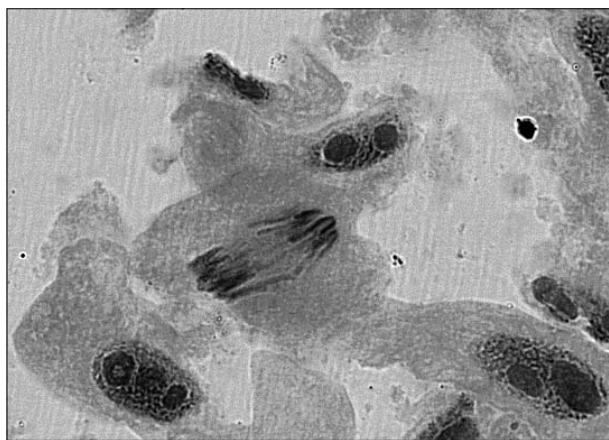


Рис. 3. Хромосомные aberrации в апикальной меристеме корней ячменя (проба)

Результаты ядрышкового теста, метода учета хромосомных aberrаций и токсиколого-гигиенических исследований

| Площадка | Ядрышковый тест, % отклонения от контроля | Метод учета хромосомных aberrаций, % отклонения от контроля | Токсиколого-гигиенические исследования, % отклонения от контроля | Класс опасности |
|--------------------------|---|---|--|-----------------|
| 1 | 78,5 | 9,3 | 31-45 | 2 |
| 2 | 73,9 | 31,3 | 31-45 | 2 |
| 4 | 88,5 | 26,7 | 31-45 | 2 |
| 12 | 86,6 | 23,6 | 31-45 | 2 |
| 13 | 82,2 | 82,2 | 31-45 | 2 |
| 15 | 83,7 | 21,9 | 31-45 | 2 |
| 16 | менее 10 | 28,5 | 31-45 | 2 |
| Вдоль границы территории | менее 10 | менее 2 | менее 20% | 4 |

является показателем отсутствия генотоксического эффекта.

Параллельно с ядрышковым тестом проводился и метод учёта хромосомных aberrаций. В процессе проведённых исследований отмечались отставания, образование фрагментов и мостов – результат повреждения хромосом на разных стадиях клеточного цикла [5] (рис 3).

Анализ изучаемых проб показал наличие генотоксического эффекта, проявляющегося в увеличении процентного содержания aberrантных клеток. Процент отклонения при этом превышал 2% и в некоторых случаях (площадка № 12) достигал 28%. Выявлена положительная корреляция между данными, полученными с использованием двух упомянутых методик, коэффициент корреляции при этом составил 0,5-0,8. Однако следует отметить, что проба с площадки № 16, показавшей отсутствие токсичности с применением ядрышкового теста, вызвала хромосомные aberrации используемого тест-объекта.

Результаты ядрышкового теста и метода учета хромосомных aberrаций были подтверждены токсиколого-гигиеническими исследованиями, проведёнными на лабораторных мышах (РЦ СГЭЖиМ по Курганской области). При проведении острого токсикологического эксперимента использовали разведения, вызывающие токсический эффект при пероральном введении животным.

В ходе хронических опытов регистрировались клинические признаки отравления, сроки гибели, макроморфологические изменения в органах при вскрытии погибших животных. При воздействии проб, взятых с площадок № 1, 2, 4, 12, 13, 15, в том числе и с площадки

№ 16, процент отклонения от нормы варьировался в пределах 31–45%. При исследовании проб вдоль границы изучаемой территории отмечено, что отклонение от контроля не превышало 20%.

Таким образом, отмечена положительная корреляция между данными, полученными с использованием ядрышкового теста, метода учета хромосомных aberrаций, и результатами токсиколого-гигиенических исследований. На основании анализа полученных данных большинству рассмотренных проб с модельных площадок присвоен 2 класс опасности – высокоопасные. Исключение составляют пробы с границы исследуемой территории, которым присвоен 4 класс опасности, что согласно эколого-гигиеническим показателям и критериям определяется как малоопасный для здоровья человека.

Из изложенного выше следует, что данные оценки генотоксичности с применением ядрышкового теста, метода учета хромосомных aberrаций на апикальной меристеме корней проростков ячменя свидетельствуют о том, что количество ядрышек в клетках меристемы проростков, выращенных на пробах, превышает контрольную более чем на 70%, а количество aberrантных клеток – более 80%. Это является показателем значительного генотоксичного влияния токсикантов на растительные тест-объекты и свидетельствует о высоком уровне цитогенетических аномалий в анализируемых пробах.

Литература

1. Крупская Л.Т., Саксин Б.Г., Бондаренко Е.И., Ершов М.А., Бабурин А.А. Биоиндикация загрязнения

экосистем в зоне влияния золотодобычи на юге Дальнего Востока // «Исследовано в России» (электронный журнал).

2. Шкодич П.Е., Желтобрюхов В.Ф., Клаучек В.В. Эколого-гигиенические аспекты проблемы уничтожения химического оружия. Волгоград: Изд-во Волгоградского гос. унив., 2004. 236 с.

3. Калдыбаев Б.К. Эколого-генетическая оценка последствий загрязнения агроценозов восточной части зоны земледелия Иссык-Кульской области: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. 1983. 20 с.

4. Калаев В.Н., Карпова С.С. Цитогенетический мониторинг: методы оценки загрязнения окружающей среды и состояния генетического аппарата организма. Воронеж. 2004. 80 с.

5. Гарипова Р.Ф., Калиева А.Ж. Цитогенетический анализ в мониторинге почв при техногенном загрязнении микроэлементами // Вестник ОГУ. 2009. № 4. С. 94–97.

6. Найденова Л.С., Епринцев С.А., Попов В.Н. Проведение цитогенетического мониторинга в г. Воронеже, используя древесные породы деревьев на

примере берёзы повислой // Вестник ВГУ. Серия Химия. Биология. Фармацев. 2008. № 1. С. 115–122.

7. Хакунов М.Р. Необходимость применения биологических методов при анализе загрязнений окружающей среды // Экологические проблемы современности: Докл. Семинара. Майкоп. 2009. (электронный документ).

8. Федорова А.И., Калаев В.Н., Плахотина А.Ю. Биоиндикация мутагенного эффекта радона с использованием ядрышкового теста в клетках корней традесканции // Вестник ВГУ. Серия Химия. Биология. Фармацев. 2004. № 2. С. 151–156.

9. Гармонов С.Ю., Евгеньев М.И., Зыкова И.Е. Перспективные методы оценки генетически детерминированной химической чувствительности организма человека // Химическая и биологическая безопасность. 2003. № 11-12. С. 3–16.

10. Котегов Б.Г., Капитонова О.А., Холмогорова Н.В. Биологический мониторинг в зоне влияния Камбарского завода по уничтожению химического оружия: опыт организации и реализации. Ижевск: Изд-во Удмуртского университета. 2009. 212 с.

Биохимические показатели лабораторных мышей в зависимости от времени интоксикации метилфосфонатом

© 2010. О.М. Плотникова, к.х.н., науч. руководитель, Н.Н. Матвеев, н.с.,
А.М. Корепин, н.с., И.В. Дуплякина, н.с.,
Региональный центр по обеспечению государственного
экологического контроля и мониторинга объектов по хранению
и уничтожению химического оружия по Курганской области,
e-mail: kurgan-rc@yandex.ru

В статье представлены данные результатов исследования биохимических показателей биологического материала лабораторных мышей для системы «биохимический показатель – время интоксикации – достоверность влияния токсиканта». В качестве токсиканта изучали метилфосфоновую кислоту как основное фосфорорганическое соединение, образующееся при уничтожении фосфорорганических отравляющих веществ. Результаты могут быть использованы в экологическом мониторинге состояния окружающей среды.

The article presents the results of research of biochemical indicators of laboratory mice biological material for system «biochemical indicator – intoxication time – reliability of influence toxic substance». The methyl phosphonic acid as a toxic substance has been studied because of it is basic organophosphorus compound, which has been produced in the results of destruction organophosphorus poisonous substances. These researches can be used in ecological monitoring of environmental state.

Ключевые слова: экотоксикологический мониторинг,
биохимические показатели, метилфосфоновая кислота
Key words: ecotoxicological monitoring, biochemical indicators,
methyl phosphonic acid

В Региональном центре по обеспечению государственного экологического контроля и мониторинга объектов по хранению и уничтожению химического оружия по Курганской области (РЦ СГЭКиМ) в 2008 году начала работу Межрегиональная лаборатория экотоксикологии, аккредитованная в Системе аккредитации аналитических лабораторий на техническую компетентность и независимость в проведении биохимических, иммунологических и морфологических исследований с использованием биологического материала. В настоящее время лабораторией получено свидетельство об аттестации методики выполнения измерений (№ 224.11.03.052/2009) биохимических показателей фотометрическим методом в плазме (сыворотке) крови мелких теплокровных животных (мышей и мелких грызунов на территориях санитарно-защитных зон и зон защитных мероприятий) в рамках государственного экологического мониторинга объектов хранения и уничтожения химического оружия.

Целью первого этапа работы лаборатории стало выявление в системе «биохимический показатель – время интоксикации – до-

стоверность влияния токсиканта» наиболее информативных важнейших биохимических показателей крови лабораторных мышей в ответ на интоксикацию специфическим поллютантом – метилфосфоновой кислотой (МФК), которая может потенциально появиться в природных средах после детоксикации фосфорорганических отравляющих веществ и распада ряда фосфорорганических пестицидов, – для дальнейшего их использования в экотоксикологическом мониторинге.

Для достижения поставленной цели данного исследования концентрация МФК как вещества 4 класса опасности была определена – 2 мг/кг массы тела. В дальнейших исследованиях эта концентрация МФК обозначена нами как сверхвысокая.

Объектами исследования служили около 300 особей белых лабораторных мышей линии СВА в возрасте двух месяцев массой 25–28 г. Мыши были разделены на группы по 10–12 особей в каждой: контрольные группы самцов и самок с введением физиологического раствора (0,9% NaCl) и опытные группы самцов и самок с интоксикацией метилфосфоновой кислотой в качестве поллютанта.

Таблица 1

Показатели энергетического обмена лабораторных мышей линии СВА

| Определяемый показатель, единицы измерения | Время после интоксикации метилфосфонатом в концентрации 2 мг/кг | | | | | | | | |
|--|---|------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--|--|
| | 12 час | 24 час | 48 час | 72 час | 96 час | 120 час | | | |
| Гликоген в печени, мг/г ткани печени | контроль | 71,2 (66,9-76,9) | 67,4 (66,0-67,4) | 37,5 (35,1-47,1) | 37,8 (34,4-42,0) | 35,6 (33,8-42,1) | 36,0 (28,9-38,6) | | |
| | опыт | 59,5 (53,5-66,9) | 94,6 (85,6-102,5) | 44,1 (40,9-55,4) | 32,1 (30,7-33,8) | 66,6 (47,3-70,0) | 52,0 (48,0-54,6) | | |
| | p | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 | | |
| Гликоген в мышцах, мг/г ткани мышц | контроль | 59,6 (57,8-64,1) | 33,0 (31,4-36,1) | 70,5 (65,3-79,5) | 65,4 (63,4-66,8) | 27,5 (26,2-30,6) | 43,1 (40,0-45,4) | | |
| | опыт | 59,9 (56,8-66,9) | 41,5 (39,7-43,8) | 59,3 (58,0-65,5) | 45,0 (43,6-48,1) | 37,8 (32,8-43,0) | 60,9 (54,8-72,4) | | |
| | p | p>0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 | | |
| Гликоген в мышцах, мг/г ткани мышц | контроль | 1,55 (1,26-1,71) | 1,79 (1,68-1,89) | 0,46 (0,32-0,53) | 1,69 (1,50-1,85) | 0,35 (0,32-0,39) | 0,12 (0,09-0,24) | | |
| | опыт | 0,50 (0,44-0,60) | 1,44 (1,24-1,73) | 0,79 (0,62-0,95) | 0,43 (0,35-0,49) | 0,38 (0,25-0,54) | 0,39 (0,34-0,48) | | |
| | p | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p>0,05 | p<0,05 | | |
| Креатинфосфат в мышцах, мкг/г ткани мышц | контроль | 1,27 (1,17-1,56) | 0,43 (0,34-0,50) | 1,35 (1,12-1,46) | 0,82 (0,70-0,94) | 0,12 (0,11-0,18) | 0,22 (0,16-0,26) | | |
| | опыт | 1,38 (1,29-1,47) | 0,40 (0,38-0,43) | 1,06 (0,78-1,21) | 0,19 (0,17-0,24) | 0,22 (0,17-0,32) | 0,23 (0,14-0,28) | | |
| | p | p>0,05 | p>0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p>0,05 | | |
| Креатинкиназа в сыворотке крови, Е/л | контроль | 1,87 (1,40-2,38) | 2,01 (1,64-2,16) | 1,32 (1,09-1,42) | 1,21 (1,05-1,45) | 1,10 (1,01-1,22) | 2,23 (2,14-2,63) | | |
| | опыт | 1,43 (1,34-1,91) | 1,16 (1,01-1,43) | 1,30 (1,12-1,61) | 1,42 (1,15-1,74) | 0,63 (0,57-0,79) | 1,93 (1,47-2,10) | | |
| | p | p<0,05 | p<0,05 | p>0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 | | |
| Креатинкиназа в сыворотке крови, Е/л | контроль | 0,80 (0,67-0,96) | 1,37 (1,33-1,54) | 1,02 (0,86-1,27) | 0,94 (0,80-1,16) | 1,84 (1,73-2,13) | 1,11 (1,05-1,38) | | |
| | опыт | 0,56 (0,53-0,59) | 1,54 (1,52-1,54) | 1,51 (1,15-1,76) | 1,16 (0,90-1,35) | 1,59 (1,41-1,82) | 1,14 (1,02-1,24) | | |
| | p | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p>0,05 | p>0,05 | | |
| Лактатдегидрогеназа в сыворотке крови, Е/л | контроль | 167 (141-211) | 385 (338-467) | 180 (147-223) | 273 (235-360) | 160 (151-191) | 475 (377-612) | | |
| | опыт | 343 (273-377) | 310 (291-338) | 108 (72-120) | 413 (357-548) | 215 (187-288) | 598 (542-707) | | |
| | p | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 | | |
| Лактатдегидрогеназа в сыворотке крови, Е/л | контроль | 1121 (1058-1170) | 1956 (917-1178) | 988 (899-1093) | 769 (686-832) | 777 (631-842) | 993 (953-1120) | | |
| | опыт | 1079 (869-1185) | 1020 (923-1044) | 1020 (893-1152) | 882 (858-929) | 642 (599-766) | 1166 (1147-1241) | | |
| | p | p>0,05 | p>0,05 | p>0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 | | |
| Лактатдегидрогеназа в сыворотке крови, Е/л | контроль | 869 (764-1001) | 988 (907-1047) | 793 (698-917) | 834 (750-947) | 1123 (1023-1239) | 1015 (793-1627) | | |
| | опыт | 901 (850-936) | 998 (934-1069) | 761 (603-832) | 891 (884-923) | 1236 (1112-1330) | 842 (737-1071) | | |
| | p | p>0,05 | p>0,05 | p>0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 | | |

Интоксикация проводилась путем инъекций мышам подкожно физиологического раствора с добавлением МФК, нейтрализованного. Забор исследуемого материала производился через установленное время после интоксикации. После эвтаназии декапитацией для исследования брали цельную кровь, из которой получали центрифугированием сыворотку крови. Объем полученной сыворотки от одной особи варьировался от 0,4 до 0,7 миллилитров.

Совокупности полученных экспериментальных данных в каждой выборке описывали с помощью медианы и процентилей [1].

Достоверность различий между двумя выборками экспериментальных данных оценивали с применением методов непараметрической статистики для малых выборок с использованием критериев для независимых выборок – Вилкоксона-Манна-Уитни для числа наблюдений n от 12 до 40 [2] или рендомизации – при n от 5 до 12 [3].

Исследования проведены более чем по 15 важнейшим биохимическим показателям, в том числе по содержанию гликогена в печени и мышцах, креатинфосфата (КФ) и креатина в мышцах, олигопептидов (ОП) в плазме крови и эритроцитной массе, общего белка (ОБ), белковых фракций альбумина и глобулинов, холестерина, общих липидов (ОЛ), малонового диальдегида (МДА), активности аминотрансфераз, супероксиддисмутазы (СОД), креатинкиназы (КК), лактатдегидрогеназы (ЛДГ), холинэстеразы в сыворотке крови по общеизвестным адаптированным методикам [4] и согласно МВИ [5].

Для определения показателя «время – достоверно значимые изменения» между опытными и контрольными группами мелких грызунов определяли различные биохимические показатели через 12, 24, 48, 72, 96 и 120 часов после интоксикации. Результаты экспериментальных исследований для самцов и самок по основным показателям энергетического, белкового и липидного обменов приведены в таблицах 1–3 в виде медианы с указанием в скобках интервала 25–75-процентилей; различия считали значимыми при вероятности $p < 0,05$.

Анализ представленных данных таблиц 1–3 показывает, что достоверные наибольшие изменения для большинства изученных показателей энергетического, белкового и липидного обменов при интоксикации мышей МФК в концентрации 2 мг/кг живой массы наблю-

даются после 72 час воздействия поллютанта (для 23 из 24 определяемых показателей, приведенных в таблицах для 72 час воздействия токсиканта, $p < 0,05$ в отличие от 48 и 96 час, когда только 18 и менее 16 показателей имеют достоверные отличия).

Таким образом, для дальнейшего проведения исследований по выявлению влияния различных концентраций МФК на гематологические и биохимические показатели мышей из общего пула крови нами рекомендовано использовать период в 72 час.

По данным рисунков 1 и 2 метилфосфовая кислота в сверхвысоких дозах оказывает наибольшее влияние на следующие биохимические показатели в сторону уменьшения или увеличения как у самцов, так и у самок лабораторных мышей: уменьшается содержание гликогена в печени на 15–31% и в мышцах – на 74–77%, ОП в плазме и эритроцитной массе – на 20–48% и 14–19% соответственно; увеличивается содержание КФ на 14–19%, ОБ – на 8–16% и активность ЛДГ на 7–15%.

Активность КК и отношение МДА/ОБ у самцов и самок лабораторных мышей достоверно изменяется противоположно: активность креатинкиназы у самцов увеличивается на 51%, а у самок уменьшается на 13%; у самцов отношение МДА/ОБ уменьшается на 5%, а у самок увеличивается на 60% к контролю.

По содержанию общих липидов и холестерина в силу половых различий закономерность следующая: у самцов лабораторных мышей содержание ОЛ уменьшается на 26%, а у самок – лишь на 1%, в то же время содержание холестерина уменьшается у самок на 20%, а у самцов – лишь на 4%.

Таким образом, по полученным экспериментальным данным можно сделать вывод, что для обнаружения влияния МФК как специфического поллютанта на организм мелких грызунов можно рекомендовать к использованию изменение в биологических пробах гликогена, креатинфосфата, олигопептидов, общего белка, липидов, холестерина, активностей креатинкиназы, лактатдегидрогеназы через 72 час после интоксикации метилфосфоновой кислотой. При интоксикации лабораторных мышей МФК в сверхвысоких концентрациях (2 мг на кг массы) наблюдаются следующие закономерности в изменении перечисленных показателей:

1) независимо от пола особи наблюдается уменьшение содержания гликогена

Таблица 2

Показатели белкового обмена лабораторных мышей линии СВА

| Концентрация субстрата, или активность фермента, единицы измерения | Время после интоксикации метилфосфонатом в концентрации 2 мг/кг | | | | | | |
|--|---|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | 12 час | 24 час | 48 час | 72 час | 96 час | 120 час | |
| Общий белок в сыворотке крови, г/л | контроль | 61,6 (68,7-64,5) | 59,4 (57,8-61,5) | 54,4 (53,0-57,4) | 57,5 (56,1-62,5) | 58,6 (54,9-61,1) | |
| | опыт | 65,0 (61,6-65,7) | 62,6 (61,3-68,2) | 57,1 (54,4-57,7) | 58,9 (55,8-59,3) | 56,5 (54,2-58,6) | 55,8 (53,3-57,4) |
| | p | p>0,05 | p>0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p>0,05 | p<0,05 |
| Олигопептиды в плазме крови, мг/мл | контроль | 76,2 (67,8-79,7) | 67,6 (59,7-70,0) | 56,1 (54,1-58,9) | 63,2 (56,1-70,3) | 63,0 (59,3-67,2) | 54,8 (52,3-55,7) |
| | опыт | 70,6 (69,9-72,6) | 64,8 (61,9-70,6) | 56,3 (54,7-69,0) | 73,5 (71,2-78,0) | 63,7 (63,0-67,4) | 54,2 (50,1-58,2) |
| | p | p>0,05 | p>0,05 | p>0,05 | p<0,05 | p>0,05 | p>0,05 |
| Олигопептиды в эритроцитной массе, мг/мл | контроль | 0,13 (0,12-0,13) | 0,10 (0,10-0,11) | 0,64 (0,55-0,67) | 0,40 (0,33-0,41) | 0,15 (0,15-0,17) | 0,13 (0,13-0,14) |
| | опыт | 0,15 (0,13-0,21) | 0,19 (0,17-0,22) | 0,59 (0,55-0,69) | 0,32 (0,29-0,37) | 0,15 (0,13-0,15) | 0,14 (0,14-0,15) |
| | p | p<0,05 | p<0,05 | p>0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 |
| Олигопептиды в эритроцитной массе, мг/мл | контроль | 0,15 (0,15-0,16) | 0,20 (0,17-0,22) | 0,50 (0,46-0,54) | 0,23 (0,22-0,26) | 0,17 (0,16-0,18) | 0,20 (0,19-0,23) |
| | опыт | 0,16 (0,13-0,21) | 0,17 (0,16-0,17) | 0,45 (0,41-0,49) | 0,12 (0,10-0,14) | 0,16 (0,15-0,17) | 0,18 (0,18-0,20) |
| | p | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p>0,05 | p<0,05 |
| Олигопептиды в эритроцитной массе, мг/мл | контроль | 0,17 (0,16-0,19) | 0,18 (0,17-0,19) | 2,98 (2,92-3,01) | 1,38 (1,19-1,48) | 0,17 (0,16-0,20) | - |
| | опыт | 0,35 (0,33-0,39) | 0,16 (0,15-0,17) | 1,99 (1,62-2,16) | 1,13 (1,07-1,21) | 0,16 (0,15-0,16) | - |
| | p | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 | - |
| Олигопептиды в эритроцитной массе, мг/мл | контроль | 0,36 (0,28-0,41) | 0,27 (0,24-0,30) | 0,87 (0,81-0,99) | 0,22 (0,21-0,23) | 0,22 (0,20-0,23) | 0,21 (0,20-0,22) |
| | опыт | 0,35 (0,33-0,39) | 0,36 (0,29-0,47) | 0,72 (0,64-0,78) | 0,19 (0,17-0,20) | 0,20 (0,18-0,22) | 0,23 (0,22-0,26) |
| | p | p>0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 |

Таблица 3

Показатели липидного обмена лабораторных мышей линии СВА

| Концентрация субстрата, или активность фермента, единицы измерения | Время после интоксикации метилфосфонатом в концентрации 2 мг/кг | | | | | | | |
|--|---|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------|
| | 12 час | 24 час | 48 час | 72 час | 96 час | 120 час | | |
| Общие липиды в сыворотке крови, г/л | контроль | 2,50 (2,25-2,92) | 3,55 (3,26-3,69) | 1,96 (1,73-2,33) | 2,26 (2,16-2,46) | 2,40 (2,09-2,71) | | |
| | опыт | – | 2,60 (2,47-2,82) | 2,39 (2,10-2,56) | 1,46 (1,30-1,72) | 2,75 (1,96-2,83) | 1,78 (1,67-2,12) | |
| | p | – | p>0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p>0,05 | p<0,05 | p<0,05 |
| | контроль | 2,58 (2,38-2,81) | 2,60 (2,20-3,20) | 1,83 (1,65-2,07) | 2,96 (2,34-3,04) | 2,13 (1,79-2,38) | 1,63 (1,44-1,65) | |
| | опыт | 1,90 (1,71-2,21) | 2,40 (2,10-2,70) | 1,52 (1,33-1,72) | 2,70 (2,23-2,70) | 2,09 (2,00-2,65) | 1,69 (1,62-1,77) | |
| | p | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p>0,05 | p>0,05 | p>0,05 |
| Холестерин в сыворотке крови, г/л | контроль | – | 0,85 (0,79-0,94) | 0,79 (0,56-0,88) | 1,07 (0,95-1,22) | 0,93 (0,82-1,01) | 0,99 (0,95-1,08) | |
| | опыт | – | 1,04 (0,97-1,17) | 0,88 (0,79-0,99) | 1,02 (0,89-1,14) | 0,88 (0,78-0,97) | 0,79 (0,69-0,84) | |
| | p | – | p<0,05 | p<0,05 | p>0,05 | p>0,05 | p<0,05 | p<0,05 |
| | контроль | 0,96 (0,90-1,00) | 0,95 (0,83-1,08) | 0,88 (0,77-0,92) | 0,81 (0,69-0,88) | 0,79 (0,74-0,86) | 0,74 (0,72-0,79) | |
| | опыт | 0,97 (0,87-1,08) | 0,80 (0,80-0,90) | 1,02 (0,89-1,14) | 0,69 (0,64-0,79) | 0,83 (0,79-0,90) | 0,77 (0,62-0,79) | |
| | p | p>0,05 | p>0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p>0,05 | p>0,05 |
| Малоновый диальдегид в сыворотке крови на мкг/1 г | контроль | – | 3,44 (2,78-3,90) | 2,45 (2,28-2,50) | 5,75 (5,44-6,40) | 3,00 (2,60-3,79) | 3,70 (3,32-4,73) | |
| | опыт | – | 2,40 (1,60-2,88) | 1,50 (1,40-1,74) | 5,46 (4,80-5,86) | 2,30 (1,94-2,69) | 6,21 (5,25-6,81) | |
| | p | – | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 |
| | контроль | 4,76 (4,04-5,61) | 2,40 (1,92-2,90) | 5,15 (3,97-5,70) | 1,63 (1,10-1,84) | 4,07 (2,69-5,22) | 5,84 (5,26-6,87) | |
| | опыт | 4,22 (4,06-4,41) | 2,33 (2,16-2,63) | 4,57 (3,95-4,81) | 2,60 (2,12-3,12) | 2,71 (2,33-3,25) | 5,73 (5,06-6,51) | |
| | p | p<0,05 | p>0,05 | p>0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p<0,05 | p>0,05 |
| Супероксиддисмутаза в сыворотке крови, мкг/л | контроль | – | 37,6 (32,7-42,7) | 52,4 (50,7-59,1) | 117 (109-125) | – | – | |
| | опыт | – | 55,1 (51,5-60,7) | 59,0 (55,2-70,1) | 114 (102-125) | – | – | |
| | p | – | p<0,05 | p<0,05 | p>0,05 | – | – | – |
| | контроль | 50,6 (41,1-54,6) | 93,4 (82,8-101) | 42,5 (39,4-46,8) | 44,1 (39,9-61,5) | – | – | |
| | опыт | 40,7 (38,1-48,5) | 102,4 (85,2-119) | 54,8 (50,0-60,3) | 59,5 (51,6-82,3) | – | – | |
| | p | p>0,05 | p>0,05 | p<0,05 | p<0,05 | – | – | – |

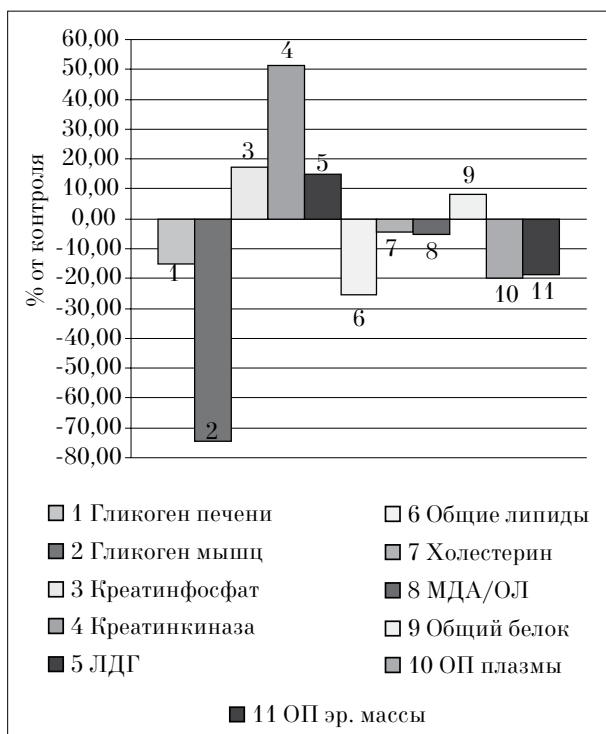


Рис. 1. Изменение биохимических показателей у самцов лабораторных мышей относительно контрольной группы при интоксикации метилфосфоновой кислотой

в печени до 30%, в мышцах – до 80% при одновременном увеличении креатинфосфата до 20%, уменьшение содержания олигопептидов в эритроцитной массе до 20% и особенно в плазме – до 50% при одновременном увеличении содержания общего белка до 10%;

2) для самцов – увеличение активностей креатинкиназы до 50% и лактатдегидрогеназы до 15%, уменьшение содержания общих липидов до 30%;

3) для самок – снижение активности креатинкиназы до 15%, уменьшение содержания холестерина до 20% и увеличение отношения МДА/ОЛ до 60%.

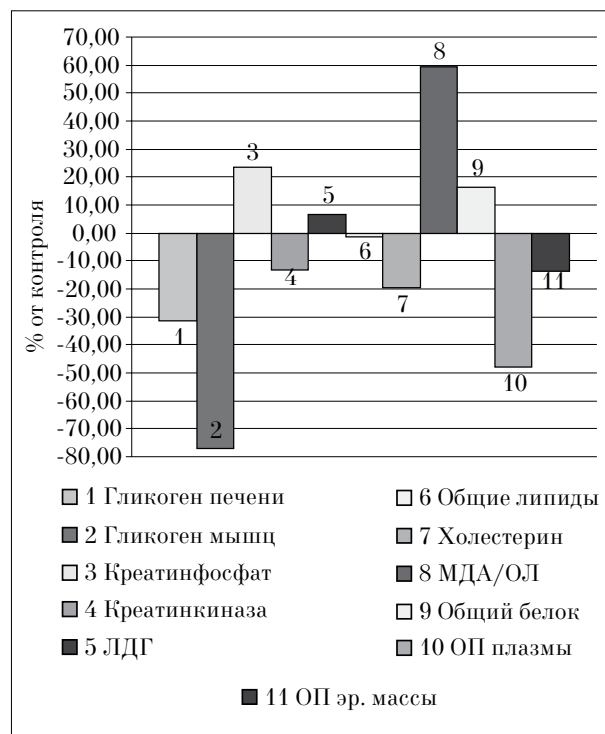


Рис. 2. Изменение биохимических показателей у самок лабораторных мышей относительно контрольной группы при интоксикации метилфосфоновой кислотой

Литература

1. Гланц С. Медико-биологическая статистика. М.: Практика, 1998. 459 с.
2. Гублер Е.В., Генкин А.А. Применение непараметрических критериев статистики в медико-биологических исследованиях. Л.: Медицина, 1973. 142 с.
3. Гайдышев И. Анализ и обработка данных: специальный справочник. СПб: Питер, 2001. 750 с.
4. Справочник по лабораторным методам исследования / Под ред. Л.А. Даниловой. СПб: Питер, 2003. 736 с.
5. Методика выполнения измерений биохимических показателей в плазме (сыворотке) крови мелких теплокровных животных фотометрическим методом; свидетельство об аттестации МВИ № 22.11.03.052/2009.

**Перспективные подходы к перепрофилированию объектов
по уничтожению химического оружия.**

**Реагентные технологии извлечения мышьяка
из мышьяксодержащих реакционных масс и отходов**

© 2010. В.Н. Чупис, д.ф.-м.н., директор,
О.Ю. Растегаев, к.х.н., начальник отдела, А.О. Малишевский, с.н.с.,
Государственный научно-исследовательский институт промышленной экологии,
e-mail: vit@sar-ecoinst.org

В работе рассмотрен комплекс вопросов, связанных с концепцией перепрофилирования объектов по уничтожению химического оружия как высокотехнологичных промышленных объектов. Рассмотрены технологические аспекты переработки массовых мышьяксодержащих продуктов и отходов в востребованную продукцию.

The article considers the problems connected with the conception of reorganizing chemical weapons decommission plants as high technology objects. Technological aspects of converting Arsenic-containing substances and wastes into products in demand are shown.

Ключевые слова: перепрофилирование объектов, реагентные технологии,
мышьяксодержащие реакционные массы

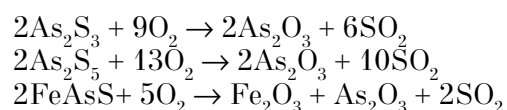
Key words: plants' reorganization, reagent technologies,
arsenic-containing reaction masses

Одна из главных особенностей промышленных объектов по уничтожению химического оружия заключается в наличии многоуровневых систем обеспечения промышленной и технологической безопасности, развитой и современной инфраструктуры. Основное назначение данных объектов, которое должно определять стратегию их перепрофилирования, состоит в наличии условий, обеспечивающих возможность работы с опасными веществами и соединениями. Основные подходы к использованию производственного потенциала объектов рассмотрены на примере объекта по уничтожению химического оружия «Горный» Саратовской области.

К настоящему моменту после завершения процесса уничтожения запасов люизита в Российской Федерации на объекте УХО «Горный» Саратовской области размещены два вида мышьяксодержащих продуктов – реакционные массы (РМ) от уничтожения люизита, хранившегося на объекте УХО «Горный», и арсенит натрия гидролизный (АНГ), полученный при уничтожении люизита на объекте УХО «Камбарка» Удмуртской республики. Технично-экономический анализ различных технологических схем переработ-

ки мышьяксодержащих ресурсов показывает, что до 70% материальных затрат расходуется на обеспечение экологической безопасности процесса [1]. С целью успешного завершения процесса уничтожения люизита в целом необходимо решить главную задачу: экологически безопасного и наиболее полного извлечения мышьяка из РМ и АНГ с получением технически значимой продукции.

Анализ рынка мышьяка [2] показывает, что такой технически значимой продукцией является оксид мышьяка (III) и элементный (или металлический) мышьяк. Основным природным источником мышьяка служат медные, никелевые и в меньшей степени кобальтовые руды, включающие сульфиды мышьяка [1]. Главной технологической схемой получения мышьяксодержащих продуктов является окислительный или окислительно-восстановительный обжиг полиметаллических руд с последующим охлаждением паров и улавливанием оксида мышьяка (III) в конденсаторах и пылеосадительных камерах.



Полученный оксид мышьяка далее перерабатывается в различные продукты: в металлический мышьяк восстановительным обжигом с углем, в мышьяковую кислоту окислением азотной кислотой, в арсениты натрия и кальция при взаимодействии с водными гидроксидами натрия и кальция, в «парижскую зелень» последовательной обработкой содой, уксусной кислотой и сульфатом меди.

Существенно меньшее значение как источник мышьяка имеет арсенопиритный концентрат, при высокотемпературном диссоциирующем обжиге которого получают элементный мышьяк [1].



Мышьяксодержащие продукты, полученные при уничтожении люизита – РМ и АНГ, представляют собой смесь арсенита и хлорида натрия [3]. Особенностью РМ и АНГ является наличие примесей, оказывающих существенное влияние на процессы дальнейшей реагентной обработки с целью выделения целевых продуктов, а именно: наличие соединений мышьяка (V), свободной натриевой щелочи, нерастворимых в воде примесей, окрашивающих примесей органической природы, сернистых соединений железа, меди. Следовательно, размещенные на объекте «Горный» Саратовской области мышьяксодержащие продукты существенно отличаются от сырья, используемого в горно-рудной промышленности для получения оксида мышьяка и элементного мышьяка. Поэтому необходимо было разработать принципиально новые отличные от применявшихся ранее технологии переработки РМ и АНГ.

Авторами данной работы предложен ряд способов и технологических схем переработки РМ и АНГ. Переработка РМ в арсенат натрия осуществляется при её нагревании водным раствором перекисью водорода с последующим упариванием до содержания арсенат-иона в реакционной смеси 120 г/кг, охлаждением раствора при $\text{pH} > 13$ до начала кристаллизации арсената натрия и отделением последнего фильтрованием [4].

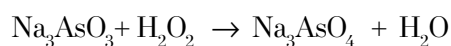
К достоинствам этого способа можно отнести простоту аппаратного оформления процесса, дешевизну и доступность используемых реагентов, возможность получения коммерческого продукта – арсената натрия. Вместе с тем данный способ имеет существенные недостатки: взрывоопасность при работе с перекисью водорода при нагревании, по-

лучение мышьяксодержащих сточных вод после стадии фильтрования, ограничения применения арсената натрия в народном хозяйстве, отсутствие технических решений по удалению загрязненного хлорида натрия и других примесей.

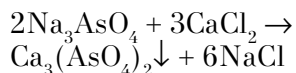
Разновидностью способа переработки РМ, связанного с получением арсенатов, является рассмотренное в работе [5] технологическое решение.

Данный способ переработки РМ заключается в выделении металлического мышьяка путём окисления арсенита натрия в арсенат натрия перекисью водорода при нагревании с последующим осаждением хлоридом кальция в форме труднорастворимых арсената и гидроарсенатов кальция. Полученный осадок арсенатов кальция может или применяться самостоятельно, или подвергаться дальнейшей переработке в металлический мышьяк путём нагревания с фосфористой кислотой в среде избытка фосфорной кислоты.

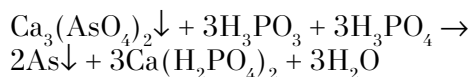
На первой стадии содержащийся в водном растворе арсенит натрия окисляют до арсената 30% перекисью водорода при температуре 60 °С:



На второй стадии арсенат натрия осаждают в виде арсената кальция добавлением 1,5-2 мольного избытка хлорида кальция при температуре 100 °С, а затем осадок арсената кальция отделяют фильтрованием:



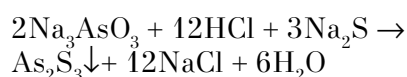
На третьей стадии проводят восстановление арсената кальция до элементного мышьяка фосфористой кислотой, взятой в количестве 150% от арсената кальция реакцию проводят в присутствии фосфорной кислоты (в количестве 400% от арсената кальция) при температуре 80-150 °С.



К недостаткам способа относится возможность образования высокотоксичных и взрывоопасных соединений – арсина и фосфина на стадии получения мышьяка; трудность регулирования температуры в заданном интервале на стадии окисления арсенита натрия пероксидом водорода (реакция экзотермиче-

ская) и возможность разложения последнего; образование отхода – фосфата кальция, загрязнённого мышьяком, большие количества токсичного отхода мышьяксодержащей смеси кислот фосфора, образование отходов солей фосфата кальция и хлорида натрия, загрязнённых мышьяком и кислотами, а также кислых сточных вод, образующихся при фильтровании и промывке промежуточных и целевых продуктов.

Возможна переработка РМ в сульфид мышьяка под действием раствора соляной кислоты и сульфида натрия при рН 1–4 среды, температурах 15–50 °С и времени перемешивания 10–60 мин. [6].



Недостатком рассмотренного способа является получение продукта – сульфида мышьяка, который не используется в прямом назначении в народном хозяйстве и должен впоследствии дополнительными химическими процессами быть переведен в другие промышленно полезные соединения, например оксид мышьяка (III), а также образование сульфидных кислых стоков, требующих очистки.

Кроме реагентных способов извлечения мышьяка разработан электрохимический способ переработки РМ с получением элементарного мышьяка [7]. Электролиз РМ имеет ряд недостатков: энергоёмкость, сложность технического оформления процесса электролиза из-за образования высокотоксичных и взрывоопасных соединений (арсина, хлора, водорода), низкая производительность.

Как отмечалось выше, наиболее широко используемым мышьяксодержащим продуктом в народном хозяйстве является оксид мышьяка (III), ежегодная потребность в котором на отечественном и мировом рынках высока и с каждым годом растёт.

В плане реализации указанного подхода был разработан способ переработки АНГ [8–10], который направлен на получение технического оксида мышьяка (III).

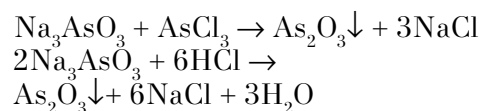
В этом способе АНГ растворяется в водном растворе соляной кислоты до создания рН системы равной 8,0÷9,0 единиц. После установления состояния равновесия производят фильтрование системы с получением первого фильтрата и осадка «нерастворимых в воде веществ» и хлорида натрия.

Полученный осадок «нерастворимых в воде веществ» и хлорида натрия последова-

тельно промывается тремя порциями 20% раствора хлорида натрия, первая из которых соединяется с первым фильтратом, а две других направляются в начало процесса на растворение АНГ, формируя принцип замкнутого цикла по токсичным реагентам. Таким образом получают второй объединённый фильтрат и основной первый осадок хлорида натрия.

Второй объединённый фильтрат подвергается обработке 20% раствором хлорида лития, переводящим соединения мышьяка (V) в малорастворимую форму – арсенат лития. Отделённый осадок арсената лития растворяется в крепкой соляной кислоте, и образующаяся мышьяковая кислота восстанавливается в трихлорид мышьяка комбинированным составом восстановителей – йодидом натрия и солянокислым гидразином.

Фильтрат после отделения арсената лития (Li_3AsO_4) направляется на упаривание с получением системы, содержащей раствор арсенита натрия в концентрации 25,0÷30,0 масс.% и второй осадок хлорида натрия. Второй осадок хлорида натрия соединяется с основным первым осадком хлорида натрия, полученным при растворении АНГ в растворе соляной кислоты, а фильтрат подвергается нейтрализации растворами трихлорида мышьяка и соляной кислоты по реакциям:



Осадок оксида мышьяка отделяется от оставшегося фильтрата, который направляется в начало процесса на растворение АНГ, промывается холодной водой с последующей очисткой от окклюдированного хлорида натрия методом репульпирования. Описанный подход позволяет получать товарные продукты марки «технический» и «рафинированный 2 сорт».

Объединённые первый и второй осадки хлорида натрия отмываются от адсорбированных соединений мышьяка и растворяются в воде с получением 20% раствора хлорида натрия. Данный раствор последовательно подвергается процессу очистки от соединений мышьяка химическими и адсорбционными методами.

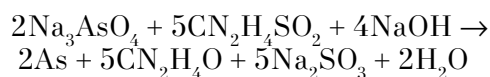
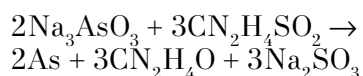
Фильтрат после отделения арсената железа (FeAsO_4) направляется на адсорбционную очистку и далее на процесс вакуумной выпарки и сушки образующейся суспензии. Получаемый технический хлорид натрия содержит до 96 масс.% основного вещества.

Описанный способ переработки АНГ обладает следующими достоинствами: простотой технологического оформления процесса, реализуемого на основе стандартного химического оборудования; мягкими условиями проведения процесса; удовлетворительными экологическими показателями при реализации принципа замкнутого цикла по токсичным реагентам, использованием доступных и дешёвых химических реагентов.

В плане расширения технологических возможностей по переработке АНГ, РМ в технически значимые продукты и повышения экологической обеспеченности производства в ФГУ ГосНИИЭНП была разработана новая технологическая схема извлечения мышьяка из щелочных растворов в виде элементного мышьяка с использованием реакции [11], ранее для этих целей не применявшейся.

В качестве восстановителя используют диоксид тиомочевины (формаимидинсульфиновую кислоту), процесс проводят при температуре 20–110 °С в щелочной среде, в качестве мышьяксодержащих соединений используют оксиды, соли мышьяка (III) и (V) или их смеси, при этом перед восстановлением исходные соединения обрабатывают щелочью до рН не менее 8.

Использование диоксида тиомочевины позволяет восстанавливать как соли мышьяка (III), так и соли мышьяка (V). Процесс описывается уравнениями:



Проведение процесса в щелочной среде позволяет практически исключить загрязнение целевого продукта силикатами и рядом тяжёлых металлов, образующих малорастворимые в щелочной среде гидроксиды. В результате реакции образуются малотоксичные продукты: мочевина, сульфит натрия, при этом очистка сточных вод от указанных загрязнителей проводится стандартными мало затратными методами.

Технологическая схема, представленная на рис. 1, реализуется следующим образом: на первой стадии проводится растворение АНГ в воде при перемешивании и последующем фильтровании, которое позволяет отделить на фильтре нерастворённые примеси солей и гидроксидов металлов. Фильтрат идёт на

последующую основную операцию – восстановление соединений мышьяка в элементный мышьяк. Операция проводится путем прибавления к фильтрату, полученному на предыдущей стадии, твёрдого порошкообразного восстановителя при перемешивании и комнатной температуре, операцию можно проводить при нагревании для ускорения процесса. Полнота осаждения составляет не менее 80–85% в зависимости от условий осаждения и состава исходного продукта. После созревания осадка проводится его отмывка от продуктов реакции с проведением технологического контроля по основным примесным компонентам (восстанавливающие вещества, щёлочь, хлориды). С целью более полного извлечения мышьяка основной фильтрат и первые две промывки направляются на доосаждение.

Следующая технологическая операция – сушка мышьяка проводится в вакууме до влажности не более 1%.

Важной эколого-технологической задачей после выделения основного количества мышьяка является извлечение остаточных количеств мышьяка. Наиболее проверенным и часто применяемым способом является удаление остаточных количеств мышьяка в виде арсената железа, поэтому сначала проводится обработка хлорной известью, и содержащиеся в сточных водах мышьяк и сульфиты окисляются до арсенатов и сульфатов с последующим удалением в виде кальциевых солей. Далее фильтрат обрабатывается сульфатом трехвалентного железа для удаления мышьяка в виде арсената железа и остаточных количеств кальция в виде сульфатов. Осадок арсената железа направляется на захоронение. Затем раствор направляется на сорбционную очистку (сорбент ГКЖ-35) для окончательного удаления солей мышьяка до содержания менее санитарно-гигиенических нормативов. После сорбционной очистки, проводится упаривание основной части раствора (60–70%) с последующим охлаждением и отделением основной массы хлоридов и сульфатов натрия, которые направляются на захоронение или вторичное использование в технических целях.

В качестве отходов предполагается образование шлама после очистки сточных вод, содержащего менее 1% мышьяка, остальное – сульфаты и хлориды натрия, и сточной воды с содержанием нормируемого количества мышьяка.

Преимуществом разработанной технологической схемы является совместное вос-

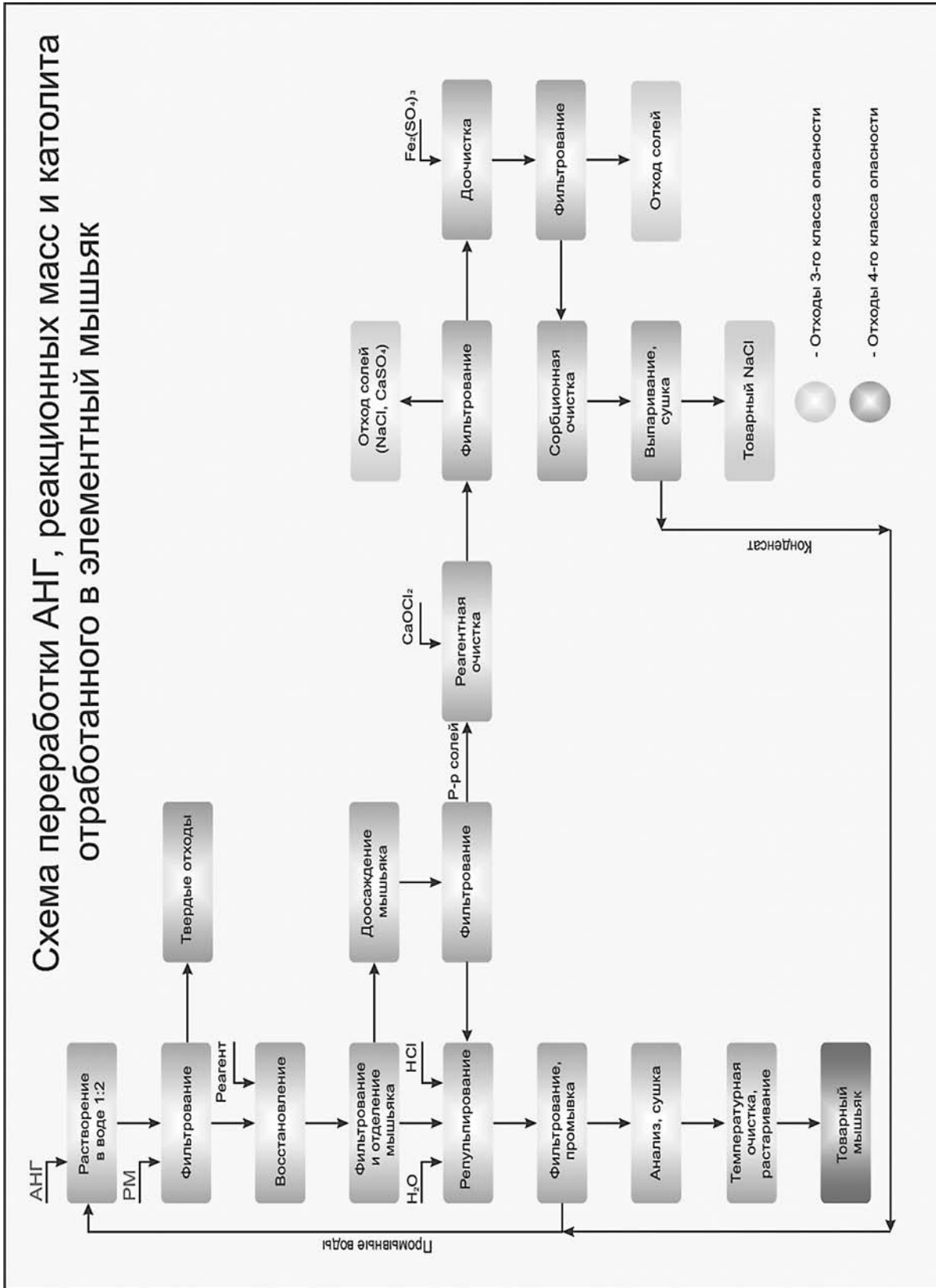


Рис. 1. Технологическая схема переработки АНГ, реакционных масс и католита, отработанного в элементный мышьяк

становление как соединений мышьяка (III), так и мышьяка (V) без перевода в одну или другую степень окисления. Восстановление в отличие от известных методов проводится в щелочной среде, в которой соединения мышьяка устойчивы и не образуют летучих и газообразных соединений, т. е. способ высоко технологичен и экологичен. Проведение процесса в щелочной среде позволяет практически исключить загрязнение целевого продукта силикатами и рядом тяжёлых металлов, образующих малорастворимые в щелочной среде гидроксиды. Восстановлению не мешают соединения металлов, стоящих в ряду напряжения до водорода.

Восстановитель является малотоксичным, который в результате процесса превращается также в малотоксичные продукты, взрывоопасные реагенты и компоненты исключены. Процесс проводится в мягких условиях.

В отличие от известных технологий в данном процессе не образуется газообразный токсичный арсин, который плохо улавливается угольным фильтром, и это требует применения специальных технологических приёмов для обеспечения безопасности (дополнительная герметизация оборудования, хемосорбционные средства, дополнительные средства сигнализации, увеличение числа персонала и др.).

Технологическая схема и её аппаратное оформление являются достаточно универсальными и позволяют видоизменить схему для получения других продуктов, например оксида мышьяка, который может быть использован для получения пестицидов, красок или при необходимости восстановлен в элементный мышьяк. Поскольку в результате осуществления стадии восстановления солей мышьяка образуется сульфит натрия, то 1-й фильтрат после стадии восстановления в элементный мышьяк может быть использован для восстановления мышьяка (V) в мышьяк (III) с целью экономии основного восстановителя и утилизации фильтрата.

Применение данной технологии позволяет получать элементный мышьяк в виде товарной продукции из различных минеральных материалов и отвалов, содержащих как трехвалентный, так и пятивалентный мышьяк. Чистота получаемого элементного мышьяка составляет не менее 95% и соответствует квалификации «технический».

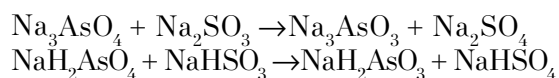
Для обеспечения экологической безопасности процесса переработки реакционных масс, образующихся при детоксикации люизита, разработана модифицированная

технология получения оксида мышьяка (III) с применением дешёвых реагентов для перевода мышьяка (V) в мышьяк (III) с очисткой сточных вод путём извлечения мышьяка в виде практически полезного элементного мышьяка и исключения образования токсичных промышленных отходов 1 и 2 классов опасности.

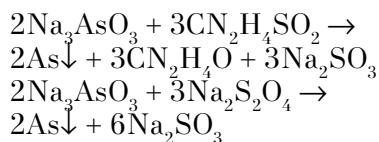
Представленная технологическая схема (рис. 2) разработана для РМ и АНГ, отличающихся повышенным содержанием мышьяка (V) более 3%, и представляет собой модифицированный вариант вышеописанных технологий.

Существующий способ переработки продуктов щелочного гидролиза люизита, включающий отделение нерастворимых в воде веществ, восстановление соединений мышьяка (V) в соединения мышьяка (III), последующее выпаривание фильтрата и осаждение из него оксида мышьяка, его очистку до необходимой степени чистоты путём репульпирования, растворения хлорида натрия в воде и очистку полученного раствора от соединений мышьяка, дополняют рядом операций.

Для повышения эффективности и упрощения реакции процесс восстановления соединений мышьяка (V) в соединения мышьяка (III) проводится путём добавления в фильтрат РМ восстановителя 1 при pH 3-4. В качестве восстановителя 1 используют сульфит, бисульфит, пиросульфит натрия, ронгалит или их смеси или технологические отработанные растворы в эквивалентных количествах. Процесс восстановления описывается уравнениями:



Процесс очистки раствора хлорида натрия осуществляют путём восстановления соединений мышьяка (III) в элементный мышьяк под действием восстановителя 2 в интервале температур 20÷100 °С. В качестве восстановителя 2 используют диоксид тиомочевины (ДТМ), дитионит (бисульфит) натрия или цинка.



В результате реализации описанного процесса получают практически важные продук-

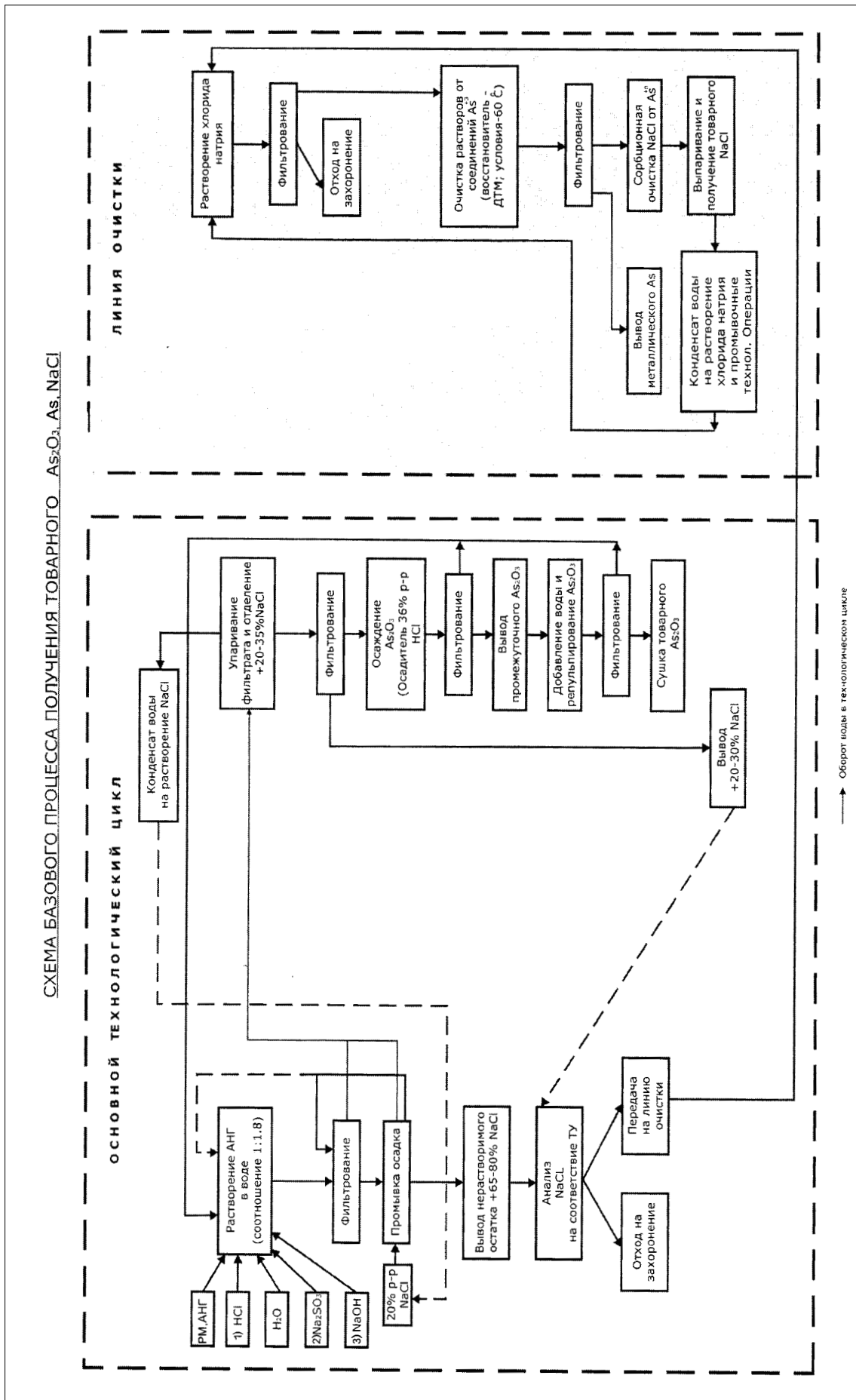


Рис. 2. Схема процесса переработки АНГ, РМ в технические продукты (оксид мышьяка (III), элементный мышьяк, хлорид натрия)

ты: оксид мышьяка (III), элементный мышьяк, хлорид натрия. Указанный способ восстановления не только позволяет достаточно полно извлечь мышьяк из раствора, но и исключить образование экологически опасных летучих соединений (арсин, водород), выделяющихся при реализации известных способов.

Важным направлением расширения технологических возможностей является дальнейшая очистка полученных выше описанными способами оксида мышьяка и элементного мышьяка до высокой степени очистки. Проведённый цикл работ [12] по получению высокочистого мышьяка и изучению его физико-химических свойств открывает реальные перспективы его практического использования.

Анализ рассмотренных выше технологий, ориентированных на переработку отходов от уничтожения химического оружия, в частности мышьяксодержащих РМ, позволяет сделать следующий вывод. Исходя из анализа имеющейся производственной базы объекта и созданных в период 2005 – 2009 гг. в рамках госзаказа технологических разработок, наиболее приемлемой и отвечающей задачам сохранения и развития объекта «Горный» как высокотехнологичного производственного объекта является концепция поэтапного его развития по двум основным направлениям.

Первое приоритетное направление заключается в организации производства конкурентоспособных высокочистых мышьяксодержащих продуктов на основе имеющейся значительной сырьевой базы (арсенит натрия гидролизный (АНГ) и реакционные массы от уничтожения люизита) и развития в перспективе производства полупроводниковых материалов и изделий для нужд электронной промышленности. Наличие собственных крупных сырьевых ресурсов и специальной инфраструктуры объекта, отвечающей задачам работы с потенциально опасными веществами и материалами, определяет основные направления перепрофилирования объекта.

Первым этапом этой работы является организация производства элементного (металлического) мышьяка высокой степени чистоты (квалификации 6N), который в настоящее время для получения полупроводниковых материалов закупается за рубежом. Естественным развитием этих технологий является создание собственного производства полупроводниковых материалов типа АЗВ5 (арсенид галлия, арсенид индия и др.) широко используемых в оптоэлектронной промышленности,

в частности для создания высокоэффективных преобразователей солнечной энергии.

Важно подчеркнуть, что в настоящее время имеются все необходимые научные и технологические предпосылки для завершения работ по технологии высокочистого мышьяка из нетрадиционного сырья – продуктов детоксикации люизита, создания промышленного оборудования в блочно-модульном варианте (производительность модуля – 2 т мышьяка марки 6N в год) и организации производства мышьяка марки 6N.

Технологические возможности объекта по нашей оценке способны полностью обеспечить потребности России в этом типе полупроводников на ближайшие 25 – 30 лет. Наряду с налаживанием производственного процесса по получению высокочистого мышьяка и перспективных полупроводниковых материалов, разработанные технологические процессы переработки АНГ позволяют наладить производство особо чистого оксида мышьяка. В настоящий период времени в России не производится рафинированный оксид мышьяка, хотя СССР производил его до 2 000 тонн/год. Производственные возможности объекта в получении данного продукта способны обеспечить потребности России в стекольной отрасли и особенно для получения специальных оптических стекол и оптоволоконной продукции. Получаемый при переработке АНГ чистый оксид мышьяка будет также применяться для организации производства по получению стандартных растворов на основе мышьяка, реактивов широкого назначения, практически полностью закупаемых в настоящее время за рубежом.

Разрабатываемые технологии переработки АНГ позволят восстановить в России получение биоцидных мышьяксодержащих красок для покрытия подводных частей судов гражданского и военного назначения. Потребность в биоцидных красках, по данным бывшего Минморфлота СССР, только для внутрирейсовых судов в 1991 году составляла более 1000 тонн/год, а вообще по всему флоту – выше на порядок.

Второе перспективное направление развития технологической базы объекта состоит в использовании разработанных при реализации первого направления технологий и установок для переработки опасных производственных отходов, содержащих ценные металлы (мышьяксодержащие отходы других производств, отходы гальваники, лигатуры цветных и чёрных металлов и др.).

Важным аспектом проблемы является то, что разработанные и проходящие опытную апробацию технологии переработки АНГ, не имеющие мировых аналогов, обладают универсальностью. На этой технологической базе, созданной в рамках госзаказа, при незначительных доработках может быть создан производственный процесс по переработке значительных запасов мышьяксодержащих отходов, запасы которых в десятки раз превосходят запасы АНГ и которые в настоящее время не перерабатываются.

В заключение кратко сформулируем концепцию поэтапного развития объекта «Горный» Саратовской области как высокотехнологичного производственного объекта по двум приоритетным направлениям.

1. Организация переработки сухих солей (АНГ) и люизитных реакционных масс в мышьяксодержащую востребованную продукцию:

- организация производства элементного (металлического) мышьяка высокой чистоты с выходом на производство полупроводниковых материалов и изделий для нужд электронной промышленности;
- организация производства сверхчистого оксида мышьяка для различных отраслей народного хозяйства;
- организация производства составов и препаратов специального назначения (стандарты, реактивы широкого назначения, биоциды и т. п.).

2. Использование разработанных при реализации первого направления технологий и установок для переработки опасных производственных отходов, содержащих ценные металлы:

- организация переработки мышьяксодержащих отходов различных производств на территории Российской Федерации в востребованную продукцию;
- организация переработки лигатур цветных и чёрных металлов;
- организация переработки отходов гальванических производств с выделением и возвратом в производство ценных металлов (хром, селен, кадмий и др.).

Очевидные преимущества предлагаемой программы перепрофилирования и дальнейшего развития технологической базы объекта заключаются в том, что к настоящему периоду в рамках государственного заказа созданы

и проходят апробацию специальные технологии и оборудование, которые могут быть использованы для решения широкого круга задач с использованием имеющейся производственной базы. Разработанные подходы и технологии могут быть тиражированы на других завершающих уничтожение ОВ промышленных объектах.

Литература

1. Копылов Н.И., Каминский Ю.Д. Мышьяк. Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2004. 213 с.
2. Металлургический бюллетень. Информационно-аналитический журнал, 21 марта 2010 г. (http://www.metalbulletin.ru/analytics_articles.php?id=2830).
3. Растегаев О.Ю., Чупис В.Н., Толоконникова Т.П., Малишевский А.О., Марьин В.И. Изучение физико-химических свойств и состава мышьяксодержащих отходов для целей экологического нормирования процесса уничтожения люизита и его двойных и тройных смесей // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 4. С. 65–71.
4. Патент RU 2172196, МПК А62D3/00.
5. Патент PL357396, 2002 (Польский патент).
6. Патент RU 2099116, МПК А62D3/00.
7. Петрунин В.А., Баранов Ю.И., Кузнецов Б.А., Русанов В.М., Горский В.Г., Швыряев Б.В., Смирягина Т.Г., Сохадзе Л.А., Перевезенцев Ю.В., Гореленко С.В. Математическое моделирование процесса щелочного гидролиза люизита // Российский химический журнал. 1995. Т. 39. №. 4. С. 15–17.
8. Патент RU 2192297, МПК А62D3/00.
9. Демахин А.Г., Олискевич В.В., Сильнягин О.А., Шевченко А.В., Никифоров Г.Е. Технологические аспекты переработки реакционных масс, получаемых при детоксикации люизита, в мышьяксодержащую товарную продукцию // Российский химический журнал. 2007. Т. 51. № 2. С. 29–31.
10. Елисеев Д.А., Демахин А.Г., Чупис В.Н., Олискевич В.В. Процесс переработки продукта детоксикации люизита – арсенита натрия гидролизного в аспекте охраны окружающей среды и экологической безопасности // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 4. С. 103–106.
11. Патент РФ, МПК А62D3/00, С 01G28/00. Заявлено 05.02.2009. Заявка №2009104033 (решение о выдаче патента).
12. Федоров В.А., Ефремов А.А., Жуков Э.Г., Казанский Л.Н., Кузнецов Б.А., Потепалов В.П., Тарасевич Ю.В., Холстов В.И. Получение мышьяка особой чистоты из продуктов детоксикации люизита // Российский химический журнал. 1995. Т. 39. №. 4. С. 46–57.

Динамика информационного спроса населения Кировской области по проблемам уничтожения химического оружия

© 2010. Е.А. Новикова¹, инженер, А.В. Лосева¹, зав. отделом, П.А. Филёв², зав. отделом, Т.Я. Ашихмина³, д.т.н., зав лабораторией,

¹Информационно-аналитический центр Регионального центра государственного экологического контроля и мониторинга по Кировской области,

²Информационно-аналитический центр Российского Зелёного Креста,

³Лаборатория биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ, e-mail: Jelena_novikova@mail.ru

Рассмотрены формы работы информационно-аналитического центра Регионального центра государственного экологического контроля и мониторинга по Кировской области, подведены итоги. Выявлена динамика информационного спроса населения.

Different forms of work of Information-analytic office of the Kirov Regional ecological and monitoring center are touched upon and summed up. Dynamics of information demand of the population is revealed.

Ключевые слова: химическое разоружение, работа с населением, подача информации, общественное мнение

Key words: chemical disarmament, work with the population, information presentation, public opinion

Одной из важнейших задач реализации Федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» является информирование населения, а это около 50 тысяч жителей Оричевского и Котельничского районов, проживающих в 196 населённых пунктах, о решаемых проблемах и эксплуатации объектов уничтожения химического оружия.

Многостороннее информационное обеспечение процесса уничтожения химического оружия в Кировской области проводится с самых первых дней функционирования объекта «Марадыковский».

Более трех лет действует объект уничтожения химического оружия на Вятской земле, и отношение людей к данной проблеме за этот период значительно изменилось. Следует заметить, что население зоны защитных мероприятий (ЗЗМ) в ходе строительства объекта уничтожения химического оружия (УХО) и в начале его функционирования воспринимало соседство с данным объектом негативно и очень настороженно, опасалось за сохранность здоровья и окружающей среды. На сегодняшний день люди знают – процесс уничтожения химического оружия идет в штатном режиме, состояние окружающей природной среды находится под постоянным контролем

со стороны федеральных органов надзора и контроля и Регионального центра государственного экологического контроля и мониторинга (РЦГЭКиМ) по Кировской области. Эти знания получены в результате совместной работы информационно-аналитических центров (ИАЦ) РЦГЭКиМ по Кировской области, группы по работе и связям с общественностью войсковой части 21228, информационно-аналитических центров «Российский Зелёный Крест» в пгт Мирный и в г. Кирове.

С 2007 года при РЦГЭКиМ по Кировской области работает общественная приемная, куда приходят и звонят люди, задают вопросы и всегда получают компетентные ответы.

Если проанализировать динамику поступающих телефонных звонков (рис. 1), то видно, что их количество изменяется. Всплески активности населения связаны с разными этапами уничтожения химоружия (начало уничтожения отравляющего вещества типа Vx, зарина, сжигание реакционных масс и т. д.) Начиная с 2007 года общее количество поступающих в ИАЦ звонков снижается, население стало более спокойно относиться к близости объекта УХО.

Тематика вопросов, волнующих население, с течением времени также претерпевает изменения. Из диаграмм (рис. 1–2) видно,

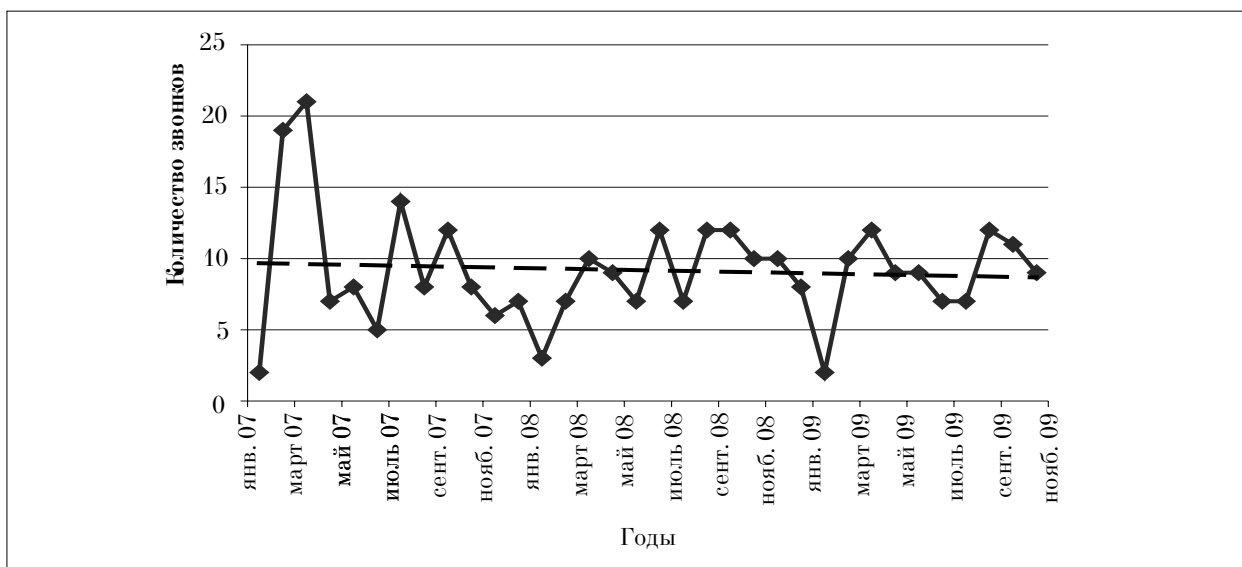


Рис. 1. Динамика поступивших звонков в информационно-аналитический центр в период с января 2007 г. по октябрь 2009 г.

что происходит адаптация населения к соседству с объектом УХО – снижается количество вопросов, связанных с безопасностью уничтожения химического оружия, растет спектр социальных вопросов (выплаты компенсаций за дачные участки в санитарно-защитной зоне, строительство и реконструкция дорог, объектов социнфраструктуры). Но на протяжении всех лет людей по-прежнему волнует экологическая ситуация вблизи объекта «Марадыковский», периодичность пробоотбора, результаты исследований проб окружающей природной среды, особенности используемых технологий, свойства отравляющих веществ, хранящихся на объекте, этапы уничтожения химического оружия, утилизация образующихся отходов, вопросы конверсии объекта.

На базе РЦГЭКиМ по Кировской области проводятся «горячие» телефонные линии по итогам работы объекта «Марадыковский», о текущем положении дел, состоянии окружающей среды и предстоящих этапах уничтожения химического оружия. Регулярно каждый месяц ИАЦ издаёт информационные бюллетени (уже более 130 выпусков), которые направляются в Управление конвенционных проблем администрации правительства Кировской области, Росприроднадзор, Ростехнадзор, Роспотребнадзор, Росгидромет, Департамент гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций, Вятский государственный гуманитарный университет, межрегиональную экологическую общественную организацию «Зелёный Крест», Оричевскую и Котельничскую районные администрации,

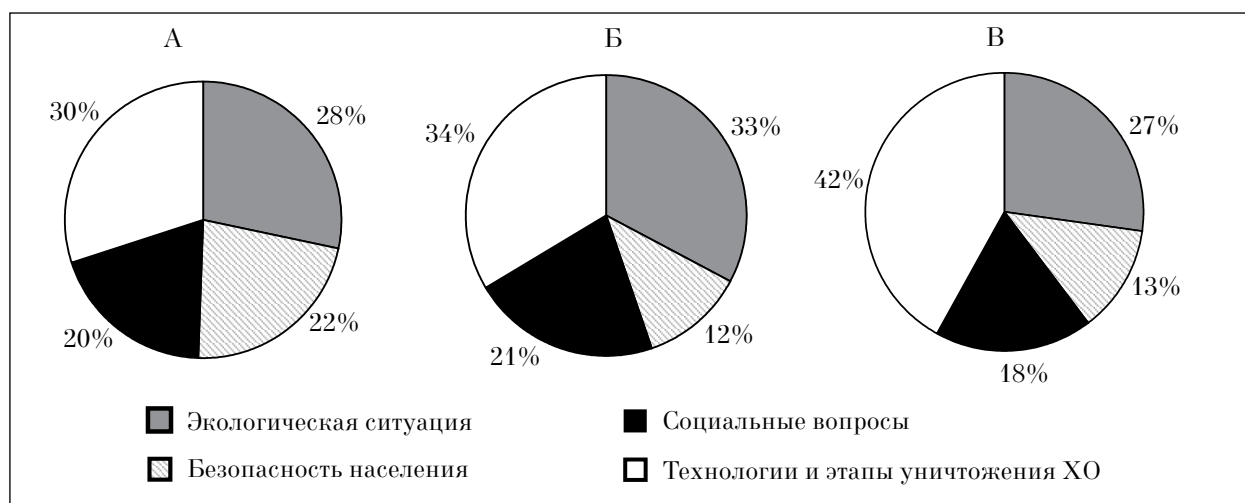


Рис. 2. Соотношение тематики поступивших вопросов: А – за 2007 год, Б – за 2008 год, В – в период январь-октябрь 2009 года

администрацию пгт Мирный, жителям зоны защитных мероприятий объекта УХО, областную библиотеку им. Герцена и библиотечный фонд (в 39 районах области). Бюллетени также распространяются на проводимых РЦГЭКиМ по Кировской области мероприятиях, посвященных проблемам безопасного уничтожения химического оружия.

На областном радио регулярно (2-3 раза в месяц) в эфир выходят сюжеты на актуальную для жителей области тему «Уничтожение химического оружия в Кировской области».

Осуществляется тесное сотрудничество с межрегиональной экологической общественной организацией «Зеленый Крест». Мирнинским информационно-аналитическим центром «Российский Зелёный Крест» совместно со специалистами группы по работе и связям с общественностью войсковой части регулярно проводились семинары для учителей, врачей, ветеранов, социальных работников ЗЗМ объекта уничтожения химического оружия, руководителей муниципальных органов власти.

Особое внимание уделяется и работе с подрастающим поколением. За эти годы 150 детей, проживающих в зоне защитных мероприятий Оричевского и Котельничского районов, по программе «Соцмед» Российского Зелёного Креста бесплатно отдохнули в санаториях и лагерях отдыха Кировской области. Это дети из малообеспеченных семей и имеющие отклонения в состоянии здоровья.

Ежегодно сотрудниками Мирнинского информационно-аналитического центра РЗК, группы по работе и связям с общественностью в/ч 21228 оказывалась помощь администрациям сельских и городских поселений в организации и проведении тренингов, учений по развертыванию пунктов выдачи и правилам пользования средствами индивидуальной защиты и эвакуационных мероприятий с населением, проживающим в зоне защитных мероприятий. По утверждённому администрациями Оричевского и Котельничского районов совместному плану ГО и ЧС и РЗК ежегодно в сентябре-ноябре проводились учения в сельских и городских поселениях, в которых приняло участие более 12,5 тыс. жителей. Целью учений являлась практическая отработка приёмов по использованию средств индивидуальной защиты и способов защиты жителей при возникновении ЧС на объекте по УХО. Основными темами проводимых мероприятий и занятий были: «Защита населения при возникновении чрезвычайных

ситуаций», «Проблемы хранения и уничтожения химического оружия на объекте «Марадыковский», «Организация и проведение комплексного экологического мониторинга объекта хранения и уничтожения химического оружия», «Экологическая безопасность региона», «Оценка и прогноз воздействия объекта уничтожения химического оружия на окружающую среду», «Организация мониторинга здоровья населения», «Ход строительства объекта уничтожения химического оружия и объектов социальной сферы» и другие.

По результатам проведённых занятий и учений смонтированы видеофильмы, которые сейчас используются в качестве учебно-методических пособий в школах, администрациях, учреждениях и организациях Оричевского и Котельничского районов.

Большую роль в информировании населения, в формировании общественного мнения и индивидуального сознания населения, проживающего в зоне защитных мероприятий объекта хранения и уничтожения химического оружия, играют средства массовой информации, с которыми налажено тесное сотрудничество. Поддерживаются постоянные связи с 12 печатными изданиями, с телерадиокомпаниями (КГТРК «Вятка», «ТВЦ», «43 регион»), создаются статьи и передачи, посвященные вопросам экологической безопасности, повседневной деятельности войсковой части, проблемам хранения и уничтожения химического оружия, социальным вопросам.

Важное место в информировании населения принадлежит печатной продукции, выпускаемой сотрудниками группы по работе и связям с общественностью, информационно-аналитического центра РЦГЭКиМ по Кировской области и Мирнинского информационно-аналитического центра РЗК. За три года издано и распространено около 300 бюллетеней, 10 брошюр. Особой популярностью у населения и специалистов пользуются книги под редакцией Т. Я. Ашихминой «Марадыково на Вятке», «Экологический мониторинг в действии», «Юные экологи изучают родной край», «Биоиндикация и биотестирование – методы познания экологического состояния окружающей среды», «Основные принципы организации мониторинга здоровья населения в зоне воздействия объекта уничтожения химического оружия», а также под редакцией В.В. Демидюка «Технология уничтожения химического оружия», «Есть такая технология», «Обеспечение безопасности уничтожения химического оружия» и др.

Большую помощь информационно-аналитическим центрам РЦГЭКиМ и Мирнинского РЗК в работе с населением в плане предоставления информации оказывает командование комплекса объектов по хранению и уничтожению химического оружия «Марадыковский» и группа по работе и связям с общественностью войсковой части 21228.

Межведомственные рабочие совещания о ходе строительства объекта, о состоянии дел по уничтожению химического оружия, строительству социальной инфраструктуры, проводимые руководством Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия с приглашением сотрудников информационно-аналитических центров, дают исчерпывающую информацию о состоянии дел на объекте «Марадыковский», которая оперативно доводится до населения.

Сотрудничество с военными в вопросах информирования населения даёт положительные результаты. Большинство жителей понимают необходимость уничтожения химического оружия, но при этом требуют гарантий полной безопасности населения и окружающей среды, соблюдения действующего законодательства в этой области.

Скоординированная работа специалистов информационно-аналитических центров РЦГЭКиМ по Кировской области, Мирнинского РЗК, группы по работе и связям с общественностью, командования комплекса объектов по хранению и уничтожению химического оружия «Марадыковский» по организации и проведению адресных встреч, тематических мероприятий, учебных занятий с предоставлением достоверной, оперативной информации о ходе работ по строительству объектов производственной и социальной

инфраструктуры, мероприятий по обеспечению экологической безопасности при уничтожении химического оружия на объекте «Марадыковский» помогла значительной части населения Оричевского и Котельничского районов избавиться от боязни и неприятия объекта по УХО, сформировала конструктивное отношение к решению сложной проблемы безопасного уничтожения химических боеприпасов при условии соблюдения всех предусмотренных законодательством мер экологической безопасности, сохранения здоровья и социальной защиты населения.

На четвёртом, завершающем этапе уничтожения химического оружия информационную работу с населением необходимо также активно продолжать. Предстоит вести разъяснительную работу о том, какие мероприятия будут проводиться по реабилитации загрязнённых территорий, где и как будут использоваться производственные отходы, в каком направлении планируется осуществление конверсии объекта, сколько и какие рабочие места будут созданы в дальнейшем на перепрофилированном объекте и др.

Правдивая, оперативная информация помогает снизить социальную напряжённость в районе действующего объекта уничтожения химического оружия. Время показало, что тесное сотрудничество командования объектов по хранению и уничтожению химического оружия «Марадыковский», специалистов созданного информационно-аналитического центра РЦГЭКиМ, группы по работе и связям с общественностью и общественной организации «Российский Зелёный Крест» – залог успешной информационной работы с населением в районе действующего высокоопасного объекта уничтожения химического оружия.

III Всероссийская конференция с международным участием «Химическое разоружение-2009: итоги и аспекты технологических решений, экоаналитического контроля и медицинского мониторинга «СHEMDET-2009»

7–8 сентября на базе Института прикладной механики УрО РАН в городе Ижевске состоялась III Всероссийская конференция с международным участием «Химическое разоружение-2009: итоги и аспекты технологических решений, экоаналитического контроля и медицинского мониторинга «СHEMDET-2009». В работе конференции приняли участие специалисты Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия, природоохранных органов, ведущие учёные из Москвы, Саратова, Самары, Нижнего Новгорода, Кирова, Уфы, Дзержинска, Костромы, Кирово-Чепецка и из различных научно-исследовательских институтов и университетов города Ижевска.

Участников конференции поприветствовал председатель оргкомитета конференции, академик РАН А.М. Липанов. В своём приветствии он пожелал плодотворной работы, активной научной дискуссии по обсуждаемой проблеме, укрепления сотрудничества и научных контактов регионов в решении такой не простой задачи – безопасного уничтожения химического оружия в РФ.

С пленарным докладом выступил научный консультант Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия д.т.н. В.Д. Назаров, который в своём докладе отразил ход выполнения Российской Федерацией третьего этапа работ в соответствии с положениями Конвенции о запрещении химического оружия. О реализации ФЦП «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» на территории Камбарского и Кизнерского районов Удмуртской Республики с докладом выступил А.Д. Перунов, зам. министра строительства, архитектуры и жилищной политики Удмуртской Республики.

Исполнительный директор Регионального центра государственного экологического контроля и мониторинга по Удмуртской Республике Г.Г. Фризоргер в своём докладе ознакомил участников конференции со специфическими особенностями и объёмами выполняемых работ РЦСГЭКиМ в рамках системы государственного контроля и мониторинга на объектах по хранению и уничтожению химического оружия в Удмуртской Республике.

Наиболее представительной по числу участников и по заявленным докладам была делегация учёных из ФГУ ГОСНИИЭНП г. Саратова, доклады которых отражали большой труд учёных

института по созданию Региональных центров государственного экологического контроля и мониторинга, организации системы экологического контроля и мониторинга на объектах, отработке экспресс-методов химико-аналитического и экотоксикологического контроля.

Прикладной характер научных разработок в области хроматографического контроля и мониторинга загрязнения воздуха в производственной зоне и зоне защитных мероприятий имели доклады учёных и изобретателей З.Л. Баскина, А.А. Лавринова, А.Л. Лаптева из города Кирово-Чепецка. Фторопластовые диффузионные установки «МИКРОГАЗ-Ф» и диффузионные дозаторы СИМГП «МИКРОГАЗ», используемые для аналитических целей, разрабатывают и изготавливают специалисты Кирово-Чепецкого филиала ЗАО «ИНТЕРА» из материалов и изделий завода полимеров Кирово-Чепецкого химического комбината. В докладах обсуждены особенности схем и конструкций различных моделей типоразмерного ряда установок «МИКРОГАЗ-Ф».

Второй день пленарного заседания открылся докладом «Комплексное управление безопасностью территорий» В.А. Алексеева – д.т.н., профессора, проректора по научной работе Ижевского государственного технического университета. В своём докладе Владимир Александрович отметил, что главной стратегической целью комплексного управления безопасностью территорий является создание и поддержание такой политической, экономической и социальной обстановки, которая создавала бы благоприятные условия для устойчивого развития личности и общества, для безопасного проживания и деятельности населения, для обеспечения защиты объектов производственного и социального назначения, материальных и культурных ценностей и окружающей среды.

Об организации государственного экологического контроля и мониторинга на действующем уже три года объекте «Марадыковский» в Кировской области, о роли РЦГЭКиМ, деятельности специалистов и учёных ФГУ ГОСНИИЭНП г. Саратова, учёных лаборатории биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ в организационном, научном и методическом обеспечении работ по реализации системы государственного экологического контроля и мониторинга выступила Т.Я. Ашихмина – д.т.н., профессор Вятского государственного гуманитарного университета.

Технологиям утилизации высокотоксичных соединений мышьяка был посвящен доклад Е.Н. Каратаева из Нижегородского государственного университета. Большой интерес вызвали доклады о стойких органических загрязнителях диоксидах, с которыми выступили З.К. Амирова из ГУ Башкирского республиканского научно-исследовательского экологического центра (доклад «Применение метода пассивного пробоотбора для мониторинга стойких органических загрязнителей в районах уничтожения химического оружия») и организатор научной конференции д.т.н. Владимир Генрихович Петров (доклад «Контроль образования диоксинов при термическом обезвреживании материалов и грунтов, загрязненных хлорсодержащими ОБ»).

Ряд докладов на конференции был посвящён методам многозональной аэрокосмической съёмки для целей мониторинга потенциально опасных

объектов, применению дистанционных методов в экологическом мониторинге, а также социальным вопросам и в особенности исследованиям в области изучения состояния здоровья детей и подростков, проживающих в зонах хранения химического оружия. Большое количество интересных докладов было представлено молодыми учёными, аспирантами вузов и НИИ г. Ижевска.

В целом конференция имела конструктивный характер. В рамках культурной программы участники конференции ознакомились с работой краеведческого музея под открытым небом, его уникальными зданиями, сооружениями, памятниками природы, национальными обрядами и обычаями.

*Т.Я. Ашихмина, д.т.н, профессор
Лаборатории биомониторинга
Института биологии Коми НЦ УрО РАН
и ВятГГУ*

ОБЩЕСТВЕННО-НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ЭКОЛОГИЯ»

**Если вас заинтересовал журнал «Теоретическая и прикладная экология»
и вы хотите получать его регулярно, необходимо:**

юридическим лицам:

– оплата подписки осуществляется на основании выставяемого редакцией счёта на оплату. Для получения счёта на оплату подписки вам необходимо направить заявку на подписку с указанием реквизитов организации, периода подписки, подробного адреса доставки и контактного телефона по e-mail: info@ecoregion.ru или по тел. /факс (8-499) 129-28-31.

физическим лицам:

– оплатить итоговую сумму подписки через Сбербанк на р/с ООО ИД «Камертон» на основании подписного купона. В бланке перевода разборчиво укажите свои Ф. И. О. и подробный адрес доставки, в графе «Вид платежа» укажите: оплата за подписку на журнал «Теоретическая и прикладная экология» за номер(а) ____ 201__ г. в количестве ____ экземпляров, в т. ч. НДС 10%.

– направить (в конверте) на почтовый адрес редакции (Россия, 119017, г. Москва, Старомонетный пер., 29. Генеральному Директору ООО Издательский Дом «Камертон» Б.И. Кочурову): 2 экземпляра заполненного купона, который является формой договора присоединения (ГК РФ Часть первая, ст. 428) и копию квитанции об оплате.

Стоимость подписки:

на год (4 номера) – 1000 рублей,
на полгода (2 номера) – 500 рублей,
на 1 номер – 250 рублей.

Реквизиты ООО Издательский дом «КАМЕРТОН»:

ИНН 7718256717, КПП 771801001, БИК 044525225,
Р/с 40702810038170105862, к/с 3010181040000000225
в Краснопресненском отделении №1569/01175 Сбербанка
России в Москве

Подписку на журнал с любого месяца текущего года
в необходимом для Вас количестве можно оформить через редакцию,
а на второе полугодие 2010 г. – в любом почтовом отделении,
по каталогу агентства «РОСПЕЧАТЬ» – подписной индекс 82027
Справки по тел. (8-499) 129-28-31; e-mail: info@ecoregion.ru

| | | | | |
|--|----------------------------|---|---|---|
|  | ПОДПИСНОЙ КУПОН | | | |
| Теоретическая и прикладная экология | | | | |
| Срок подписки с _____ по _____ 200__ г. | | | | |
| номер журнала | 1 | 2 | 3 | 4 |
| количество экземпляров | | | | |
| Стоимость подписки _____ | | | | |
| Адрес для доставки журнала _____ | | | | |
| Кому _____ | | | | |
| Подпись подписчика _____ | | | | |
| Почтовый адрес редакции: Россия, 119017, г. Москва, Старомонетный пер., 29 Тел/факс: 8(499) 129-28-31, E-mail: info@ecoregion.ru | | | | |

| | | | | |
|--|----------------------------|---|---|---|
|  | ПОДПИСНОЙ КУПОН | | | |
| Теоретическая и прикладная экология | | | | |
| Срок подписки с _____ по _____ 200__ г. | | | | |
| номер журнала | 1 | 2 | 3 | 4 |
| количество экземпляров | | | | |
| Стоимость подписки _____ | | | | |
| Адрес для доставки журнала _____ | | | | |
| Кому _____ | | | | |
| Подпись подписчика _____ | | | | |
| Почтовый адрес редакции: Россия, 119017, г. Москва, Старомонетный пер., 29 Тел/факс: 8(499) 129-28-31, E-mail: info@ecoregion.ru | | | | |