



Теоретическая и прикладная ЭКОЛОГИЯ

№ 4, 2008

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
ОАО «Научно-исследовательский проектно-изыскательский институт «Кировпроект»,
ФГУ Государственный научно-исследовательский институт промышленной экологии,
Института биологии Коми НЦ УрО РАН,
Вятского государственного гуманитарного университета

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,
Gilyarovsky St., JSC «MK-Periodica»

Журнал поступает в Государственную думу Федерального собрания, Правительство РФ, аппарат администрации субъектов Федерации, ряд управлений Министерства обороны РФ и в другие государственные службы, министерства и ведомства

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

Подготовлен к печати в издательстве ООО «О-Краткое»
610020 г. Киров, ул. Советская, 51а

Тел./факс (8332) 36-61-44. E-mail: okrat@okrat.ru
Оригинал-макет, дизайн – Татьяна Коршунова, Денис Бельский
Перевод – Ирина Кондакова
Выпускающий редактор – Мария Зелаева
Главный редактор издательства «О-Краткое» Евгений Дрогов

Подписано в печать 10.12.2008. Формат 60x84¹/₈. Печать офс.
Бумага офс. Усл.п.л. 12,5. Тираж 1150 экз. Заказ № 2857.

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленных материалов в Куменском филиале
ОАО «Кировская областная типография»
613400, Кировская обл., п. Кумены, ул. Лесная, 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 комитета Госдумы РФ по экологии

В.И. Холстов

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

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»

К.Б. Пуликовский

руководитель Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору РФ

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, зам. председателя общественного совета Росатом, президент РЭК

Г.А. Баталова

д.с.-х.н., член-корреспондент РАСХН, 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, проректор по науке 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 РХБЗ

Г.Я. Кантор

к.т.н., научный сотрудник лаборатории биомониторинга 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, иностранный член РАСХН (КНР)

В.А. Малинников

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

А.Г. Назаров

д.б.н., директор Экологического центра (ИИЕТ РАН), председатель отделения проблем изучения биосферы РАН

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 СССР

В.А. Сысуев

д.т.н., академик РАСХН, 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. Юнак

к.ф.-м.наук, генерал-лейтенант экологической безопасности Вооружённых сил МО РФ

В.Т. Юнгблюд

д.и.н., проректор по научной работе 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: ecolab@vshu.kirov.ru; ecolab2@gmail.com

119017, г. Москва, Старомонетный пер., 29

Тел./факс: (495) 129-28-31. E-mail: info@ecoregion.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ

- В.И. Холстов* О состоянии работ по уничтожению химического оружия в Российской Федерации в 2008 году 5
- В.П. Капашин* Экологическая безопасность уничтожения химического оружия – основа государственной политики по защите населения и окружающей среды 11
- В.Н. Чупис, В.В. Мартынов, В.И. Быстренина, В.В. Шляпин, Т.В. Бардина* Единая система сбора, обработки и анализа информации в интересах государственного и производственного экологического мониторинга объектов по хранению, перевозке и уничтожению химического оружия 16

МОНИТОРИНГ ОБЪЕКТОВ ПО УНИЧТОЖЕНИЮ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

- Н.Г. Кутыин, В.Н. Чупис, С.В. Миллер* Наши центры – гарантия безопасности и защищённости 24
- О.Ю. Растегаев, В.Н. Чупис* «Модульный» метод организации аналитических лабораторий системы государственного экологического контроля и мониторинга объектов по хранению и уничтожению химического оружия 26
- Т.Я. Ашихмина, Л.И. Домрачева, Е.А. Домнина, Г.Я. Кантор, Т.И. Кочурова, Л.В. Кондакова, С.Ю. Огородникова, А.С. Олькова, И.В. Панфилова* Система биологического мониторинга компонентов природной среды в районе объекта хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский» Кировской области 32
- Н.В. Акименков, И.Н. Глазун, В.П. Иванов, С.И. Марченко, Д.И. Нартов* Ландшафтно-биогеоценотическая основа организации системы государственного экологического мониторинга объекта «Почеп» 39
- О.М. Плотникова, А.М. Корепин, И.В. Дулякина, Н.Н. Матвеев* Оценка экотоксичности специфических загрязняющих веществ по изменению биохимических показателей живых организмов 42
- Т.И. Кочурова* Зообентос в системе мониторинга поверхностных водных объектов ЗЗМ ОУХО «Марадыковский» 47
- А.П. Стаценко, А.И. Иванов, А.А. Вьюговский* Изменчивость изопероксидаз растений в местах прошлого уничтожения химического оружия 54
- Н.В. Козловская, И.М. Янников, Е.С. Шичаева, М.С. Емельянова, Е.В. Щенина* Липа мелколистная *TILIA CORDATA* L. как перспективный биоиндикатор мышьяковистого загрязнения почв ... 57
- С.А. Менялин* Государственный экологический контроль и мониторинг действующего объекта «Марадыковский» 59
- А.И. Иванов, П.А. Иванов, Н.С. Озерова* Фосфор в природных средах зоны защитных мероприятий объекта УХО в окрестностях станции Леонидовка Пензенской области 60
- О.Ю. Растегаев, В.Н. Чупис, Т.П. Толоконникова, А.О. Малишевский, В.И. Марьин* Изучение физико-химических свойств и состава мышьяксодержащих отходов для целей экологического нормирования процесса уничтожения люизита и его двойных и тройных смесей 65
- В.Н. Чупис, Л.Л. Журавлёва, Д.Е. Иванов* Применение в экологических исследованиях методов биотестирования на культурах клеток человека и животных 71

МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. МОДЕЛИ И ПРОГНОЗЫ

- О.Ю. Растегаев, В.Н. Чупис* Методология и основные направления экоаналитического обеспечения системы государственного экологического контроля и мониторинга объектов по хранению и уничтожению фосфорорганического химического оружия 77

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ
РИСК И
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ
БЕЗОПАСНОСТЬ**

ЭКОТОКСИКОЛОГИЯ

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ
ОБРАЗОВАНИЕ И
ПРОСВЕЩЕНИЕ**

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ
ПОРТРЕТ
ПРЕДПРИЯТИЯ**

**THEORETICAL
PROBLEMS
of ECOLOGY**

**MONITORING of
CHEMICAL WEAPON
DESTRUCTION
OBJECTS**

Г.В. Шляхтин, Е.В. Завьялов, Т.В. Перевозникова Некоторые проблемы функционирования систем биологического мониторинга вокруг объектов по уничтожению химического оружия 83

В.Н. Чупис, Д.Е. Иванов, Л.Л. Журавлёва, В.А. Жирнов, И.Н. Ларин, Н.В. Емельянова, Е.А. Луцкай Система биотестов для генетического мониторинга объектов уничтожения химического оружия 88

В.А. Алексеев, М.В. Телегина, М.В. Цанок Методический подход к повышению качества технического мониторинга в зонах влияния химически опасных объектов 92

В.Д. Назаров, А.В. Назаров, А.В. Толстых, В.В. Батырев Установление размеров (площадей) зон защитных мероприятий для объектов по хранению химического оружия и объектов по уничтожению химического оружия 97

Д.А. Елисеев, А.Г. Демахин, В.Н. Чупис, В.В. Олискевич Процесс переработки продукта детоксикации люизита – арсенита натрия гидролизного в аспекте охраны окружающей среды и экологической безопасности 103

А.С. Олькова, Т.Я. Ашихмина Эффективность методов биотестирования при оценке состояния почв в зоне локального загрязнения техногенным минеральным фосфором 107

И.А. Жуйкова, П.А. Филёв Просвещение и информирование населения Кировской области по вопросам уничтожения химического оружия 118

Федеральное государственное учреждение «Государственный научно-исследовательский институт промышленной экологии» (ФГУ ГосНИИЭНП) 121

CONTENTS

V.I. Kholstov On the State of Chemical Weapon Destruction in the Russian Federation in 2008 5

V.P. Kapashin Ecological Safety of Chemical Weapon Destruction as a Basis of Population and Environment Protection State Policy .. 11

V.N. Chupis, V.V. Martinov, V.I. Bistrenina, V.V. Shlyapin, T.V. Bardina United System of Collecting, Processing and Analyzing Information in the Interests of State and Industrial Ecological Monitoring of Chemical Weapon Storage, Transporting and Destruction 16

N.G. Kutysin, V.N. Chupis, S.V. Miller Our Centers Guarantee Safety and Security 24

O.Yu. Rastegayev, V.N. Chupis «Modular» Method of Analytic Laboratories System Organization of the State Ecological Control and Monitoring of Chemical Weapon Storage and Destruction Objects 26

T.Ya. Ashikhmina, L.I. Domracheva, E.A. Domnina, G.Ya. Kantor, T.I. Kotchurova, L.V. Kondakova, S.Yu. Ogorodnikova, A.S. Olkova, I.V. Panfilova Biological Monitoring System of Natural Environment Components in the Chemical Weapon Storage and Destruction Object «Maradikovskiy» in the Kirov region 32

**MONITORING of
CHEMICAL WEAPON
DESTRUCTION
OBJECTS**

- N.V. Akimenkov, I.N. Glazun, V.P. Ivanov, S.I. Marchenko, D.I. Nartov* Landscape-biogeocenotic Ground of State Ecologic Monitoring System Organization at Pochep Object..... 39
- T.I. Kochurova* Zoobenthos in Monitoring System of Surface Water Objects within the Safety Measures Zone in the CWDO «Maradykovsky» 47
- A.P. Statsenko, A.I. Ivanov, A.A. Vjugovsky* Variability of Plant Isoperoxidases in the Places Where Chemical Weapon Had Been Desructed in the Past..... 54
- N.V. Kozlovskaya, I.M. Yannikov, E.S. Shichayeva, M.S. Emelyanov, E.V. Shchenina* *Tilia cordata* L. as a Perspective Bioindicator of Arsenous Soil Contamination 57
- S.A. Menyalin* State Ecological Control and Monitoring of the Functioning Object «Maradykkovsky» in Kirov Region 59
- A.I. Ivanov, P.A. Ivanov, N.S. Ozerova* Phosphorus within Natural Zones of CWSO Safery Measures in the vicinity of Leonidovka station in Penza Region 60
- O.Yu. Rastegayev, V.N. Chupis, T.I Tolokonnikova, A.O. Malishevsky, V.I. Maryin* Investigation of Physical-chemical properties of arsenic-containing wastes for the purposes of ecological regulation of destructing lewisite and its double and triple mixtures .. 65
- V.N. Chupis, L.L. Zhuravleva, D.E. Ivanov* Application of Biotesting Methods on Human Beings and Animals Cell Cultures in Ecological Investigations 71

**METHODOLOGY
And METHODS of
RESEARCH.
MODELS And
FORECASTS**

- O.Yu. Rastegayev, V.N. Chupis* Methodology and Main Tendencies of Ecoanalytic Ensuring State Ecological Control and Monitoring System at Chemical Weapon Storage and Destruction Objects 77
- G.V. Shlyakhtin, E.V. Zavalov, T.V. Perevoznikova* Some System Problems Biological Monitoring in the vicinity of Chemical Weapon Neuralization Objects in the Saratov Region 83
- V.N. Chupus, D.E.Ivanov, L.L.Zhuravleva, V.A.Zhirnov, I.N.Larin, N.V.Emeljanova, E.A. Lushchay* System of Biotests for Genetic Monitoring of Chemical Weapon Destruction Objects 88
- V.A. Alexeyev, M.V. Telegina, M.V. Tsapok* Methodological Approach to Increasing Technical Monitoring Quality within the Zones of Chemically Dangerous Objects 92
- V.D. Nasarov, A.V. Nasarov, A.V. Tolstikh, V.V. Batyrev* The Area Identification of Safety Works Zones of Cemical Weapon Storage and Destruction Objects 97

**ECOLOGICAL RISK
And ECOLOGICAL
SAFETY**

- D.A. Elysejev, A.G. Demakhin, V.N. Chupis, V.V. Olyskévitch* Lewisite Detoxication Product, Hydrolytic Sodium Arsenite Processing, within the Framework of Environmental Protection and Ecological Safety 103

ECOTOXICOLOGY

- A.S. Olkova, T.Ya. Ashikhmina* Biotesting Methods Efficiency at Estimating Soil State in the Zone of Local Technogenic Mineral Phosphorus Contamination 107

**ECOLOGICAL
EDUCATION**

- I.A. Zhujkova, P.A. Filjov* Instructing and Informing Population of Kirov region of the Aspects of Chemical Weapon Destruction 118

**ECOLOGICAL
PORTRAIT of
ENTERPRISE**

- THE FEDERAL STATE INSTITUTION «The State Research Institute of Industrial Ecology» (FSI StateRIIE) 121

О состоянии работ по уничтожению химического оружия в Российской Федерации в 2008 году

© 2008. В.И. Холстов

Департамент реализации конвенционных обязательств
Министерства промышленности и торговли Российской Федерации

Российская Федерация успешно выполняет обязательства международной Конвенции о запрещении химического оружия. Завершено уничтожение отравляющих веществ на объекте УХО в п. Горный, близко к завершению уничтожение ХО на объекте «Камбарка», на объекте «Марадыковский» в Кировской области уничтожено 64% запасов отравляющих веществ. В сентябре 2008 г. введён в эксплуатацию пусковой комплекс объекта УХО в п. Леонидовка Пензенской области. Ведётся строительство промышленной зоны объекта УХО в г. Щучье Курганской области. По данным экологического мониторинга, состояние окружающей среды в районах размещения объектов хранения и уничтожения ХО нормальное. Влияния действующих объектов на здоровье населения в зонах защитных мероприятий не выявлено.

The Russian Federation has been meeting the commitments of the International Convention on Chemical Weapon Prohibition. Poison substances destruction at the chemical weapon destruction object in Gorny settlement is already fulfilled, soon chemical weapon destruction at «Kambarka» is to be finished. At the object «Maradykovsky» in the Kirov region they already destructed 64% of all the poison substances stores. In September 2008 a complex chemical weapon storage and destruction object was launched in Leonidovka settlement in the Penza region. Industrial zone of the chemical weapon storage and destruction object is being built in Shchuchye town in the Kurgan region. Ecological monitoring has shown that within the objects of chemical weapon storage and destruction the environment is in normal state. Within the protection zones there was not found out any impact of the objects on the population health.

Ключевые слова: объекты уничтожения химического оружия, технология, детоксикация, реакционные массы, экологическая безопасность, конвенционные обязательства.

Выполнение Российской Федерацией «Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении», реализация федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» вступают в завершающие стадии. К 31 декабря 2009 года Россия должна уничтожить 45% запасов химического оружия, или 18 тысяч тонн отравляющих веществ, а к 2012 году уничтожить весь арсенал химического оружия.

Для реализации этих задач, наряду с действующими объектами по уничтожению химического оружия в п. Марадыковский Кировской области и г. Камбарка Удмуртской Республики, в сентябре 2008 года введён в эксплуатацию пусковой комплекс объекта по уничтожению химического оружия в п. Леонидовка Пензенской области, а в I квартале 2009 г. начнутся пусконаладочные работы на реальных средах на объекте по уничтожению химического оружия в г. Щучье Курганской области.

До 2011 года планируется завершить строительство оставшихся объектов по уничтожению химического оружия, расположен-

ных в г. Почеп Брянской области и в г. Кизнер Удмуртской Республики.

По состоянию на конец 2008 года уничтожено около 12 тысяч тонн отравляющих веществ, или почти 30% запасов химического оружия (ХО).

Таково общее состояние дел по уничтожению ХО в Российской Федерации.

Если сделать срез по конкретным объектам по уничтожению ХО, то ход выполнения международных обязательств выглядит следующим образом.

На объекте по уничтожению ХО в пос. Горный Саратовской области производится плановая переработка продуктов, образовавшихся в процессе уничтожения ХО.

По состоянию на конец 2008 г. методом высокотемпературного обезвреживания на объекте переработано около 900 тонн реакционных масс, полученных после детоксикации иприта, что составляет 60% от общего их количества, а на установке битумирования переработаны все 364 тонны реакционных масс, образовавшихся при уничтожении двойных смесей. К настоящему времени приступили к переработке оставшихся реакционных масс от уничтожения тройных смесей.

Для переработки реакционных масс, полученных в результате уничтожения люизита, будет производиться в 2008 г. проведены пусконаладочные работы установки электролиза на реальных средах.

Не остаются без внимания и вопросы подготовки производства по переработке «сухих солей», образовавшихся при уничтожении люизита, хранящегося на объекте «Камбарка», часть которых сосредоточена на объекте в «Горном». Для этого на специально созданной опытной установке проводится отработка технологических параметров процесса получения товарной товарной продукции и уточнение материальных балансов.

По итогам этой работы будет приниматься решение о развёртывании полномасштабного строительства комплекса по переработке «сухих солей».

На объекте по уничтожению ХО в г. Камбарка Удмуртской Республики в ходе плановых работ в 2008 году уничтожено 97% от запасов люизита, что составляет более 6100 тонн. Это позволяет приступить к уничтожению так называемых трудно извлекаемых остатков люизита. Эту работу планируется завершить в первом квартале 2009 года. Вследствие чего ещё на одном российском объекте будут уничтожены все запасы ОВ. Разработанная российскими учёными технология непрерывного крупнотоннажного уничтожения люизита на основе щелочного гидролиза показала свою высокую эффективность. За всё время деятельности объектов не было ни одного случая отказа оборудования, который мог бы привести к аварийной ситуации. Это свидетельствует о высокой безопасности данной технологии. Работа на объекте «Камбарка2» продолжится, необходимо будет на установке сушки-грануляции фирмы ПЛАТТ переработать все реакционные массы в «сухие соли». В настоящее время она работает стабильно, и на ней переработано около 32 тысяч тонн реакционной массы.

На объекте по уничтожению ХО в п. Марадыковский Кировской области на основе уникальных технологических решений детоксикации отравляющего вещества типа Vx непосредственно в корпусах химических боеприпасов уничтожено более 4,5 тыс. т отравляющих веществ, что составляет 64% от запасов отравляющих веществ на этом объекте.

В настоящее время на объекте проводятся плановые работы по: термическому обезвреживанию корпусов боеприпасов (9830 шт.), высокотемпературной переработке твёрдых отходов (560 т) и реакционной массы, образовав-

шейся при детоксикации вещества типа-Vx (1650 т), ведутся работы по извлечению реакционной массы из корпусов другой номенклатуры боеприпасов.

На сегодняшний день продолжается строительство очередного пускового комплекса объекта, где наиболее значимы работы по строительству зданий детоксикации фосфорорганических отравляющих веществ (реакторное отделение), здания холодильной станции, компрессорной и азотной станции, камеры охлаждаемой воды с градирней, насосной и склада растворов.

В интересах развития района расположения объекта по уничтожению ХО завершается строительство двух 14-квартирных жилых домов, пожарного депо на 6 машин (в пгт. Мирный), продолжаются работы по реконструкции автодороги Мирный – Оричи – Стрижи (выполнено 13,5 км), строительство ЛДЦ в г. Котельниче выполнено на 85%, завершаются работы по строительству газовой котельной в пгт. Мирный, продолжается реконструкция очистных сооружений в пгт. Оричи.

В сентябре 2008 года введён в эксплуатацию пусковой комплекс объекта по уничтожению ХО в п. Леонидовка Пензенской области. По состоянию на конец 2008 года в корпуса крупногабаритных боеприпасов внесён реагент общей массой ОВ типа-Vx более 2 тыс. т, на специальной установке переработано свыше 300 т жидких отходов. Ведётся строительство печного отделения, здания конечных операций детоксикации отравляющих веществ, хранилище промышленных отходов.

В интересах социального развития района расположения объекта в п. Леонидовка созданы объекты инженерной и социальной инфраструктуры: завершено строительство и введён в эксплуатацию поликлинический консультативно-диагностический центр, построены газопроводы высокого и низкого давления, очистные сооружения канализации (производительностью 200 м³/сут) в п. Золотарёвка Пензенской области. Проведена газификация п. Леонидовка и с. Возрождение Пензенского района Пензенской области, реконструкция автодорог в п. Леонидовка и п. Золотарёвка в том же районе.

На объекте по уничтожению ХО в г. Щучье Курганской области ведётся создание промышленной зоны и полигона захоронения отходов. К настоящему времени введены в эксплуатацию: пожарное депо, газоспасательная станция, узел связи, станция доочистки воды, котельная, 3-секционная градирня, админис-

тративно-бытовое здание, административно-бытовой корпус. Начата наладка оборудования в производственных корпусах 1 и 14, корпусе битумирования, лабораторном корпусе, корпусе ремонта оборудования. Завершено строительство складов сырья в таре и битума, столовой, трансформаторной подстанции и необходимых первоочередных коммуникаций и эстакад.

В жилой зоне объекта строятся детский сад на 175 мест, школа на 275 мест, 48-, 45-, 63-квартирные дома. Ведутся работы по ремонту дорожного покрытия в г. Щучье.

Закончены строительство и введены в эксплуатацию центральная районная больница в г. Щучье, поликлинический консультативно-диагностический центр, школа на 590 учащихся в г. Щучье, школа на 190 учащихся и детский сад на 90 мест в п. Плановый, 24-квартирный жилой дом для медработников, жилые дома первой очереди (коттеджи). Три газовые котельные, водовод «Чумляк – Щучье». В 2008 году оснащена инженерно-техническим комплексом подъездная железная дорога протяженностью 18 км.

В интересах строительства объекта по уничтожению ХО в г. Почеп Брянской области ведётся создание промышленной зоны, в частности, возводится каркас основного корпуса № 11, ведётся строительство зоны вспомогательных площадок (административное здание на территории промзоны), введён в эксплуатацию поликлинический консультативно-диагностический центр, завершена реконструкция пожарного депо жилой зоны войсковой части, реконструкция зданий под общежитие и штаб полка охраны и ликвидации последствий аварийных ситуаций. В июне 2008 года введена в эксплуатацию территория зоны международных инспекций.

Построен 60-квартирный жилой дом и проведена реконструкция инфекционного отделения центральной районной больницы и газификация 53 населённых пунктов Почепского района. Построен и введён в эксплуатацию дом для медицинского персонала поликлинического консультативно-диагностического центра. Ведётся строительство школы на 768 учащихся и поликлиники в районе Центральной больницы г. Почеп.

На объекте по уничтожению ХО в г. Кизнер Удмуртской Республики ведутся подготовительные работы для развёртывания строительства промышленной зоны. Здесь главным является развитие опережающими темпами социальной инфраструктуры в интересах рай-

она расположения объекта по уничтожению ХО. Введены в эксплуатацию больница с поликлиникой в с. Бемыж, 4-квартирный жилой дом для медицинского персонала больницы, 1-я очередь уличных газовых сетей (17 км) и проведена реконструкция сетей водопровода в г. Кизнер.

В 2008 г. на всех объектах проводились мероприятия по совершенствованию условий безопасного хранения и уничтожения химического оружия, в частности:

- металлографическое обследование химических авиационных и артиллерийских боеприпасов с целью продления сроков их безопасного хранения;
- закупка и поставка на объекты в п. Леоновка Пензенской области, г. Почеп Брянской области, п. Марадыковский Кировской области фильтров поглотителей для замены их в системе фильтровентиляции хранилищ аэрозольного типа, а также индикаторных средств;
- замена свинцовых прокладок с проверкой герметичности на авиационных боеприпасах, обследование герметичных контейнеров для аварийных авиационных химических боеприпасов; изготовление герметичных контейнеров для транспортировки аварийных артиллерийских химических боеприпасов.

В настоящее время на объектах по уничтожению ХО внедрена и успешно функционирует научно обоснованная комплексная система безопасности, включающая:

- систему производственного экологического контроля и мониторинга окружающей среды (далее именуется – система ПЭМ);
- систему обеспечения проведения государственного экологического контроля и мониторинга (далее именуется – СГЭЖиМ);
- систему мониторинга состояния здоровья населения и персонала;
- систему поддержки принятия решения при возникновении аварийных ситуаций.

Система ПЭМ осуществляет контроль и мониторинг:

- воздуха рабочей зоны, промплощадки и хранилищ объекта;
- выбросов из систем вентиляции производственных помещений;
- дымовых газов установки термического обезвреживания отходов;

- дымовых газов котельной объекта;
- воздуха санитарно-защитной зоны и зоны защитных мероприятий;
- воды на сбросе очистных сооружений объекта;
- поверхностных вод на территории зоны защитных мероприятий;
- подземных (грунтовых) вод;
- почвы промплощадки, санитарно-защитной зоны и зоны защитных мероприятий;
- снежного покрова промплощадки, санитарно-защитной зоны и зоны защитных мероприятий;
- животного и растительного мира.

Мониторинг рабочей и промышленной зон объектов организован с помощью автоматических технических средств, работающих в непрерывном и периодическом режимах контроля.

Своевременное обнаружение опасных концентраций отравляющих веществ и оповещение рабочего персонала достигнуто за счёт оборудования рабочей зоны каждого объекта аварийной сигнализацией. Она оснащена автоматическими газосигнализаторами, которые работают в непрерывном режиме и подают сигнал опасности о наличии отравляющих веществ в воздухе не более чем за 15 секунд.

Контроль химически опасных соединений в воздухе рабочей зоны на уровне предельно допустимых концентраций (санитарно-гигиенический контроль) достигнут установкой в рабочей зоне газосигнализаторов, которые осуществляют непрерывный контроль отравляющих веществ в воздухе с чувствительностью 1 ПДК_{р.з.} и быстродействием до 15 минут.

В соответствии с разработанным и утверждённым регламентом за рабочую смену проводится отбор проб воздуха пробоотборниками с последующим их анализом в химико-аналитической лаборатории.

Контроль чистоты поверхностей технологического оборудования и средств индивидуальной защиты кожи работающего персонала на объектах осуществляется методом экспресс-анализа с использованием тест-наборов. Кроме того, в соответствии с разработанным и утверждённым регламентом проводятся смывы с поверхностей технологического оборудования с последующим анализом проб на наличие химически опасных соединений в химико-аналитической лаборатории.

Непрерывный контроль предельно допустимых выбросов (сбросов) реализован на объектах установкой стационарных автоматических средств контроля на каждом воздухо-

воде.

Контроль территории промышленной зоны каждого объекта осуществляется путём периодического отбора проб воздуха, дождевых вод и грунта в реперных точках с последующей их обработкой в химико-аналитической лаборатории в соответствии с утверждённым регламентом пробоотбора.

Также организован экологический контроль и мониторинг территории санитарно-защитной зоны и зоны защитных мероприятий каждого объекта. Он осуществляется в целях наблюдения и сбора информации о содержании загрязнителей в объектах природной среды (воздух, вода, в том числе подземная, почва) для последующей оценки безопасности функционирования объекта по отношению к населению и окружающей среде. При его проведении осуществляется оценка реальных уровней загрязнения и проводится сравнение результатов с нормативными показателями ПДК_{н.м.}, ПДК_{в.}, ПДК_{п.} с последующей выдачей рекомендаций по снижению (нормированию) выбросов (сбросов) загрязнителей.

В качестве средств контроля используются подвижные посты (лаборатории), которые осуществляют отбор проб природных сред в реперных точках, расположенных на площади от промышленной площадки до границы зоны защитных мероприятий. Отобранные пробы консервируются и доставляются для анализа в химико-аналитическую лабораторию объекта. Кроме того, проводится периодический контроль загрязнителей в воздухе с помощью стационарных постов контроля.

На территории объектов в целях обеспечения химической и биологической безопасности предусмотрено проведение мониторинга состояния растительного и животного мира.

Полученная информация по каналам связи поступает в информационно-аналитический центр, в котором проводится статистическая, графическая, картографическая обработка получаемой информации, осуществляется контроль работы информационных каналов, обеспечивающих связь с автоматическими средствами мониторинга, здесь же хранится обработанная информация, которая по запросу выдаётся диспетчеру объекта.

Сеть информационно-аналитического центра объекта взаимодействует с региональными контрольными и надзорными органами, администрацией муниципального образования и исполнительной властью субъекта Российской Федерации. По установленным формам

информация о работе Объекта, состоянии химической, биологической и экологической обстановки в различных зонах направляется в указанные органы. Эта информация также направляется в центр по работе и связям с общественностью и в последующем доводится до населения.

По данным, полученным в результате осуществления мониторинга состояния окружающей среды в местах хранения и уничтожения ХО в санитарно-защитных зонах и зонах защитных мероприятий объектов по хранению и уничтожению ХО, экологическая обстановка остается стабильной, случаев превышения нормативов качества окружающей среды по специфическим показателям не зафиксировано. При этом производственный экологический контроль и объектовый мониторинг состояния окружающей среды проводятся службами объектов в соответствии с требованиями природоохранного законодательства.

В целях обеспечения экологической безопасности процесса уничтожения ХО продолжались работы по развитию региональных центров систем государственного экологического контроля и мониторинга.

Созданы и введены в эксплуатацию региональные центры контроля и мониторинга в шести регионах Российской Федерации (Курганской, Саратовской, Кировской, Брянской, Пензенской областях и Удмуртской Республике), в состав которых входят: центральная экоаналитическая лаборатория по контролю и мониторингу отравляющих веществ и продуктов их деструкции, лаборатория биомониторинга и биотестирования, лаборатория биомониторинга (по разработке, внедрению и адаптации методик биотестирования отравляющих веществ и продуктов их деструкции), информационно-аналитический центр. Создание региональных ЦГЭКиМ объектов по хранению и уничтожению ХО осуществляется на основе требований федеральных законов и иных нормативных правовых актов в области охраны окружающей среды и обеспечения безопасного хранения и уничтожения ХО в Российской Федерации.

Заклучены соглашения об использовании специализированных региональных центров для обеспечения деятельности в сфере государственного экологического надзора и контроля объектов по хранению и уничтожению ХО с Управлениями по технологическому и экологическому надзору Ростехнадзора по Курганской, Кировской, Брянской, Пензенской, Саратовской областям и Удмуртской Республике.

Постоянно организована работа по текущей корректировке системы экологической регламентации производственной деятельности, по разработке нормативно-разрешительной документации в области охраны окружающей среды. Проводится корректировка и оптимизация системы экологического контроля и мониторинга.

Деятельность региональных центров государственного экологического контроля и мониторинга в 2008 году осуществлялась в соответствии с «Типовым порядком государственного экологического контроля источников загрязнения на объектах по уничтожению ХО». Региональными ЦГЭКиМ в 2008 году на Объектах проводился 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). По данным, полученным в результате осуществления химико-аналитического контроля и мониторинга состояния окружающей среды в местах хранения и уничтожения ХО в санитарно-защитных зонах и зонах защитных мероприятий объектов по хранению и уничтожению ХО, экологическая обстановка остается стабильной, случаев превышения нормативов качества окружающей среды по специфическим показателям не зафиксировано.

В 2008 году в целях реализации ФЗ от 30 марта 1999 г. № 52 ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» для контроля за санитарным состоянием производственных помещений, территорий и окружающей среды в районах размещения объектов по уничтожению ХО внедрены в практику новые гигиенические нормативы для осуществления государственного санитарно-эпидемиологического надзора за работами по ликвидации бывших объектов по производству ХО применительно к демонтируемым строительным материалам и воздуху рабочей зоны (ПДКр.з. Vх, ПДУ загрязнения Vх впитывающих и невпитывающих поверхностей технологического оборудования, строительных конструкций и металлических отходов, ПДК Vх в отходах строительных материалов и шламе после термообезвреживания, аварийные пределы воздействия отравляющего вещества типа- Vх в воздухе рабочей зоны объектов по уничтожению ХО и предельно допустимые уровни загрязнения фосфорорганическими отравляющими веществами средств индивиду-

альной защиты персонала). Разработаны, аттестованы и введены в действие 35 методик выполнения измерений содержания отравляющих веществ и продуктов их деструкции, позволяющие контролировать безопасность технологического процесса уничтожения ХО и экологическую обстановку в районе расположения объектов по уничтожению ХО.

В 2008 году продолжена работа по созданию единой системы медицинского мониторинга при хранении, перевозке и уничтожении ХО и автоматизированного персонального учёта работников объектов по уничтожению ХО и населения, проживающего и работающего в зонах защитных мероприятий объектов. В регистр внесены данные на более чем 10 тысяч граждан, занятых на работах с ХО, и населения, проживающего и работающего в зонах защитных мероприятий объектов в пос. Горный Саратовской области, в г. Камбарка Удмуртской Республики, в пос. Марадыковский Кировской области, в г. Щучье Курганской области, а также персонала бывших объектов по производству и разработке ХО.

В соответствии с требованиями Федерального закона от 2 мая 1997 г. № 76-ФЗ «Об уничтожении химического оружия» и федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» учреждения здравоохранения субъектов Российской Федерации совместно со специалистами НИИ ФМБА России проводят работу по изучению состояния здоровья населения, проживающего в районах размещения объектов по хранению ХО, и его динамики. ФМБА России выполняется работа по обеспечению организационно-методической и консультативной помощи при организации и осуществлении деятельности поликлиническими консультативно-диагностическими центрами. В настоящее время поликлинические консультативно-диагностические центры созданы и функционируют при ЦРБ в пос. Горный Саратовской области, в г. Камбарка Удмуртской Республики, в г. Щучье Курганской области, в г. Почеп Брянской области, при Терновской ЦРБ Пензенской области, в пгт. Оричи Кировской области. Поликлинические консультативно-диагностические центры оснащены современным диагностическим оборудованием. Их ввод в эксплуатацию позволил значительно улучшить качество медицинского обследования населения, проживающего в зонах защитных мероприятий.

Надзорными учреждениями ФМБА России и Роспотребнадзора в рамках социально-

гигиенического мониторинга в 2008 году проведено свыше 30 тыс. исследований среды обитания в зонах защитных мероприятий объектов по хранению и уничтожению ХО. Превышений гигиенических нормативов не зарегистрировано.

Территориальными органами Роспотребнадзора шести территорий по определённым приоритетным загрязнителям проводится отбор проб атмосферного воздуха, воды водных объектов и почвы в зонах защитных мероприятий. Полученные данные мониторинга свидетельствуют об удовлетворительном состоянии окружающей среды в пределах контролируемых населённых пунктов и отсутствии в объектах окружающей природной среды отравляющих веществ и продуктов уничтожения ХО.

Анализ состояния здоровья представительной выборки населения, проживающего в зонах защитных мероприятий объектов по хранению и уничтожению ХО, по результатам комплексного медицинского обследования показал, что в целом выявленные расстройства здоровья населения зон защитных мероприятий связаны с возрастом, полом обследованных, неблагоприятными социально-бытовыми условиями жизни. Выявленные отклонения в состоянии здоровья населения зон защитных мероприятий соответствуют средним показателям по Российской Федерации в целом. Предварительные данные о состоянии здоровья взрослого и детского населения (изменения состояния иммунного статуса, число врождённых пороков развития у детей и другие) позволят в дальнейшем делать объективную дифференцированную оценку деятельности объектов. В обследуемых регионах демографическая ситуация полностью отражает состояние естественного движения населения на территории Российской Федерации. Проводимое динамическое наблюдение за состоянием здоровья населения, проживающего в местах размещения объектов по хранению ХО, не выявило статистически достоверных различий в уровне и структуре заболеваемости населения зон защитных мероприятий с аналогичными показателями здоровья населения регионов.

Во всех регионах при обследовании населения не было выявлено заболеваний, развитие которых можно связать с воздействием на организм отравляющих веществ.

Подводя итог, можно с уверенностью заявить: у нас есть всё, чтобы справиться с поставленными задачами по уничтожению ХО и выполнить третий этап международных обязательств по Конвенции.

Экологическая безопасность уничтожения химического оружия – основа государственной политики по защите населения и окружающей среды

© 2008. В.П. Капашин

Федеральное управление по безопасному хранению и уничтожению химического оружия

Статья освещает ход и реализацию ФЦП «Уничтожение запасов химического оружия в РФ». Представлен материал, отражающий систему обеспечения экологической безопасности уничтожения химического оружия на действующих объектах.

The article presents the process and realization of the federal central policy «Chemical Weapon Stores Destruction in the Russian Federation». It gives information on the system of ecological safety of chemical weapon destruction at the working objects.

Ключевые слова: экологическая безопасность, химическое оружие, система государственного экологического контроля и мониторинга

Российская Федерация выполняет взятые на себя международные обязательства по реализации «Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении» (далее по тексту – Конвенция).

Важной вехой в этом плане стал ввод в эксплуатацию в декабре 2002 года первого российского объекта по уничтожению химического оружия (ХО), расположенного в п. Горный Саратовской области. Это позволило нашему государству к 29 апреля 2003 года выполнить первый этап обязательств по Конвенции – уничтожить 1% запасов химического оружия.

Начало работы объекта в г. Камбарке Удмуртской Республики стало ещё одним подтверждением готовности России в полной мере выполнить свои обязательства в сфере химического разоружения.

В своём обращении к участникам создания объекта по уничтожению ХО в г. Камбарке Удмуртской Республики Президент Российской Федерации отметил: «Создание этого объекта стало итогом кропотливого труда ведущих научных, проектных и строительных организаций России. Большой патриотический подъём и кропотливый труд позволили в короткие сроки построить этот объект и пустить его в эксплуатацию».

В августе 2006 г. был введён в эксплуатацию третий российский объект по уничтожению ХО «Марадыковский» в Оричевском районе Кировской области. Пуск этого объекта, с учётом работы первых двух объектов по

уничтожению ХО, позволил Российской Федерации выполнить второй этап международных обязательств по Конвенции – уничтожить к апрелю 2007 г. 20% запасов ХО, или 8 тысяч тонн отравляющих веществ (ОВ).

В 2008 году введена в эксплуатацию первая очередь объекта по уничтожению ХО, расположенного в п. Леонидовка Пензенской области, а также велось завершение строительства первой очереди объекта по уничтожению ХО в г. Щучье Курганской области.

Проведение этих работ обеспечит Российской Федерации выполнение третьего этапа международных обязательств по Конвенции и позволит до конца 2009 года уничтожить 45% запасов химического оружия, или 18 тысяч тонн ОВ.

На основании рабочей документации в настоящее время развёрнуто строительство последних двух объектов по уничтожению химического оружия, расположенных в г. Почеп Брянской области и г. Кизнер Удмуртской Республики. Их создание позволит, как это и предусмотрено по Конвенции, уничтожить все запасы химического оружия в Российской Федерации в 2012 году.

Таким образом, наше государство стремится выполнить плановые задания третьего этапа ФЦП «Уничтожение химического оружия в РФ» и международные обязательства по Конвенции в целом.

Согласно Конвенции: «Каждое государство-участник в ходе... уничтожения химического оружия уделяет первостепенное внимание обеспечению безопасности людей

и защите окружающей среды». Поэтому создание системы экологической безопасности при выполнении работ, связанных с уничтожением химического оружия, является одним из ключевых моментов в вопросах защиты населения и окружающей среды на российских объектах УХО. Это нашло отражение при формировании правовой базы в области уничтожения ХО. В настоящее время в её основу положены как общие, так и специально принятые нормативные и законодательные акты по данному виду деятельности.

Право граждан на безопасные условия проживания, труда и благоприятную окружающую среду в ходе уничтожения ХО закреплены Федеральным законом от 2 мая 1997 года № 76-ФЗ «Об уничтожении химического оружия». Статьей 4 данного Федерального закона предусмотрено: «... создание высокоэффективных и надёжных систем мониторинга окружающей среды, здоровья персонала объектов, привлекаемых работников и граждан, проживающих в зонах защитных мероприятий».

Общие требования по нормальной жизнедеятельности граждан и охране окружающей среды при создании объектов по уничтожению ХО и их функционировании определяются Федеральными законами Российской Федерации: «Об охране атмосферного воздуха», «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», «Об охране окружающей среды», «Об отходах производства и потребления», а также другими законами.

В частности, в десятой главе Федерального закона Российской Федерации «Об охране окружающей среды» предусмотрено осуществление государственного мониторинга окружающей среды (государственный экологический мониторинг) в целях наблюдения за состоянием окружающей среды, в том числе за состоянием окружающей среды в районах расположения источников антропогенного воздействия и воздействием этих источников на окружающую среду.

В плане обеспечения безопасности населения и охраны окружающей среды действующая нормативная база получила дальнейшее развитие. Так, федеральной целевой программой «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» (далее по тексту – Программа) определены конкретные направления работ в плане обеспечения экологической безопасности работающего персонала, населения и охраны окружающей сре-

ды при хранении, перевозке и уничтожении химического оружия. Предусмотрено обеспечение промышленной безопасности процесса уничтожения химического оружия, создание и использование на объектах по уничтожению ХО современных систем мониторинга загрязнения окружающей среды химическими соединениями.

Двенадцатью постановлениями Правительства Российской Федерации утверждены зоны защитных мероприятий для всех объектов по хранению химического оружия и объектов по уничтожению химического оружия. Постановлениями Главного государственного санитарного врача Российской Федерации установлены размеры санитарно-защитных зон для действующих и строящихся объектов по уничтожению химического оружия.

Существует ряд правовых документов, определяющих полномочия федеральных органов исполнительной власти в сфере мониторинга окружающей среды. До издания Указа Президента Российской Федерации от 12 мая 2008 года № 724 «Вопросы системы и структуры федеральных органов исполнительной власти» государственный контроль и надзор за экологически безопасным функционированием объектов по уничтожению химического оружия входил в сферу обязанностей Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. Государственный мониторинг за состоянием окружающей среды входил в сферу компетенции Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

В части реализации государственной системы мер по обеспечению безопасности населения и охране окружающей среды при проведении работ, связанных с уничтожением химического оружия, были разработаны и подписаны соответствующие соглашения о взаимодействии между Федеральным агентством по промышленности (до мая 2008 года – государственный заказчик Программы), Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору, Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

Указанный выше перечень документов законодательной и нормативной базы, безусловно, неполный и его можно было бы продолжить. Однако вывод напрашивается один – в Российской Федерации создана необходимая нормативная и законодательная база в интересах обеспечения экологической безопасности населения и охраны окружающей сре-

ды при выполнении работ, связанных с уничтожением ХО.

Обязательным условием обеспечения требуемого уровня безопасности функционирования объектов по уничтожению ХО, а также реализации системы защитных мероприятий является создание надёжных систем экологического контроля и мониторинга за безопасным функционированием этих объектов.

В соответствии с действующим российским законодательством такие системы должны создаваться в двух вариантах: непосредственно как производственные (производственный контроль и мониторинг) и как государственные (в интересах федеральных органов исполнительной власти, осуществляющих контроль и надзор в данной сфере деятельности).

Применительно к объектам по уничтожению химического оружия система промышленного экологического мониторинга является составной частью объектов по уничтожению ХО. При функционировании объектов контроль и мониторинг осуществлялся в отношении:

- воздуха рабочей зоны, промплощадки и хранилищ объекта;
- выбросов из систем вентиляции производственных помещений;
- дымовых газов установки термического обезвреживания отходов;
- дымовых газов котельной объекта;
- воздуха санитарно-защитной зоны и зоны защитных мероприятий;
- воды на сбросе очистных сооружений;
- поверхностных вод на территории зоны защитных мероприятий;
- подземных (грунтовых) вод;
- почвы промплощадки, санитарно-защитной зоны и зоны защитных мероприятий;
- снежного покрова промплощадки, санитарно-защитной зоны и зоны защитных мероприятий;
- биологических объектов.

Мониторинг рабочей и промышленной зон объектов организован с помощью автоматических технических средств, работающих в непрерывном и периодическом режимах контроля.

Своевременное обнаружение опасных концентраций ОВ и оповещение рабочего персонала достигнуто за счёт оборудования рабочей зоны объектов по уничтожению ХО аварийной сигнализацией. Она оснащена автоматическими газосигнализаторами, которые работают в непрерывном режиме и при возникновении опасности подают сигнал не более, чем за 15 секунд.

Контроль ОВ в воздухе рабочей зоны на уровне предельно допустимых концентраций (санитарно-гигиенический контроль) достигнут установкой в рабочей зоне газосигнализаторов, которые осуществляют непрерывный контроль ОВ в воздухе с чувствительностью 1 ПДК_{р.з.} и быстрое действие до 15 минут.

Кроме этого, в соответствии с утверждённым регламентом за рабочую смену проводится отбор проб воздуха пробоотборниками с последующим анализом проб в химико-аналитической лаборатории.

Контроль чистоты поверхностей технологического оборудования и средств индивидуальной защиты кожи работающего персонала осуществляется на объектах по уничтожению ХО методом экспресс-анализа с использованием тест-наборов. Также в соответствии с утверждённым регламентом проводятся смывы с поверхностей технологического оборудования с последующим анализом проб на наличие ОВ в химико-аналитической лаборатории.

Непрерывный контроль предельно допустимых выбросов (сбросов) реализован установкой стационарных автоматических средств контроля на каждом воздуховоде – до и после системы очистки.

Контроль территории промышленной зоны осуществляется путём периодического отбора проб воздуха, дождевых вод и грунта в реперных точках с последующей их обработкой в химико-аналитической лаборатории в соответствии с утверждённым регламентом пробоотбора.

Организован и мониторинг территории санитарно-защитной зоны и зоны защитных мероприятий. Он осуществляется в целях наблюдения и сбора информации о содержании загрязнителей в объектах природной среды (воздух, почва, вода, в том числе подземная) для последующей оценки безопасности функционирования объектов по уничтожению ХО по отношению к населению и окружающей среде.

При его проведении осуществляется оценка реальных уровней загрязнения и проводятся сравнения результатов с нормативными показателями ПДК_{н.м.}, ПДК_{в.}, ПДК_{п.} с последующей выдачей рекомендаций по нормированию выбросов (сбросов) загрязнителей.

В качестве средств контроля использованы подвижные посты (лаборатории), которые осуществляют отбор проб природных сред в реперных точках, расположенных на территории от границы промышленной площадки до границы зоны защитных мероприятий. Отобранные пробы консервируются и доставляют-

ся для анализа в химико-аналитическую лабораторию объекта. Кроме того, проводится периодический контроль отсутствия (наличия) загрязнителей в воздухе с помощью стационарных постов контроля.

На указанной территории проводится мониторинг состояния растительного и животного мира.

Полученная информация передается по каналам связи в информационно-аналитический центр, в котором проводится статистическая, графическая, картографическая обработка получаемой информации. В центре осуществляется контроль работы информационных каналов, обеспечивающих связь с автоматическими средствами мониторинга, здесь же хранится обработанная информация, которая по запросу выдается диспетчеру объекта.

Производственный экологический мониторинг на объектах по уничтожению ХО проводится на основании аттестованных в системе Гостехрегулирования методик выполнения измерений с помощью систем и приборов контроля. Последние прошли сертификацию в системе Гостехрегулирования.

Сеть информационно-аналитических центров объектов по уничтожению ХО взаимодействует с региональными контрольными и надзорными органами, администрациями районов и регионов. По установленным формам информация о работе объектов по уничтожению ХО, состоянии экологической обстановки в различных зонах объектов передается в указанные органы. Эта информация также передается в центры по работе и связям с общественностью и в последующем доводится до населения.

Создание системы государственного экологического контроля и мониторинга (СГКЭМ) осуществляется на основе требований федеральных законов и других нормативных правовых актов в области охраны окружающей среды и обеспечения безопасного хранения и уничтожения химического оружия в Российской Федерации. Исходя из этих требований, СГКЭМ строится таким образом, чтобы обеспечивалось участие в проведении государственного экологического контроля и мониторинга за функционированием объектов по уничтожению химического оружия специально уполномоченных органов исполнительной власти Российской Федерации.

Объектами системы государственного экологического контроля и мониторинга являются природные и природно-антропогенные объекты и комплексы, компоненты окружающей среды и природные ресурсы, потен-

циально или реально подверженные техногенному воздействию при проведении работ по уничтожению химического оружия.

Система государственного экологического контроля и мониторинга за безопасным функционированием объектов по уничтожению химического оружия включает в себя две основные подсистемы:

- подсистема контроля за соблюдением объектом по уничтожению ХО установленных экологических нормативов,
- подсистема регулярного экологического мониторинга состояния окружающей среды за пределами промплощадки объекта по уничтожению ХО в пределах санитарно-защитной зоны и зоны защитных мероприятий.

Система государственного экологического контроля включает:

- контроль установленных нормативов за выбросами объекта по уничтожению ХО в окружающую среду;
- контроль установленных нормативов за сбросами объекта по уничтожению ХО в окружающую среду (включая систему повторного и оборотного водоснабжения);
- контроль установленных нормативов образования отходов и лимитов на их размещение в окружающей среде (включая объекты размещения отходов).

Экоаналитический контроль источников загрязняющих веществ на объектах по уничтожению ХО проводится в соответствии с планом-графиком экоаналитического контроля источников загрязняющих веществ, который включает:

- план-график контроля источников выбросов и газоочистных установок объекта;
- план-график контроля источников сбросов и систем очистки сточных вод объекта;
- план-график аналитического контроля окружающей среды на объектах размещения отходов.

За пределами промплощадки объектов по уничтожению ХО в пределах санитарно-защитной зоны и зоны защитных мероприятий проводится регулярный государственный экологический мониторинг состояния основных природных сред.

Подсистема государственного экологического мониторинга зоны влияния объектов по уничтожению химического оружия, включая санитарно-защитную зону и зону защитных

мероприятий, основана на сочетании методов биомониторинга и химико-аналитических исследований. При обнаружении экотоксичности осуществляется проведение детального количественного химического анализа с целью идентификации загрязняющих веществ (по полному, согласованному для данного объекта перечню загрязняющих веществ). Функционирование СГЭКиМ осуществляется в двух основных режимах.

Первый режим – штатный. Он проводится в соответствии с нормативным документом «Программа (порядок) экологического контроля источников загрязнения на объектах уничтожения химического оружия и проведения экологического мониторинга природных систем в зоне защитных мероприятий объекта». Данный документ разработан на основе нормативно-разрешительной документации и согласован с территориальными органами, осуществляющими государственный экологический контроль и мониторинг за экологически безопасным функционированием объектов по уничтожению ХО.

Второй режим функционирования СГЭКиМ обеспечивается в интересах выполнения конкретных заданий территориальных надзорных и контрольных органов. В данном режиме обеспечивается проведение контроля и мониторинга при вводе в эксплуатацию новых технологических линий объектов по уничтожению ХО. Также этот режим предусмотрен в случае, если будет выявлено превышение объектами по уничтожению ХО установленных нормативов или возникнут нештатные ситуации.

Накопление и статистический анализ данных о функционировании объектов по уничтожению ХО осуществляется в региональных информационно-аналитических центрах СГЭКиМ. В этих центрах:

- проводятся расчёты полей рассеяния и распространения загрязняющих веществ в объектах окружающей среды;
- анализируются процессы возможного накопления в окружающей среде загрязняющих веществ, в том числе токсичных химикатов и продуктов их деградации;
- оценивается достоверность экоаналитического контроля;
- осуществляется корректировка аналитических (расчётных) закономерностей рассеяния и распространения загрязняющих веществ в объектах окружающей среды в соответствии с аналитическими данными, решаются другие вопросы.

Региональные центры СГЭКиМ осуществляют информирование о соблюдении требований экологического законодательства и экологических нормативов на объектах по уничтожению химического оружия, а также предоставляют данные о фактическом состоянии окружающей среды и состоянии здоровья населения в районах расположения объектов по уничтожению ХО. По каналам связи и согласованным формам эта информация доводится до органов государственной исполнительной власти, специально уполномоченных в сфере экологического надзора, контроля и мониторинга за функционированием объектов по уничтожению ХО, органов государственной власти субъекта Российской Федерации, органов местного самоуправления, центров по работе и связям с общественностью.

В ходе проведённых работ по контролю безопасности работы объектов по уничтожению ХО организовано взаимодействие между системой государственного экологического контроля и мониторинга и системой производственного экологического мониторинга по следующим вопросам:

- перечню загрязнителей, требующих первоочередного контроля;
- местам отбора проб (воздуха, воды, снежного покрова и почвы);
- методическому обеспечению и приборному оборудованию;
- формам и порядку обмена информацией и другим вопросам.

Аналогичным образом создаются системы контроля и мониторинга за функционированием других объектов по уничтожению ХО, которые находятся на стадии строительства. Информация о функционировании объектов по уничтожению ХО носит прозрачный характер. С этой информацией население региона может быть ознакомлено на местах через СМИ, информационные бюллетени, выпускаемые региональными центрами государственного экологического контроля и мониторинга.

Необходимо отметить, что за всё время функционирования объектов по уничтожению ХО не зафиксировано фактов негативного воздействия загрязняющих веществ на окружающую среду, что также подтверждается контролирующими природоохранными органами. Экологическая обстановка в районах размещения объектов хранения и уничтожения химического оружия остаётся в норме и свидетельствует о работе действующих объектов в штатном режиме.

УДК 623.459:351.777.61

**Единая система сбора, обработки и анализа информации
в интересах государственного и производственного экологического
мониторинга объектов по хранению, перевозке
и уничтожению химического оружия**

© 2008. В.Н. Чупис, В.В. Мартынов, В.И. Быстренина, В.В. Шляпин, Т.В. Бардина
Научно-исследовательский институт промышленной экологии,
e-mail: ecovector@sar-ecoinst.org

Показано, что механизмом доступности итогов всех форм системы наблюдений, принятия и реализации эффективных управляющих решений, направленных на обеспечение экологически безопасной эксплуатации объектов УХО, является информационное обеспечение этого процесса.

The main mechanism of availability of results of all the observation system forms, acceptance and realization of effective management decisions aiming at ecological safety of CWDO exploiting consists in informing people of this process.

Ключевые слова: экологический мониторинг, информационные ресурсы, анализ информации, федеральный информационный центр

Одной из проблем, связанных с уничтожением химического оружия в Российской Федерации, является задача обеспечения экологической безопасности.

Эта проблема решается на основе организации и ведения производственного и государственного экологического мониторинга, представляющего собой систему наблюдений, сбора, обработки и анализа информации состояния окружающей среды как в штатном, так и при аварийном режиме эксплуатации объектов по уничтожению химического оружия (далее – объектов УХО, Объектов).

Система наблюдений, сбора, обработки и анализа информации включает:

- оценку состояния окружающей среды и прогноз развития ситуаций;
- определение времени, места, путей и способов смягчения воздействия вредных факторов на окружающую среду в штатном режиме;
- своевременный контроль за развитием аварий, катастроф и сбор данных для обоснования способов их ликвидации в условиях аварийного режима.

Механизмом доступности итогов всех форм системы наблюдений, принятия и реализации эффективных управляющих решений, направленных на обеспечение экологически безопасной эксплуатации объектов УХО, является информационное обеспечение этого процесса.

С целью унификации используемых методов и средств, разработки совместных про-

грамм и обмена информацией производственный экологический мониторинг должен быть согласован с государственным экологическим мониторингом.

Экологический мониторинг (государственный и производственный) в районах размещения объектов хранения и уничтожения химического оружия организуется в целях обеспечения государственных и надзорных органов объективной информацией о состоянии окружающей среды, необходимой для предотвращения или уменьшения неблагоприятных воздействий на неё.

Разработанные НИИ «Промышленной экологии» совместно с НПО «Тайфун» Росгидромета Общая концепция «Системы государственного экологического контроля и мониторинга при хранении, перевозке и уничтожении химического оружия», а также «Типовой порядок государственного экологического контроля источников загрязнения на объектах по хранению и уничтожению химического оружия и проведению экологического мониторинга окружающей среды в санитарно-защитных зонах и зонах защитных мероприятий» обеспечивают функционирование единой системы сбора, обработки и анализа информации для систем государственного и производственного экологического мониторинга. Эти документы позволяют унифицировать определение (включая оптимизацию) базовых показателей (систему точек пробоотбора, периодичность пробоотбора), методик сбора и подготовки исходной информации,

позволяющих контролировать экологическую обстановку на объектах УХО и в районах их расположения с наименьшими временными, финансовыми и трудовыми затратами, а также обеспечивать подготовку выводов о ситуации и принятие управленческих решений относительно конкретных источников воздействия.

Универсальный подход к системе мониторинга согласно данным документам позволяет:

- разработать методические рекомендации по выбору контролируемых показателей (в том числе маркерных веществ) для оценки, выявления изменений и прогноза степени экологической нагрузки в зонах влияния объектов УХО;
- обосновать направления методического и метрологического обеспечения функционирования систем государственного и производственного экологического мониторинга на объектах УХО, включая совершенствование их приборно-технического обеспечения;
- развивать и совершенствовать единую систему сбора, обработки и анализа информации.

Экологические показатели, полученные в результате реализации системы мониторинга, являются основным средством для проведения количественной оценки состояния окружающей среды. Выбранные надлежащим образом, они могут не только отражать основные тенденции, но и способствовать описанию причин и последствий сложившейся экологической обстановки, а также позволяют наблюдать за ходом осуществления мероприятий по обеспечению экологической безопасности на объектах УХО.

При выборе показателей важно иметь в виду, что они, в первую очередь, должны содействовать правильному отображению происходящих процессов и состояния объекта УХО, а также их временную динамику в форме, удобной для восприятия.

Показатели типологизируются с учётом их роли в проблеме оценки состояния окружающей среды по схеме ДНСВР (где Д – движущие силы, Н – нагрузки, С – состояние, В – воздействие, Р – реагирование) и объединяются (структурируются) в следующие группы:

- описывающие воздействие на окружающую среду;
- характеризующие состояние окружающей среды;

- описывающие последствия для окружающей среды;
- описывающие принимаемые меры.

При этом необходимо принять во внимание, что попытка интегрирования в одном показателе слишком большого количества информации может привести к непоследовательности в приоритетах и перегруженности деталями, вызывая затруднения, как при его разработке, так и при применении.

Поэтому при формировании и отборе показателей целесообразно руководствоваться *следующими критериями*:

- *оценкой данных*, учитывающих их качество, надёжность (достоверность) и доступность (наблюдаемость), адекватные пространственные и временные масштабы, издержки, связанные со сбором данных;
- *характеристикой показателей*, учитывающих измеряемость (наличие доступных и экономически эффективных методов и методик их получения путем измерения и/или расчёта), репрезентативность, чувствительность к изменениям, воспроизводимость, конкретность, чёткие причинные связи, затраты на разработку показателя;
- *полезность для пользователя*, определяющая обоснованность, ограниченность количества показателей в наборе, чёткость конструкции, применимость, отсутствие избыточности, ретроспективность и предсказуемость, простоту понимания;
- *формирование целостной картины*.

В качестве *дополнительных критериев* целесообразно использовать:

- *связь с национальными экологическими приоритетами*: показателями, оценивающимися по тому, насколько они связаны с целями и задачами национальных стратегических документов по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов (национальные стратегии по охране окружающей среды, устойчивому развитию и биоразнообразию);
- *связь с международной экологической политикой*: показатели оцениваются по тому, насколько они связаны с выполнением международных соглашений и обязательств, а также обеспечивают сопоставимость на международном уровне;
- *наличие временных рядов (регулярного потока) данных*: показатели, оцени-

вающие за достаточно длительный период времени наличие данных или первичной информации, необходимой для количественного определения показателей и трендов их изменения;

- *предсказуемость результативности и эффективности*: показатели, свидетельствующие об адекватности предсказания результативности и эффективности принимаемых мер экологической политики;
- *возможность информирования общественности о состоянии окружающей среды*: показатели оцениваются по тому, насколько они понятны для широкой общественности и способны вызвать озабоченность состоянием окружающей среды;
- *приоритетность*: показатели оцениваются по относительной важности внутри экологической проблемы или вопроса экологической политики, чтобы ограничить число показателей, описывающих (характеризующих) одну и ту же проблему или вопрос, и сократить общее число показателей.

Выбранные в соответствии с перечисленными критериями показатели, позволяют более достоверно производить оценку экологической обстановки и следить за её динамикой при ведении мониторинга объектов УХО, определять участки, в которых экологическая обстановка является напряжённой, и намечать адресный план действий по её стабилизации.

Федеральный информационный центр (ФИЦ) является составной частью системы обеспечения экологической безопасности при уничтожении химического оружия в Российской Федерации и предназначен для информационного обеспечения работ в сфере государственного экологического надзора, контроля и мониторинга за состоянием окружающей среды в районах расположения объектов УХО:

- органов государственной исполнительной власти, специально уполномоченных в сфере экологического контроля и мониторинга объектов УХО;
- органов государственной власти Российской Федерации и органов государственной власти субъектов Российской Федерации;
- органов местного самоуправления, общественных организаций и объединений граждан на федеральном уровне

и в регионах уничтожения химического оружия.

Взаимодействие ФИЦ с органами государственной исполнительной власти, уполномоченными в сфере экологического контроля и мониторинга объектов УХО, осуществляется в соответствии с Положением об этих органах [7 –10], а также в соответствии с постановлением Правительства РФ от 31 марта 2003 г. № 177 и Постановлением Правительства РФ от 23 августа 2000 г. № 622 в части информационного обеспечения:

- государственного экологического надзора и контроля за экологически безопасным функционированием объектов УХО – с Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору;
- государственного экологического мониторинга на объектах УХО и в ЗЗМ;
- с Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды;
- государственного экологического контроля объектов животного мира и среды их обитания в зонах защитных мероприятий – с Федеральной службой по надзору в сфере природопользования;
- сопровождения процесса уничтожения химического оружия, обеспечения совместимости результатов систем государственного и производственного контроля и мониторинга – с Федеральным агентством по промышленности.

В результате взаимодействия ФИЦ с органами государственной власти субъектов Российской Федерации и общественными организациями обеспечиваются:

- органы государственной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления данными о фактическом состоянии окружающей природной среды в районах расположения объектов УХО, а также информацией о происходящих и прогнозируемых изменениях в её состоянии;
- организации, осуществляющие в соответствии со своими полномочиями наблюдения за состоянием окружающей природной среды в ЗЗМ, оперативной фактической и прогностической информацией об экологически безопасном функционировании объектов УХО в части охраны окружающей

- природной среды, объектов животного и растительного мира;
- заинтересованные организации и население текущей и экстренной информацией об изменениях в окружающей природной среде, связанной с деятельностью объектов УХО, а также предупреждениями и прогнозами её состояния.

Алгоритмическое, программное и информационное обеспечение ФИЦ позволяет производить обработку результатов мониторинга, используя базы данных региональных центров СГЭКиМ, выполнять прогнозирование развития экологической ситуации на объектах УХО, формировать отчёты различного уровня, реализовать систему оперативного оповещения пользователей об экологической обстановке на объектах УХО (выполнении регламентов производственного и государственного экологического контроля и мониторинга); обеспечивать доступ к своим информационным ресурсам и систему защиты информации.

Схема взаимодействия ФИЦ с объектами УХО, РЦ СГЭКиМ и ФГУ ГосНИИЭНП представлена на рис.1.

Информация от РЦ и центральной аналитической лаборатории о результатах экоаналитических исследований проб, количестве уничтоженного химического оружия, накопленных реакционных массах и размещённых отходах, а также справочные и отчётные материалы, информационные бюллетени поступают в ФИЦ (параллельно координатору информационного обмена) и передаются Оператору ФИЦ для занесения в рабочую базу данных.

Данные, занесённые в рабочую базу в бумажном и электронном виде, передаются координатору информационного обмена для контроля и после проверки и согласования с заместителем директора по работе с регионами передаются в ФИЦ в виде окончательного решения по подключению их во внешнюю базу ФИЦ. Оператор ФИЦ подключает проверенные и завизированные данные для внешнего доступа.

Разработанный алгоритм формирования (включая обработку) и движения информационных потоков (массивов данных) в системе экологического мониторинга объектов УХО организован следующим образом:

1. До второго числа каждого очередного месяца ответственное лицо РЦ СГЭКиМ, используя переданные с Объекта метеопараметры и программное обеспечение ИАС, определяет область (зону) проведения отбора проб компонентов природной среды СЗЗ и ЗЗМ

объекта УХО, согласовывает полученный результат с руководителем РЦ СГЭКиМ и второго числа очередного месяца передаёт его на согласование в ФГУ «ГосНИИЭНП».

2. Согласованный план до четвёртого числа каждого очередного месяца возвращается в РЦ СГЭКиМ по электронной почте для исполнения.

3. Лабораториями РЦ СГЭКиМ в период с пятого по двадцать седьмое число каждого месяца проводится отбор и анализ проб компонентов природной среды в ССЗ и ЗЗМ, а также промвыбросов, сбросов, ливневых сточных вод и воды из наблюдательных скважин на территории (промплощадке) объекта УХО.

4. По мере выполнения анализов отобранных проб специалисты ИАЦ РЦ СГЭКиМ вносят их результаты в специальные формы в формате Microsoft Excel для последующей передачи в базу данных РЦ СГЭКиМ.

5. Координаты X и Y точек отбора проб атмосферного воздуха (подфакельных измерений) определяются следующим образом.

1) Если измеренное значение направления ветра $\varphi^\circ \leq 270^\circ$, то угловое положение точки пробоотбора вычисляется по формуле:

$$\varphi_T^\circ = 270^\circ - \varphi^\circ, \quad (1)$$

а если $\varphi^\circ > 270^\circ$, то по формуле:

$$\varphi_T^\circ = 630^\circ - \varphi^\circ. \quad (2)$$

2) Горизонтальная координата точки X_T рассчитывается по формуле:

$$X_T = x \times \cos \varphi_T + X_{ц.п.}, \quad (3)$$

где $X_{ц.п.}$ – горизонтальная координата центра промплощадки объекта УХО.

3) Вертикальная координата точки Y_T рассчитывается по формуле:

$$Y_T = x \times \sin \varphi_T + Y_{ц.п.}, \quad (4)$$

где $Y_{ц.п.}$ – вертикальная координата центра промплощадки объекта УХО.

4) Значение φ_T в формулах (3) и (4) рассчитывается по формуле:

$$\varphi_T = \pi \times \varphi_T^\circ / 180^\circ. \quad (5)$$

5) Расстояние x от точки до объекта УХО в формулах (3) и (4) задаётся в метрах.

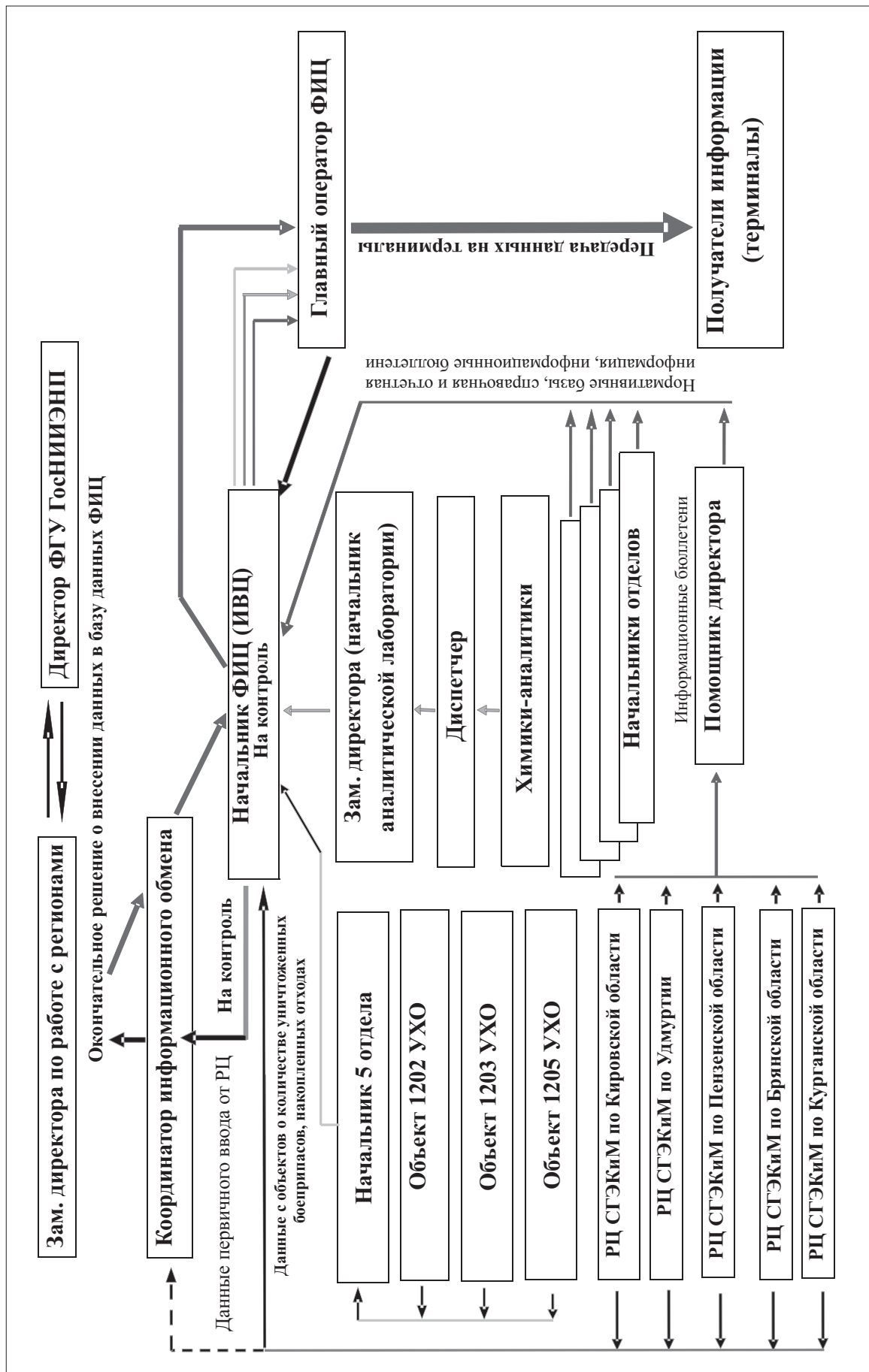


Рис. 1. Схема формирования и движения информационных потоков в системе экологического мониторинга объектов УХО

6) Найденные значения координат каждой точки заносятся в графы «Х» и «У» формы 1а.

6. Заполненные формы передаются в ИАЦ РЦ СГЭКиМ для экспорта в базу данных.

7. Копии информационных баз данных каждый понедельник в первой половине дня высылаются в ФИЦ для внесения информации в его базу данных.

9. Полученные от РЦ СГЭКиМ данные в течение одного дня обрабатываются в ФИЦ и в электронном виде и на бумажном носителе передаются в ФГУ ГосНИИЭНП координатору информационного обмена для анализа соответствующими специалистами.

10. Проверенные данные визируются координатором информационного обмена и передаются в ФИЦ для их подключения к внешней базе. В адрес потребителей информации (Ростехнадзор, Росгидромет, Роспром и Федеральное управление по безопасному хранению и уничтожению химического оружия, территориальные органы) отправляются электронные письма с информацией об обновлении баз данных.

11. В случае появления данных о результатах замеров, в 10 и более раз превышающих нормативы, их обработка производится вне очереди и немедленно выкладывается во внешнюю базу данных с уведомлением пользователей по электронной почте и дублированием по SMS.

12. Информация с объектов УХО о накопленных отходах, нормативах их размещения, количестве уничтоженных ОБ и накопленных реакционных масс предоставляется координатору информационного обмена для визирования и передачи в ФИЦ с целью внесения в базу данных в следующие сроки:

- о накопленных отходах, нормативах размещения отходов – 1 раз в месяц (первого числа каждого месяца);
- о количестве уничтоженных отравляющих веществ и накопленных реакционных масс – 1 раз в неделю (понедельник).

13. Информация об изменениях в руководящих, нормативных и отчётных документах, нормируемых параметрах, которые предоставляется в ФИЦ в течение суток. Изменения в информационную базу данных ФИЦ вносятся после согласования с координатором информационного обмена, который в свою очередь согласовывает их с заместителем директора ФГУ ГосНИИЭНП по работе с регионами (если изменения носят принципиаль-

ный характер, заместитель директора согласовывает их с директором ФГУ ГосНИИЭНП).

14. Общедоступные ресурсы – информационные листки, выпуски газет, фотографии передаются РЦ СГЭКиМ в ФИЦ по электронной почте по мере их выхода и обновляются по мере их поступления в ФИЦ с уведомлением координатора.

15. Все ссылки и документы в базе ФИЦ проверяются заместителем директора по работе с регионами на актуальность и при необходимости обновляются с периодичностью 2 раза в месяц; принципиальные обновления производятся немедленно, в течение суток или по запросу.

16. Вывод отчётных форм осуществляется по запросу пользователя и позволяет сформировать полный отчёт о результатах экологического контроля и мониторинга объектов УХО, проводимых РЦ СГЭКиМ за любой период времени, а также отчёт о ходе процесса уничтожения ОБ (объёмах детоксифицированных ОБ, размещению и переработке (утилизации) реакционных масс и опасных отходов и др.). Выдача информации производится только из базы ФИЦ.

Анализ рассмотренного алгоритма позволяет сделать вывод о наличии возможностей повышения эффективности его функционирования в аспекте формирования информационных потоков по результатам мониторинга объектов УХО. Для этого необходимо интегрировать в его структуру процедуры оценки полноты и достоверности данных, поступающих в ФИЦ. В основу реализующего данную процедуру алгоритма целесообразно положить принцип автоматического (программного) контроля сроков и актуальности поступающей и предоставляемой информации, что позволит максимально исключить влияние человеческого фактора.

Для реализации данного алгоритма база данных ФИЦ должна содержать следующие массивы:

- массив параметров контроля за базой данных, предназначенный для внесения нормативных сроков обновления подчинённых массивов в соответствии с регламентами информационного обмена (общесистемных положений, законов, ГОСТов и прочих распорядительных документов). Информация, считываемая из этого массива, определяет актуальность информационной базы ФИЦ;

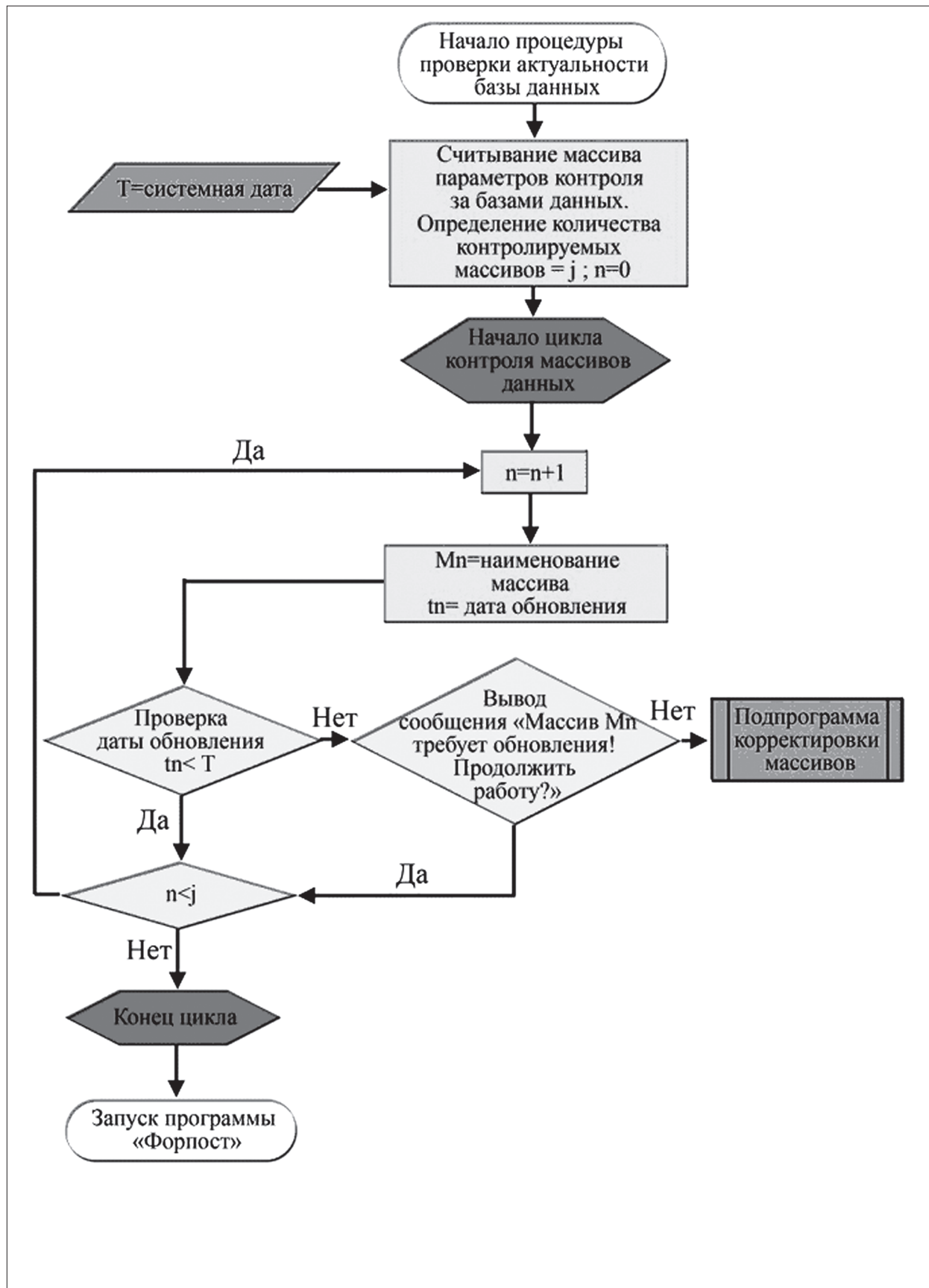


Рис. 2. Алгоритм оценки полноты и достоверности данных, поступающих в ФИЦ

- массив организационных документов (массив низкого уровня автоматизации контроля), содержащий подзаконные акты первого уровня (концепции, общие положения и типовые проекты). Сроки его обновления носят не конкретный, а рекомендательный характер;
- массив нормативов по предельно допустимым концентрациям, группам и видам контролируемых ЗВ и прочей нормативно-технической базы для интерпретации результатов экоаналитического контроля. Массив достаточно твёрдо определяемый и строго контролируемый;
- массив отчётов, содержащий представленные в различном формате отчёты в соответствии с регламентом. Массив строго контролируемый;
- массивы данных экологического мониторинга – жёстко контролируемый по дате обновления массив результатов анализов проб в СЗЗ и ЗЗМ Объектов);
- массив данных экологического контроля – жёстко контролируемый по дате обновления массив результатов экоаналитического контроля на территориях (промплощадках) Объектов;
- массив метеопараметров – жёстко контролируемый по дате обновления массив данных метеорологических наблюдений на метеостанциях Объектов;
- массив планов пробоотбора – контролируемый массив выданных заданий на проведение сеансов пробоотбора;
- массив отчётов – массив, формируемый по результатам отчётов РЦ, с контролируемыми сроками обновления;
- массив оперативной информации – массив с неконтролируемыми, но предсказанными сроками обновления. Контролируется координатором системы.

Алгоритм обеспечивает выполнение функции контроля за сроками наполнения подчинённых массивов информации с выводом по его результатам соответствующих сообщений оператору, координатору и пользователям системы. Для этого он должен выполнять процедуры входа в базу данных ФИЦ и обращения к её информации, манипулирования содержимым (добавление, модифицирование или удаление соответствующей информации); вывод результатов контроля (целиком или частично) на экран монитора.

Структурная схема алгоритма представлена на рис. 2.

Алгоритм работает при запуске системы отображения информации в режиме анализа всех массивов на актуальность обновления в соответствии с данными массива параметров контроля за базой данных с индикацией значимых ситуаций на мониторах пользователей в зависимости от прав доступа к системе. Алгоритм должен обеспечивать возможность реализации процедуры прогнозирования значимых ситуаций и будет разработан в рамках выполнения второго этапа работ по данной НИР.

Литература

1. Федеральный закон Российской Федерации «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ (с изменениями от 22 августа 2004 г.).
2. Федеральный закон «Об уничтожении химического оружия» от 2 мая 1997 г. № 76-ФЗ (с изменениями от 29 ноября 2001 г., 10 января 2003 г., 22 августа 2004 г.).
3. Федеральный закон Российской Федерации «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 17 марта 1999 г. № 52-ФЗ (с изменениями от 30 декабря 2001 г., 10 января, 30 июня 2003 г., 22 августа 2004 г.);
4. Федеральный закон Российской Федерации «О техническом регулировании» от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ.
5. «Положение об организации и осуществлении государственного мониторинга окружающей среды (государственного экологического мониторинга)», утверждённое постановлением Правительства РФ от 31 марта 2003, № 177.
6. «Положение о Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору» (далее – Ростехнадзор), утверждённое постановлением Правительства Российской Федерации от 30 июня 2004 г. № 401.
7. «Положение о Федеральной службе по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (далее – Росгидромет), утверждённое постановлением Правительства Российской Федерации от 23 июля 2004 г. № 372.
8. «Положение о Федеральной службе по надзору в сфере природопользования» (далее – Росприроднадзор), утверждённое постановлением Правительства Российской Федерации от 30 июля 2004 г. № 400.
9. «Положение о Федеральном агентстве по промышленности» (далее – Роспром), утверждённое постановлением Правительства Российской Федерации от 16 июня 2004 г. № 285.
10. «Положение о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании», утверждённое постановлением Правительства РФ от 24.07.2000 г. № 554.

Наши центры – гарантия безопасности и защищённости

© 2008. Н.Г. Кутьин, В.Н. Чупис, С.В. Миллер

Научно-исследовательский институт промышленной экологии,
e-mail: ecovector@sar-ecoinst.org

В статье представлен опыт создания и работы региональных центров государственного экологического контроля и мониторинга за безопасным функционированием объектов по уничтожению химического оружия.

The article deals with organization and work of regional centres of state ecological control and monitoring of chemical weapon destruction objects safe functioning.

Ключевые слова: система экологической безопасности, региональные центры системы государственного экологического контроля и мониторинга

Создание системы экологической безопасности объектов по хранению и уничтожению химического оружия (объектов УХО) – один из ключевых моментов в решении проблемы безопасного уничтожения химического оружия в Российской Федерации. Обязательным условием обеспечения требуемого уровня безопасности объекта и реализации системы защитных мероприятий является создание надёжной системы государственного экологического контроля и мониторинга (СГЭКиМ) за безопасным функционированием этих объектов.

Исходя из этого государственным заказчиком Программы в лице Российского агентства по боеприпасам (Росбоеприпасы) и МПР России (соисполнитель Программы) в период с 2002 г. по 2004 г. выполнялся взаимосогласованный комплекс работ по созданию системы государственного экологического контроля и мониторинга за объектами УХО. Головной организацией по созданию СГЭКиМ на основании результатов проведённых конкурсов является Государственный научно-исследовательский институт промышленной экологии Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (в 2006 году распоряжением Правительства РФ передан из МПР России в Ростехнадзор), располагающий необходимым кадровым и научным потенциалом, а также современной лабораторной базой.

В настоящее время контроль и надзор за экологически безопасным функционированием объектов УХО входит в сферу обязанностей Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. Государственный мониторинг за состоянием окружающей среды входит в сферу компетенции Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей

среды и по отдельным специальным видам мониторинга (мониторинг земель и водных объектов) ряда других федеральных органов. Исходя из их требований, региональные СГЭКиМ строились таким образом, чтобы обеспечивалось участие в проведении государственного контроля и мониторинга за объектами УХО всех заинтересованных федеральных органов исполнительной власти и органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации.

За период 1999 – 2007 гг. институтом решён ряд фундаментальных задач, обеспечивших успешное продвижение работ в сфере обеспечения государственного и производственного экологического контроля и мониторинга объектов УХО, на базе филиалов ФГУ ГосНИИЭНП созданы региональные центры по контролю и мониторингу объектов УХО. В институте создан не имеющий аналогов в России химико-аналитический и биологический лабораторный комплекс, оснащённый лучшим зарубежным оборудованием, поставленным в рамках международных программ. Совместно с зарубежными специалистами фирм Varian, Agilent, Thermoprojects, а также партнёрами по проекту (DSTL, Великобритания) были проведены работы по отладке оборудования и апробации методов контроля загрязняющих веществ в основных природных средах (почва, вода, воздух). Создана и введена в эксплуатацию система государственного экологического контроля и мониторинга опытно-промышленного объекта УХО в п. Горный Саратовской области, разработана методическая база по контролю отравляющих веществ в выбросах и природных средах, система паспортизации и контроля состава реакционных масс, разработана нормативная документация, регламентирующая функционирование систем производственного и государственного эко-

гического мониторинга. В течение всего периода функционирования объекта в п. Горный институтом по заданиям Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору и Федерального агентства по промышленности проводился плановый мониторинг объекта, отрабатывались методы контроля источников загрязняющих веществ (выбросов, сбросов, технологических вод, состава отходов и реакционных масс), а также основных природных сред (атмосферный воздух, почва, вода).

В настоящее время в составе института создан специализированный учебно-методический центр для развития и сопровождения работ в сфере контроля и мониторинга объектов УХО, на базе которого проводится работа по разработке и апробации методического обеспечения и обучению кадров для создаваемых региональных систем. В ходе работы ГосНИИЭМП для всех регионов разработаны и согласованы с Федеральным управлением по безопасному хранению и уничтожению химического оружия, контрольными и надзорными органами, а также с администрациями регионов проекты региональных СГЭКиМ. Созданы нормативно-правовые, нормативно-технические и инструктивно-методические документы, регламентирующие функционирование СГЭКиМ, осуществлялось создание необходимой лабораторной базы и обеспечение её приборно-техническими средствами, методическим и программно-техническим обеспечением.

В 2005 г. состоялось этапное событие: во всех регионах Российской Федерации, на территории которых проводится уничтожение химического оружия, созданы и прошли государственную аккредитацию региональные центры по обеспечению государственного контроля и мониторинга (РЦ СГЭКиМ) за безопасным уничтожением химического оружия. Это подводит значительный итог работы института: в чрезвычайно сжатые сроки создан один из главных инструментов обеспечения безопасного процесса уничтожения химического оружия в Российской Федерации. Созданная система государственного контроля и мониторинга обеспечивает контроль безопасности объектов УХО со стороны специально уполномоченных органов государственной исполнительной власти: Ростехнадзора, Росприроднадзора, Росгидромета, администраций регионов и других органов, в чьем ведении находятся вопросы безопасного уничтожения химического оружия. Созданы современные, не имеющие аналогов, лаборатор-

ные комплексы: построены не уступающие зарубежным образцам лаборатории, подобраны и обучены специалисты, проведены исследования по фоновому состоянию объектов окружающей среды в районах расположения объектов по хранению и строящихся объектов по уничтожению химического оружия. Созданная система контроля и мониторинга имеет характерную структуру, которая ранее не применялась. В составе центров созданы не только химико-аналитические лаборатории, но и биологические лаборатории, проводящие прямой анализ токсичности природных объектов. Совмещение химического анализа объектов природной среды с токсикологическими испытаниями обеспечивает максимально достоверную оценку работы объектов УХО. Помимо этих задач на региональные центры возложена задача обеспечения системы экологического нормирования деятельности объектов, то есть фактически управления качеством их работы.

Работа РЦ СГЭКиМ осуществляется на основании согласованных территориальными органами Ростехнадзора и Росгидромета программ проведения регулярного экологического контроля и мониторинга и на основании предписаний территориальных органов Ростехнадзора. 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 периодичностью. 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 за период 2002 – 2008 гг.

Это позволяет констатировать, что система экологической безопасности при уничтожении химического оружия создана, и дальнейшая работа будет направлена на её внедрение и совершенствование. В составе центров созданы информационно-вычислительные комп-

Таблица

Данные, характеризующие работу СГЭЖиМ на объекте п. Горный за период 2002 – 2008 гг.

Категория	Годы														Итого	
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008									
Промышленные выбросы			64	71	141	497	34	109	73	140	98	128	279	427	689	1372
Сточные воды			3	58	11	298	2	58	25	283	27	401	43	542	111	1640
Специфические отходы			8	8	5	60	17	89	10	75	35	85	2	2	77	319
Атмосферный воздух	5	5	48	504	37	62	65	462	838	1673	1942	3186	1934	7615	4869	13507
Природная вода	5	115	64	1277	45	1437	77	1258	378	5886	451	8326	393	7781	1413	26080
Грунтовая вода					3	66	18	288	261	3959	172	3314	313	4914	767	12541
Почва	171	2223	114	1596	250	2412	632	3642	1124	12368	757	9897	941	9213	3989	41351
Донные отложения					44	574	65	574	161	1514	128	1737	153	1920	551	6319
Снежный покров			6	56	8	168	30	203	252	2375	119	1902	196	4764	611	9468
ИТОГО:	181	2343	307	3570	544	5574	940	6683	3122	28273	3729	28976	4254	37178	13077	112597

Примечание: в ячейках таблицы на светлом фоне – количество анализов, на затемнённом фоне – количество компонентоопределений.

лексы, на базе которых реализуется система управления мониторингом. В автоматическом режиме рассчитываются поля рассеивания загрязняющих веществ и строятся карты, диаграммы, графики, автоматически составляется план проведения исследований во всех режи-

мах (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.

УДК 504.064:543.06:543.63

«Модульный» метод организации аналитических лабораторий системы государственного экологического контроля и мониторинга объектов по хранению и уничтожению химического оружия

© 2008. О.Ю. Растегаев, В.Н. Чупис

Научно-исследовательский институт промышленной экологии,
e-mail: ecovector@sar-ecoinst.org

Предложен «модульный» метод организации аналитических лабораторий системы государственного экологического контроля и мониторинга объектов по хранению и уничтожению химического оружия (АЛ СГЭЖиМ объектов УХО). Приведены результаты создания и функционирования лабораторий в региональных центрах СГЭЖиМ.

«Modular» method of organization of analytic laboratories system of the state ecological control and monitoring of chemical weapon storage and destruction objects (AL СГЭЖиМ объектов УХО) is presented here. The results of creating and functioning of the laboratories in regional centres of СГЭЖиМ are given.

Ключевые слова: принципы организации аналитической лаборатории – технологический, методологический, санитарно-гигиенический, объект контроля, отраслевой, одной лаборатории

В составе лабораторного комплекса системы государственного экологического контроля и мониторинга объектов по хранению и уничтожению химического оружия (СГЭЖиМ)

центральное место занимают химико-аналитические (экоаналитические) лаборатории [1].

На основании аналитических экспериментальных исследований проводится контроль

соблюдения природоохранных нормативов, а также оценка и последующее прогнозирование состояния окружающей среды. Поскольку аналитические лаборатории составляют материальную базу аналитических исследований, то выбор методов их организации является фактором, определяющим эффективность функционирования аналитических лабораторий.

Действующие нормативные документы, относящиеся к аналитическим лабораториям, не рассматривают эту проблему. Так, ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025-2006 «Национальный стандарт Российской Федерации. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» устанавливает общие требования к компетентности лабораторий в проведении испытаний и калибровки, включая отбор образцов, испытания и калибровку, проводимые по стандартным методам, нестандартным методам и методам, разработанным лабораторией [2]. Руководящие документы [3 – 5] рассматривают общие вопросы аккредитации лабораторий мониторинга загрязнения окружающей природной среды в системе Росгидромета. Таким образом, складывается ситуация, при которой установленные нормативные требования к аналитическим лабораториям могут выполняться любыми методическими и организационными способами.

С точки зрения важности (приоритетности) для достижения целей, влияния на метрологические характеристики выполняемых измерений, информативности измерений, влияния на экономические показатели (пропускная способность лаборатории, оперативность выполнения задач), способности выполнять комплексные задачи, возможности расширения области использования можно выделить следующие принципы организации аналитической лаборатории.

Принцип «технологический». Главной задачей при применении данного принципа является измерение содержания соединений, непосредственно указывающих на соблюдение технологических режимов. Например, при уничтожении зарины главными показателями процесса являются содержание зарины, моноэтаноламина, О-изопропилметилфосфоната. Остальные показатели имеют меньшее значение или вообще не учитываются. Преимущества подхода заключаются в высокой информативности, поскольку можно быстро установить соблюдение нормативов и влияние объекта на состояние окружающей среды. Недостатки – отсутствие полноты информации по другим показателям, указывающим на состояние окружающей среды в целом, на влияние вспомогательных и общезаводских участков, не отра-



Фото. О.Ю. Растегаев даёт пояснения В.И. Холстову

жает регионального вклада, например, соседних предприятий, в фоновое загрязнение. Подход не оптимален по экономическим показателям, поскольку не учитывает достаточности используемых методов измерения, взаимозаменяемости методов.

Принцип «методический». Приоритет метода измерений, когда особое внимание уделяется выбору метода измерений, обеспечивающего высокую чувствительность и достоверность измерений, в отдельных случаях с использованием дублирующих методов. Высокая достоверность измерений, обеспечиваемая надёжной идентификацией компонентов, точная оптимизация по параметру «компонент-производительность метода», подбор метода для анализа нескольких компонентов одновременно, методический «запас прочности» – преимущества данного принципа. Использование этого принципа особенно важно при выполнении технологических задач, т. к. точное измерение может существенно сэкономить сырьё, выявить узкие места в техпроцессе, что трудно решить при использовании стандартных или «рекомендованных» методов. Недостатки – дополнительные затраты на приборное оснащение, которое, однако, может окупиться в дальнейшем с учётом производительности лаборатории, надёжности измерений, что исключает дополнительные затраты на арбитражные анализы сторонних организаций и другие издержки.

Принцип «санитарно-гигиенический». Значение измеряемых показателей определяется токсикологической опасностью компонентов вне зависимости от роли данного соединения в технологическом процессе. Особое внимание уделяется компонентам 1-го и 2-го классов опасности, при этом можно строго проследить за динамикой изменения их содержания, оптимизировать затраты различных видов экологических и других платежей, размеры которых зависят в том числе и от класса опасности. Минимизированы затраты на измерения. Недостатками являются: трудность технологического контроля, поскольку высокие классы опасности могут иметь технологически незначимые объекты контроля, например, отход – ртутьсодержащие люминесцентные лампы или выбросы диоксида азота от котельной; минимальное количество аналитической информации, т. к. при выборе наименее затратных методов измерений диапазон таких измерений является узким и предназначенным только для данного объекта контроля и не позволяет получить дополнитель-

ную информацию в нестандартных случаях. Кроме того, в перспективе подход может быть затратным, поскольку не рассчитан на увеличение объёмов и номенклатуры контроля. Информативность при реализации такого подхода минимальна.

Принцип «объекта контроля». При соблюдении этого принципа определяющим является объект или объекты контроля. Отдельно организуется лаборатория атмосферного воздуха, лаборатория почв, лаборатория сточных вод и т. д. Такой подход может быть оправдан только при больших объёмах достаточно простых объектов контроля, поскольку не позволяет эффективно использовать все возможности аналитического метода, тем более проводить комплексные исследования. Эффективность подхода может быть обеспечена только в отношении данного объекта контроля. Определяемые компоненты становятся как бы равноценными на фоне приоритетности объекта контроля вне зависимости от технологической значимости или класса опасности, т. е. информативность такого подхода является низкой.

«Отраслевой» принцип. В других случаях лаборатории создаются для контроля по укрупнённым группам объектов, т. е. по отраслевому признаку: «санитарно-гигиеническая лаборатория» занимается измерением показателей, определённых органами санэпидконтроля, «экологическая лаборатория» проводит контроль природоохранных показателей и т. д. Данный подход имеет практически те же характеристики, что и принцип «объекта контроля».

Принцип «одной лаборатории». Основа подхода заключается в организации на предприятии одной лаборатории для решения задач, поставленных контролирующими органами. Главной целью является минимизация затрат и выполнение только установленных требований, фактически такой подход означает отсутствие принципа.

Для проведения критериальной оценки эффективности каждого из перечисленных принципов используются 4 оценочных уровня в соответствии с табл. 1.

Перед проведением балльной оценки рассматриваемых принципов дадим краткую характеристику критериев. Информативность показывает, насколько точно выбранный принцип позволяет судить о соблюдении технологических режимов. Достоверность определяет, как близка полученная информация к истинной информации. Сочетает-

Таблица 1

Уровни критериальной оценки эффективности принципов организации лаборатории

№ п/п	Наименование уровня	Значение уровня	Вес уровня, балл
1	2	3	4
1	4-й уровень	Высокая эффективность	4
2	3-й уровень	Средняя эффективность	2
3	2-й уровень	Низкая эффективность	1
4	1-й уровень	Неэффективен	0

мость с другими принципами указывает на возможность использования данного принципа с другими подходами. Способность выполнять комплексные задачи показывает: может ли данный принцип применяться при выполнении сложных многоплановых задач. Оперативность выполнения задач – указывает, как быстро лаборатория выполняет поставленные перед ней задания. Пропускная способность лаборатории – это количество анализов за определённый промежуток времени вне зависимости от способа достижения результата. Возможность расширения области использования – это возможность выполнения дополнительных работ без переоборудования. Затратность – затраты на реализацию принципа.

Критериальная оценка эффективности принципов организации лаборатории приведена в табл. 2.

Анализ результатов проведённой критериальной оценки эффективности принципов показывает, что в основу организации лаборатории должны быть положены «методический» и «технологический» принципы, дополнительными (второстепенными) могут быть: «санитарно-гигиенический» принцип, принцип «объекта контроля», «отраслевой» принцип. Принцип «одной лаборатории» применять не рекомендуется.

Исходя из «методического» и «технологического» принципов организации лаборатории был предложен «модульный метод» организации лаборатории.

Модульный метод заключается в том, что лаборатория в соответствии с выбранными методами измерений делится на модули: газохроматографический, спектральный, фотометрический и т. д. Метод измерений имеет приоритет над объектом контроля, например,

Таблица 2

Критериальная оценка эффективности принципов организации лаборатории, в баллах

Критерий	Принцип «технологический»	Принцип «методический»	Принцип «санитарно-гигиенический»	Принцип «объекта контроля»	«Отраслевой» принцип	Принцип «одной лаборатории»
1	2	3	4	5	6	7
Информативность	4	2	0	1	0	0
Достоверность	2	4	1	1	0	0
Сочетаемость с другими принципами	4	4	2	4	1	1
Способность выполнять комплексные задачи	1	4	1	1	2	0
Оперативность выполнения задачи	4	2	2	2	4	2
Пропускная способность лаборатории	4	4	4	4	4	1
Возможность расширения области использования	2	4	1	1	1	0
Затратность	2	1	4	2	4	4
Сумма, балл	23	25	15	16	16	8

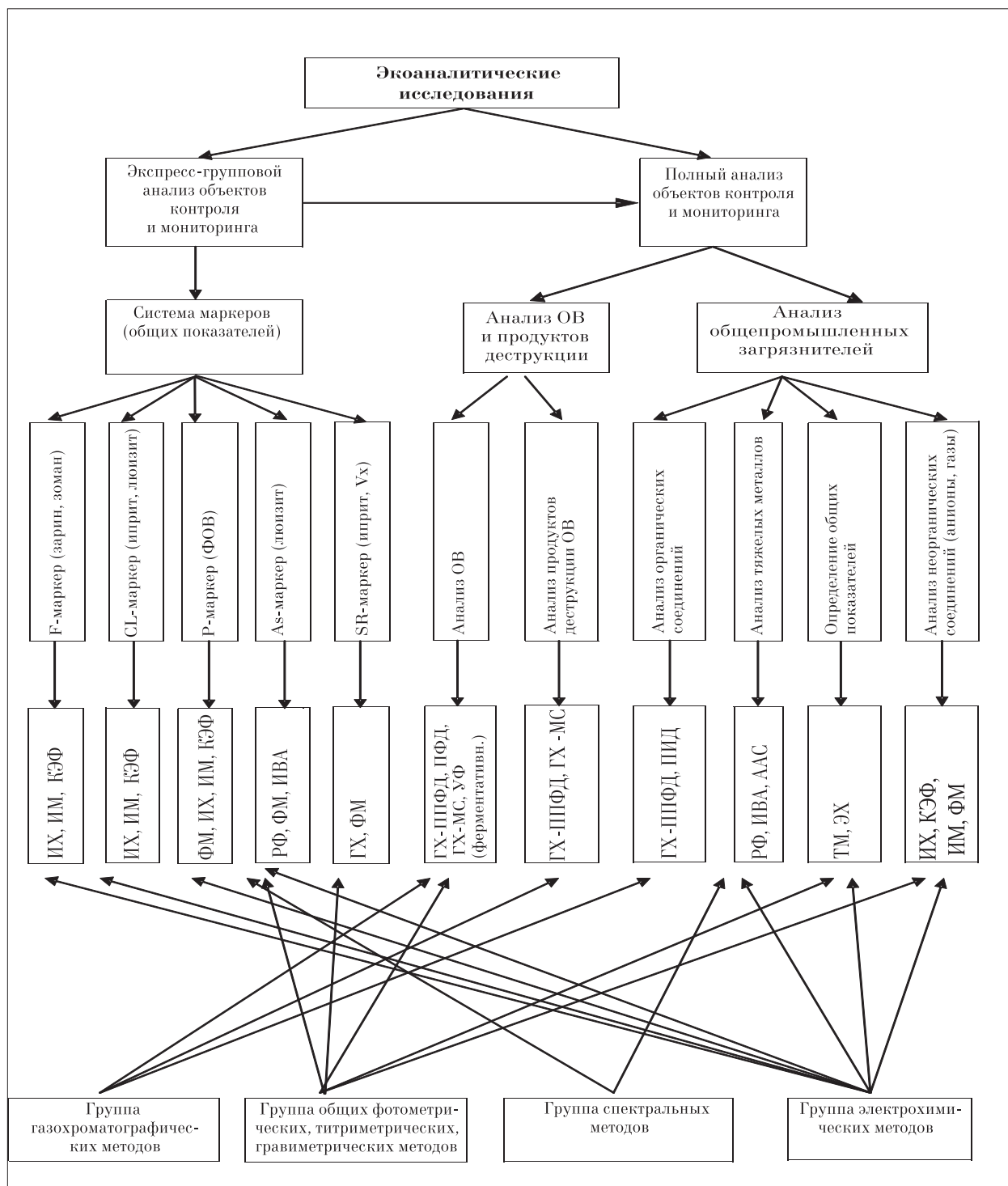


Рисунок. Блок-схема методического обоснования организационной структуры экоаналитической лаборатории

Примечание: ГХ – газовая хроматография с пульсирующим пламенно-фотометрическим детектированием (ППФД), с пламенно-фотометрическим детектированием (ПФД), пламенно-ионизационным детектированием (ПИД), ГХ-МС – хромато-масс-спектрометрия, ФМ – спектрофотометрия, УФ (ферментативн.) – ферментативный метод с УФ-спектрофотометрическим окончанием, РФ – рентгенофлуоресцентный метод, ИВА – инверсионная вольтамперометрия, ААС – атомно-абсорбционная спектроскопия, ТМ – титриметрия, ЭХ – электрохимические методы, ИХ – ионная хроматография, КЭФ – капиллярный электрофорез, ИМ – ионометрия.

внутри газохроматографического модуля – приборы и сотрудники распределяются по объектам контроля – вода, почва и т. д. Методический подход выражается также в том, что если в нескольких методиках используется один метод, но они предназначены для разных объектов, то измерения могут проводиться на одном приборе одним аналитиком.

Технологический принцип применяется при составлении перечня объектов и компонентов измерений, т. е. ранжирование проводится, исходя из приоритетности технологических операций над второстепенными и вспомогательными операциями. Дополнительно учитываются санитарно-гигиенические нормативы как критерии оценки состояния природных сред.

На рисунке представлена блок-схема методического обоснования организационной структуры экоаналитической лаборатории. В соответствии с разработанными организационно-методическими подходами лаборатории включают в себя следующие основные группы: группа газохроматографических методов анализа, группа общих методов (фотометрических, титриметрических, гравиметрических), группа спектральных методов, группа электрохимических методов. Разделение по объектам анализа проводится внутри каждой группы методов.

«Модульный» метод был реализован в 2001 – 2007 гг. при организации и функционировании семи экоаналитических лабораторий в шести региональных центрах СГЭКиМ по Саратовской, Кировской, Пензенской, Брянской, Курганской областям и Удмуртской Республике. Для каждого региона был разработан соответствующий «Проект СГЭКиМ», включающий данные об аналитической лаборатории: характеристику лабораторных помещений и их оснащение, данные о средствах измерений, основном и вспомогательном оборудовании, обеспечении кадрами соответствующей квалификации, методической базой, стандартными образцами, сведения по метрологическим характеристикам используемых методик. Проекты СГЭКиМ были обсуждены на различных совещаниях

и утверждены контролирующими территориальными органами. В соответствии с «Проектом СГЭКиМ» в каждом регионе были построены региональные центры, в состав которых входят экоаналитические лаборатории. Лаборатории аккредитованы в Системе аккредитации аналитических лабораторий (СААЛ, орган по аккредитации ОАО ФНТЦ «Инверсия»). В 2006 году экоаналитические лаборатории ФГУ ГосНИИ-ЭНП прошли аккредитацию на второй срок, в 2008 – 2009 годах планируется аккредитовать лаборатории других региональных центров.

Разработанный модульный метод может быть использован не только при организации химико-аналитических лабораторий, но и при формировании лабораторий биологического, радиологического профиля, т. е. экспериментальных лабораторий, применяющих различные метрологически обеспеченные методы измерений.

Литература

1. В.Н.Чупис. Экологический мониторинг объектов уничтожения химического оружия – опыт создания и перспективы развития // Теоретическая и прикладная экология. 2007. № 2. С. 35-41.
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025-2006 Национальный стандарт Российской Федерации. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.
3. РД 52.18.597-98 Методические указания. Аккредитация лабораторий (центров) мониторинга загрязнения окружающей природной среды. Общие требования к «Положению об аккредитованной лаборатории (центре)».
4. РД 52.18.598-98 Методические указания. Аккредитация лабораторий (центров) мониторинга загрязнения окружающей природной среды. Общие требования к «руководству по качеству аккредитованной лаборатории (центра)».
5. РД 52.18.599-98 Инструкция. Аккредитация лабораторий (центров) мониторинга загрязнения окружающей природной среды. Порядок проведения инспекционного контроля аккредитованной лаборатории (центра).

УДК 623.459.8.006.014+631.427

**Система биологического мониторинга компонентов природной среды
в районе объекта хранения и уничтожения химического оружия
«Марадыковский» Кировской области**

© 2008. Т.Я. Ашихмина, Л.И. Домрачева, Е.А. Домнина, Г.Я. Кантор, Т.И. Кочурова,
Л.В. Кондакова, С.Ю. Огородникова, А.С. Олькова, И.В. Панфилова
Региональный центр государственного экологического контроля
и мониторинга по Кировской области,
Лаборатория биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ,
e-mail: ecolab@vshu.kirov.ru

В статье представлен опыт работы по организации биологического мониторинга на территории СЗЗ и ЗЗМ объекта хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский» в Кировской области.

The article presents the work on bio-monitoring organization on the territory of sanitary zone and safety measures zone of the chemical weapon storage and destruction object «Maradikovsky» in the Kirov region.

Ключевые слова: биомониторинг, биоиндикаторы, альго-микологический анализ, биотестирование

Составной частью государственного экологического мониторинга окружающей природной среды в районе объектов хранения и уничтожения химического оружия является биомониторинг – система наблюдений, оценки и прогноза различных изменений в биоте, вызванных факторами антропогенного происхождения. Основная задача биологического мониторинга – наблюдение за уровнем состояния биоты с целью разработки систем раннего оповещения, диагностики и прогнозирования возможного техногенного загрязнения. Главными этапами деятельности при разработке систем раннего оповещения являются отбор подходящих природных объектов и создание автоматизированных систем, способных с достаточной большой точностью выявлять «отклик» организма на загрязнение среды, в которой он находится, определение регламента, согласование методик, проектирование и эксплуатация сети мониторинга.

Использование методов биоиндикации и биотестирования позволяет выявить присутствие в окружающей среде того или иного загрязнителя по наличию или состоянию определенных организмов, наиболее чувствительных к изменению экологической обстановки, т. е. обнаружить и определить биологически значимые антропогенные нагрузки на основе реакции на них живых организмов и их сообществ. По биоиндикационным признакам

можно выявить экологические нарушения при низких уровнях загрязнения, когда ещё нет серьёзных ограничений для развития растений и опасности для населения, что даёт возможность принимать меры для предотвращения дальнейшего поступления загрязнителей в окружающую природную среду и не допустить необратимых изменений в экосистемах.

Высокочувствительными к антропогенному загрязнению представителями биоты являются организмы-индикаторы, которые используются для идентификации изменений в окружающей среде, обусловленной действием смеси загрязнителей.

К чувствительным биоиндикаторам относятся лишайники, мхи, почвенные и водные микроорганизмы (водоросли, бактерии, микрогрибы). В роли биоиндикаторов можно использовать пыльцу растений, хвою сосны обыкновенной и др. Среди животных также выделяются группы организмов, положительно или отрицательно реагирующих на различные формы антропогенной трансформации среды (ракообразные, хирономиды, моллюски, личинки ручейников, подёнок, веснянок и др.).

Показателями загрязнений может служить присутствие толерантных индикаторных организмов в виде высокой плотности популяций или отсутствие чувствительных популяций.

С 1998 года лаборатория биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ в рамках научного сопровождения работ по строительству объекта хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский» проводит экологическое обследование территорий Оричевского и Котельничского районов Кировской области. В ходе полевых и лабораторных исследований выполнено комплексное описание состояния растительности и животного мира, почвенных и водных биоценозов, определены фоновые участки мониторинга, составлены экопаспорта фоновых лесных, луговых и водных участков мониторинга. Полученные результаты исследований использованы при разработке ОВОС, обосновании размера (площади) зоны защитных мероприятий объекта хранения и объекта уничтожения химического оружия, разработке программы биологического мониторинга природных сред и объектов на территории СЗЗ и ЗЗМ объекта «Марадыковский».

В 2004 году в Кировской области в рамках реализации федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в РФ» открылся Региональный центр государственного контроля и мониторинга (РЦГЭКиМ) объекта хранения и уничтожения химического оружия по Кировской области, являющийся филиалом ГосНИИЭНП (г. Саратов). Первым подразделением РЦГЭКиМ стала хорошо оборудованная и укомплектованная специалистами-биологами ВятГГУ лаборатория биотестирования и биоиндикации, которая в мае 2005 года была аккредитована на техническую компетентность и независимость по проведению экотоксикологического анализа природных сред.

Главным исполнителем работ по созданию и реализации системы государственного экологического контроля и мониторинга объектов хранения и уничтожения химического оружия ФГУ ГосНИИЭНП (г. Саратов) базовым научно-методическим центром по организации биологического мониторинга определен Региональный центр государственного экологического контроля и мониторинга объектов хранения и уничтожения химического оружия по Кировской области.

В 2006 году коллективом лаборатории биомониторинга Вятского государственного гуманитарного университета разработана программа биологического мониторинга природных сред и объектов на территории СЗЗ и ЗЗМ объекта «Марадыковский», которая утверждает-

на Управлением Росприроднадзора по Кировской области, Управлением охраны окружающей среды и природопользования Кировской области. Программа биологического мониторинга включает перечень показателей, регламент и сеть участков мониторинга природных сред (атмосферного воздуха, почв, поверхностных, грунтовых и подземных вод), мониторинга растительного и животного мира (водных экосистем, лесных, луговых биоценозов и агроценозов). Объектами биологического мониторинга являются: высшие растения, лишайники, почвенные водоросли, грибы, макрозообентос, представители млекопитающих, птицы, рыбы, насекомые. Определяется активность почвенных ферментов: уреазы, каталазы, фосфатазы, инвертазы.

Важным элементом организации системы биологического мониторинга является её рациональная пространственная структура, в том числе размещение ключевых участков, учётных маршрутов, гидробиологических станций и т. п.

Мониторинг растительного покрова осуществляется на постоянных пробных площадках в типичных участках лесных массивов, луговых, болотных, прибрежно-водных фитоценозах недалеко от точек отбора проб почв. Динамика экологического состояния выявляется сравнением результатов с данными фонового мониторинга. При исследовании луговых, болотных, прибрежно-водных экосистем размер пробных площадок составляет 100 м², лесных – 400 м².

На территории СЗЗ и ЗЗМ сеть биологического мониторинга включает 48 лесных и 76 луговых ключевых участков, 10 станций гидробиологических наблюдений.

Все участки закреплены на местности путём установки опознавательных знаков, определены их географические координаты.

С целью научно-методического обеспечения проведения исследований по программе биологического мониторинга коллективом лаборатории биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ разработано «Научно-методическое руководство по организации биологического мониторинга ВятГГУ природных сред и объектов в рамках государственного экологического контроля и мониторинга объектов хранения и уничтожения химического оружия».

Главным исполнителем работ ФГУ ГосНИИЭНП на базе РЦГЭКиМ по Кировской области совместно с учёными лаборатории биомониторинга Института биологии Коми

НЦ УрО РАН и ВятГГУ в июне 2006 года проведён межрегиональный научный семинар на тему «Биологический мониторинг – составная часть государственного экологического контроля и мониторинга». В ходе семинара проведён обмен опытом работы, организованы практические занятия в полевых и лабораторных условиях по изучению методов выбора и оценки участков мониторинга, выполнению описаний, отбору проб почв, донных отложений, растительности. Всем участникам семинара из региональных центров государственного экологического контроля и мониторинга, где хранится, уничтожается и планируется уничтожение химического оружия выдано «Научно-методическое руководство по организации биологического мониторинга природных сред и объектов в рамках государственного экологического контроля и мониторинга объектов хранения и уничтожения химического оружия».

Учёными лаборатории биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ совместно со специалистами лаборатории биотестирования и биоиндикации Регионального центра государственного контроля и мониторинга отрабатываются методики выявления наиболее информативных биоиндикаторов лесных, луговых и водных экосистем, а также почвенной флоры и фауны с использованием методов альгоиндикации, лишеноиндикации, бриоиндикации, палиноиндикации, биоиндикации по гидробионтам и микобиоте почв. В лабораторных условиях проводится камеральная обработка проб, постановка модельных испытаний, анализ, оценка и прогноз полученных результатов. В этой работе активно участвуют аспиранты кафедры экологии ВятГГУ и Регионального центра государственного контроля и мониторинга. По материалам исследований, посвящённым данной тематике, аспирантами лаборатории биомониторинга подготовлено и защищено за последние 5 лет 7 диссертационных работ.

Для оценки состояния атмосферного воздуха на участках экологического мониторинга используется биоиндикатор – сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Общеизвестно, что она является видом, реагирующим на загрязнение среды обитания продуктами техногенеза. Этот фитоиндикатор широко распространён на всей территории области, в том числе в районе зоны защитных мероприятий объекта хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский».

Информативным признаком определенного уровня загрязнения атмосферы является состояние хвои: изменение окраски (хлороз, пожелтение), преждевременное увядание хвои и дефолиация, время жизни, наличие некротических пятен [2 – 4]. Для оценки состояния атмосферного воздуха в июле каждого года отбираются пробы хвои сосны. Повреждения хвои оцениваются по шкале повреждений по трём классам, а оценка усыхания по 4-балльной шкале. Полученные результаты подвергаются статистической обработке. На основе полученных данных делается вывод о степени загрязнения атмосферы. Проведённый в 2006 – 2007 годах анализ хвои сосны с участков мониторинга СЗЗ и ЗЗМ объекта хранения и уничтожения химического оружия свидетельствует о средней степени загрязнения, а именно: хвоя имеет 2-й класс повреждения, а степень усыхания хвои оценена в 2 балла. Эти результаты вполне согласуются с данными фонового мониторинга, полученными до начала действия объекта уничтожения химического оружия.

На исследуемых участках мониторинга по кернам определяется возраст сосны. Проводится оценка состояния атмосферного воздуха по радиальному приросту древесины, изменение которого позволит установить влияние атмосферного загрязнения на рост и развитие сосны. В районе исследований средний возраст сосны составляет 72 года.

Отработан экспресс-метод определения состояния загрязнения атмосферного воздуха по пыльце ряда древесных растений (сосна обыкновенная, тополь бальзамический, берёза бородавчатая, яблоня домашняя, лиственница сибирская, рябина обыкновенная, сирень обыкновенная, липа). Пыльца с этих растений отбирается в период цветения – один раз в год. Установлено, что очень чувствительными к загрязнению видами являются сосна обыкновенная, берёза бородавчатая, яблоня домашняя. В то время как тополь бальзамический является устойчивым к загрязнению. Пыльца древесных растений как биоиндикатор отражает экологическое благополучие исследуемой территории и позволяет выявить долговременную тенденцию (динамику) его изменения. Количество нарушенных пыльцевых зёрен выше 50% свидетельствует о техногенном загрязнении. В ходе полевых и лабораторных исследований установлено, что процент нормальных пыльцевых зёрен сосны обыкновенной на

участках мониторинга находится в диапазоне 55 – 98,8%, деформированных – 0,24 – 4,7%; недоразвитых – 0,35 – 5,4%; гигантских – 0,3 – 3,5 %. Таким образом, полученные нами данные свидетельствует о том, что на отдельных участках района исследования сосна обыкновенная испытывает экологический стресс, который проявляется в повышенном продуцировании патологически развитых пыльцевых зёрен.

Информативным показателем экологического состояния атмосферного воздуха является видовой состав и обилие лишайников на стволах деревьев. Лишайники относятся к накопительным индикаторам техногенного воздействия. Они действуют как губка, своеобразный живой фильтр. Набирая загрязняющие вещества в слоевище, лишайники в увлажнённом состоянии чутко реагируют на данное техногенное воздействие. Результаты полевого исследования свидетельствуют о том, что на большинстве участков мониторинга процент проективного покрытия лишайников в основном с северной стороны деревьев. Средние показатели общего проективного покрытия лишайниками находятся в пределах 17 – 32 %, что соответствует данным фонового обследования. Проективное покрытие лишайникового покрова ниже этих показателей отмечено на участках, испытывающих воздействие нескольких техногенных источников, например участок № 46, расположенный рядом с железнодорожным переездом.

Техногенное загрязнение влияет на ферментативную активность в растениях. Нами отработана методика определения активности пероксидазы и перекисного окисления липидов в растительных тканях. В модельных опытах было выявлено увеличение активности пероксидазы и перекисного окисления липидов в тканях растений, выращенных на субстратах, загрязнённых метилфосфоновой кислотой (МФК), которая является относительно устойчивым в природных средах продуктом гидролиза фосфорсодержащих отравляющих веществ. Изменение активности перекисного окисления липидов и пероксидазы является ответной реакцией растительного организма на действие данного токсиканта и используется нами при оценке токсичности почвы и поверхностных вод.

Выделены летальные концентрации (0,1 моль/л для проростков семян) и сублетальные концентрации МФК ($5 \cdot 10^{-3}$ моль/л для высших растений).

Изучение ферментативной активности почв позволило установить, что под влиянием МФК резко изменяется активность каталазы. Каталаза разрушает пероксид водорода до выделения кислорода, по объёму выделенного кислорода определяется ферментативная активность почв. Данный метод используется и в полевых условиях, он экспрессен.

Выявлены организмы, являющиеся конечным звеном трансформации МФК в почве. К ним относятся цианобактерии, которые нуждаются в фосфоре, как в источнике питания. Данные организмы поглощают МФК и переводят её в другие формы. В связи с этим как сами микроорганизмы, так и препараты на их основе могут выполнить очень важную функцию для ремедиации почв после эксплуатации объекта уничтожения химического оружия.

В микроvegetационных экспериментах установлено, что обработка семян сельскохозяйственных растений штаммами цианобактерий из рода *Nostoc* повышает до 2 и более раз выживаемость растений в химически загрязнённых почвах.

Отработан и используется метод определения характера действия токсикантов на фотосинтетический комплекс растений (пигментный аппарат). Под влиянием загрязнения снижается содержание фотосинтетических пигментов, что приводит к снижению продуктивности растений.

В рамках биологического мониторинга проводится комплексный альго-микологический (водорослево-грибной) анализ почв. Микроскопические водоросли и грибы – постоянные обитатели любого типа почв. Определены параметры их существования в незагрязнённых почвах, видовой состав, численность, биомасса, длина мицелия, соотношение группировок, которые относительно стабильны по сезонам и годам. В загрязнённых почвах выявляются различные отклонения от нормального функционирования, которые могут проявляться в снижении видового разнообразия водорослей, преобладании численности грибной биомассы над водорослевой, нарастанием доли грибов с тёмноокрашенным мицелием, появлением фитопатогенных комплексов, вызывающих угнетение роста и развития высших растений. Все перечисленные признаки свидетельствуют о появлении токсикоза почвы.

Для характеристики обнаружения вероятности загрязнения почв использован групповой подход на основе количественных

характеристик альго-микологических комплексов. Проведено сравнение отклика изучаемых организмов в модельных опытах с токсикантами различной химической природы и состоянием данных группировок в природных почвах с различной степенью загрязнения. В серии модельных опытов при искусственном внесении в почву таких поллютантов, как соли свинца, пирофосфат натрия (ПФН), было установлено, что в составе микофлоры начинают доминировать окрашенные меланинсодержащие грибы. В пробах почв, отобранных с фоновых территорий, содержание меланинсодержащих микромицетов составляет 30 – 56%, в почвах, загрязнённых солями свинца, – 64 – 74%, а пирофосфатом натрия – 80 – 89%.

В полевых опытах установлена практически линейная зависимость между дозой поллютанта (пирофосфата натрия) и содержанием меланинсодержащих микромицетов.

В условиях техногенного загрязнения почв параллельно с возрастанием грибной компоненты в альго-микологических комплексах начинается доминирование цианобактерий (ЦБ) в составе фототрофной популяции. При внесении в почву солей свинца доля цианобактерий в составе фототрофного комплекса возрастает до 85% в сравнении с фоновым показателем – 54%.

Аналогичные исследования *in situ*, проведённые в 2005 – 2008 гг. с образцами почв, отобранными в районе объекта хранения и уничтожения химического оружия, показали, что структура микологических группировок варьирует в широких пределах. В половине проанализированных почвенных проб меланинсодержащие грибы в структуре популяций занимают более 60%.

Достоинство микологического анализа состоит в том, что он позволяет оценить уровень загрязнения почвы до проведения дорогостоящих химических анализов и определить их первоочередность. Как и в модельных опытах, максимум развития цианобактерий наблюдается на тех участках, где доминируют меланинсодержащие грибы (коэффициент корреляции между этими группировками равен 0,75).

Для целей биотестирования отработывается тетразольно-топографический метод определения дегидрогеназной активности цианобактерий в пробах почвенной вытяжки и снеговой воды. Метод опробован с разными видами цианобактерий с использованием следующих токсикантов – соединения

свинца, мышьяка и метилфосфоновой кислоты. В ходе исследований установлена высокая чувствительность данных микроорганизмов к соответствующим поллютантам.

Биотестирование компонентов природной среды поверхностных и подземных вод, донных отложений и почв на территории санитарно-защитной зоны (СЗЗ) и зоны защитных мероприятий (ЗЗМ) комплекса объектов хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский» проводится сотрудниками лаборатории биомониторинга и биотестирования Регионального центра государственного экологического контроля и мониторинга по Кировской области.

Для установления токсичности проб в качестве тест-объектов используются зелёные водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) и сценедесмус (*Scenedesmus quadricauda*), инфузория туфелька (*Paramecium caudatum* Ehrenberg), ветвистоусые ракообразные дафнии (*Daphnia magna* Straus) и цериодафнии (*Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg), тест-система «Эколюм». Отбор проб и проведение экотоксикологического анализа осуществляются в соответствии с методиками, внесёнными в Федеральный государственный реестр ФР.1.39. 2004. 01143, ФР. 1.31. 2003. 00734/735, ФР.1.39.2001.00283/ ФР. 1.39.2007.03222, ФР.1.39. 2001.00282/ ФР. 1.39.2007.03221, ФР.1.39. 2001.00284/ ФР. 1.39.2007.03223, ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.11-04/ 16.1:2.3:3.8-04.

В 2005 – 2008 гг. было исследовано более трёхсот проб природных вод. Анализ полученных результатов свидетельствуют об отсутствии острой токсичности природных поверхностных вод на территории ЗЗМ объекта «Марадыковский» и эвтрофирующем загрязнении р. Погиблица. Результаты тестирования природных подземных вод из наблюдательных скважин показали, что безвредными (не оказывающими острого токсического действия) были признаны 74,4 % исследованных проб. Приблизительно четверть проб, хотя и не обладают острым токсическим эффектом, но не могут быть признаны безвредными, что требует дополнительных исследований этих проб на наличие хронического токсического действия.

В период с 2005-го по 2008 г. было проанализировано более восьмисот водных вытяжек из почв, отобранных из двух верхних почвенных горизонтов на 150 точках сети систематического наблюдения. При биотестировании отдельно проводился анализ верх-

него почвенного горизонта (A_0) и гумусового горизонта (A_1). В точках, расположенных на территории агроценоза, анализировался пахотный горизонт (A_n). Экотоксикологический анализ водных вытяжек из почв показал, что 99% проб не обладают острым токсическим действием. Около 1% проанализированных проб целесообразно исследовать на наличие хронического токсического действия.

В 2006 – 2008 гг. было проведено биотестирование более шестидесяти проб донных отложений из водоёмов, находящихся в ЗЗМ объекта «Марадыковский». Анализ полученных результатов выявил отсутствие проб, обладающих высокой степенью токсичности. Безвредными, обладающими допустимой степенью токсичности, признаны 92% проб. Умеренной степенью токсичности обладают 8% исследованных проб. Это донные отложения из закрытых водоёмов (например, пруд на р. Погиблица, находящийся в пгт. Мирный на расстоянии 4 км от объекта) и пробы из небольших речек (например, р. Бражиха, протекающая на расстоянии 6 км от объекта).

Программа биологического мониторинга включает гидробиологические исследования поверхностных водных объектов. Гидробионты как индикаторы условий обитания представляют интерес для установления состояния водных экосистем и их изменений при антропогенном воздействии. Фауна макрозообентоса является надёжным индикатором долговременной трансформации водных биоценозов под влиянием техногенного загрязнения. Для оценки качества воды используется классический биоиндикационный метод Вудивисса, основанный на анализе индикаторных таксонов макрозообентоса. Обследуется 7 створов трёх водных объектов: р. Вятка, р. Большая Холуница, устье р. Погиблица. По результатам обработки проб зообентоса составлен фаунистический список, включающий 100 видов из 80 родов, 57 семейств, 24 отряда, 9 классов и 5 типов. Видовое богатство рек за период наблюдения с 2004 года по 2008 год увеличилось с 70 видов до 84. Выявлено большинство видов индикаторов, принадлежащих к β -мезосапробам, что является нормальным состоянием рек лесной зоны. Большее распространение α -мезосапробов, таких как малая ложноконская пиявка, водяной ослик по течению реки Вятка свидетельствует об увеличении в воде органических компонентов. Данные виды

высоко чувствительны к действию пестицидов, в том числе органической природы. Вследствие этого более широкое распространение данных организмов в окружающей среде свидетельствует об отсутствии к настоящему времени токсического загрязнения. По результатам биотического индекса Вудивисса и индекса Балушкиной наблюдаемые створы отнесены к классу чистых и умеренно загрязнённых вод. Полученные значения олигохетного индекса в устье р. Погиблица и в створе ст. 79 на р. Вятка свидетельствуют о низком уровне органического загрязнения на данных участках рек.

Мониторинг наземных экосистем, в том числе и слежение за состоянием популяций позвоночных животных, является составной частью системы биологического мониторинга на территории СЗЗ и ЗЗМ объекта «Марадыковский». Слежение за численностью популяций и видовым разнообразием животных проводится в течение всего года. Объектами исследования являются непромысловые и промысловые животные (птицы, бобры, выдры, норки, кроты, рыбы), в том числе краснокнижные виды. Наряду с численностью популяций и видовым составом исследуется асимметрия черепа у рыб и крота. Результаты обследования в 2006 – 2008 годах видовой состава позвоночных животных, плотности популяций видов, внесённых в программу экологического мониторинга территории СЗЗ и ЗЗМ объекта «Марадыковский», не выявляют значимых отличий, полученных при фоновом обследовании.

В ходе полевых исследований изучается состояние энтомофауны на территории санитарно-защитной зоны и зоны защитных мероприятий объекта «Марадыковский». Выявлено 170 видов насекомых. Впервые изучен видовой состав нескольких важных групп насекомых: галлообразователи и минеры, булавоусые, чешуекрылые и шмели. К наиболее информативным индикаторам антропогенного воздействия отнесены фитофаги: галлицы, хермесы и булавоусые чешуекрылые. Загрязняющие вещества, попадая в почву, аккумулируются растениями, и фитофаги первыми из животных испытывают на себе их воздействие. При умеренном воздействии повреждение фитофагами растений увеличивается в связи с ослаблением кормового растения. При более высоком уровне загрязнения численность фитофагов снижается. При оценке воздействия нами учитывается соотношение фитофагов и хищников, поскольку хищ-

ные насекомые более чувствительны к отдельным загрязнителям. Увеличение численности отдельных видов семейства Голубянки (Червец огненный), семейства Галлицы (Галлица розанная ивовая) и уменьшение численности видов семейства Настоящие пчелиные (Пчела медоносная, Шмель-чесальщик и Шмель малый земляной) отмечается при приближении к объекту уничтожения химического оружия.

В связи с этим включение в программу экологического контроля и мониторинга объектов хранения и уничтожения ХО методов отслеживания информативных биоиндикаторов и методов биотестирования позволяет оперативно, на ранних стадиях воздействия выявлять влияние биологически значимых антропогенных нагрузок на основе реакции на них живых организмов и их сообществ.

К настоящему времени для оценки окружающей среды используются различные классические методы биоиндикации и биотестирования, однако унифицированных методик по ГОСТу крайне мало. Создание системы экологического мониторинга ОУХО потребовало разработки новых и совершенствования существующих способов оценки качества её основных компонентов – биоты, почвы, воздуха, воды.

Включение в программу экологического контроля и мониторинга объектов хранения и уничтожения ХО методов отслеживания информативных биоиндикаторов и методов биотестирования позволит оперативно, на ранних стадиях воздействия выявлять влияние биологически значимых антропогенных нагрузок на живые организмы в районе влияния ОУХО. Ранняя биодиагностика состояния природного комплекса обеспечит принятие своевременных и необходимых мер по обеспечению безопасного уничтожения химического оружия.

Литература

1. Ашихмина Т.Я. Комплексный экологический мониторинг объектов хранения и уничтожения химического оружия. Киров: Вятка, 2002. 544 с.
2. Экологический мониторинг / Под редакцией Т.Я. Ашихминой Киров: Константа, 2005. 414 с.

3. Мониторинг природных сред и объектов / Под редакцией Т.Я. Ашихминой. Киров: Старая Вятка, 2006. 252 с.

4. Домрачева Л.И. «Цветение» почвы и закономерности его развития. Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 2005. 336 с.

5. Ашихмина Т.Я., Домрачева Л.И., Кондакова Л.В., Дабах Е.В., Кантор Г.Я., Калинин А.А., Варакина А.И., Огородникова С.Ю. Эколого-аналитический мониторинг антропогенно-нарушенных почв // Вестник Вятского государственного гуманитарного университета. 2000. № 2/99. С. 19-23.

6. Огородникова С.Ю., Головкин Т.К., Ашихмина Т.Я. Реакции растений на фосфорорганический ксенобиотик – метилфосфоновую кислоту. Сыктывкар, 2004. 24 (Научные доклады/ Коми научный центр УрО РАН; Вып. 464).

7. Ашихмина Т.Я. Научно-методическое обеспечение системы биологического мониторинга // Мониторинг природных экосистем в зонах защитных мероприятий объектов по уничтожению химического оружия: Матер. всерос. науч.-практ. конф. Пенза.: РИО ПГСХА, 2007. Ч. 1. С. 5-14.

8. Кочурова Т.И. Бентофауна р. Вятка и её притоков в зоне защитных мероприятий комплекса объектов хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский» // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. 2008. № 6 (128). С. 18-23.

9. Огородникова С.Ю., Скугорева С.Г., Олькова А.С. Оценка биологической активности почвы в зоне объекта уничтожения химического оружия «Марадыковский» // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН, 2008. № 6 (128). С. 23-26.

10. Кондакова Л.В., Домрачева Л.И., Дабах Е.В., Плетнева А.Ю. Принципы диагностики состояния почвы с использованием количественных характеристик альго-микологических комплексов // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. 2008. № 6 (128). С. 12-16.

11. Научно-методическое руководство по организации подсистемы биологического мониторинга природных сред и объектов в рамках государственного экологического контроля и мониторинга объектов хранения и уничтожения химического оружия / Под ред. Т.Я. Ашихминой. Киров.: ВятГГУ, 2006. 249 с.

12. Ашихмина Т.Я., Домрачева Л.И., Кондакова Л.В., Огородникова С.Ю., Кочурова Т.И., Кантор Г.Я. Биоиндикация и биотестирование природных сред как основа экологического контроля на территории зоны защитных мероприятий объекта по уничтожению химического оружия // Российский химический журнал. 2007. Т. LI. № 2. С. 59-63.

Ландшафтно-биогеоценотическая основа организации системы государственного экологического мониторинга объекта «Почеп»

© 2008. Н.В. Акименков, И.Н. Глазун, В.П. Иванов, С.И. Марченко, Д.И. Нартов

Региональный центр государственного экологического контроля
и мониторинга по Брянской области,
Брянская государственная инженерно-техническая академия,
e-mail: bgreen@online.debryansk.ru

В статье рассмотрены особенности организации системы государственного экологического мониторинга на территории Брянской области. Показаны основные методы биомониторинга, используемые в работе Регионального центра государственного экологического контроля и мониторинга по Брянской области.

Landscape-biogeocenotic characteristics of state ecologic monitoring system organization at Pochep in Bryansk region are given. The main biomonitoring methods used by the Regional state ecological control and monitoring centre in the Bryansk region are presented.

Ключевые слова: методы биомониторинга, биоиндикаторы,
ландшафтно-биогеоценотический подход

Последствиями негативного воздействия комплекса техногенных факторов являются деградация и разрушение природных экосистем. Негативное влияние на природу проявляется не всегда сразу, и поэтому возникает необходимость в разработке долгосрочных экологических программ наблюдения за состоянием окружающей среды. Для принятия правильных решений по её защите необходима своевременная квалифицированная оценка экологической ситуации, которая возможна только при анализе значительного числа компонентов. Частью программы контроля состояния окружающей среды в районах объектов повышенной техногенной опасности является мониторинг природных экосистем. Регулярно получаемые при этом реальные данные позволят оценить и дать прогнозную оценку возможного развития ситуации, проследить за изменениями в биогеоценозах, начиная с самых ранних стадий проявления воздействия техногенных факторов.

Экологическая ситуация на Брянщине в последнее время значительно осложнена различными формами антропогенного и техногенного воздействия на окружающую среду. К ним относятся: радиоактивное загрязнение природных экосистем после аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г., промышленная эмиссия крупных предприятий, выбросы автомобильного транспорта, несанкционированные свалки промышленно-бытовых отходов, лесные пожары, чрезмерная рекреация пригородных лесов и др. Предстоящее строительство и эксплуатация объекта уничтоже-

ния химического оружия (ОУХО) в Почепском районе Брянской области вызывает серьёзное беспокойство населения, поэтому создание системы государственного экологического мониторинга – один из ключевых моментов в решении проблемы безопасного уничтожения химического оружия.

Одно из направлений организации экологического мониторинга – математический подход при выборе места закладки площадок для проведения наблюдений методом рассеивания [1]. Точки наблюдения относительно равномерно расположены в пределах санитарно-защитной зоны (СЗЗ), в различных природных ландшафтах. Большое количество различных типов экосистем (лес, луг, агроценозы, болота, водоёмы, урбанизированные территории, нарушенные ландшафты и проч.), каждая из которых может характеризоваться большим разнообразием, значительно затрудняет процесс сопоставления получаемой информации и не позволяет всегда точно отслеживать биологические эффекты, вызванные воздействием комплекса антропогенных факторов.

Дополнение этого метода ландшафтными и биогеоценотическими подходами даёт возможность сравнивать изменения на объектах, заложенных в сходных условиях. Это позволит уменьшить количество пунктов наблюдений, одновременно увеличив количество фиксируемых признаков, что даст возможность получить более полную и достоверную информацию о состоянии окружающей природной среды.

Лесные экосистемы – неотъемлемая составная часть биосферы, они выполняют важные климаторегулирующие, средообразующие и социальные функции. Нельзя утверждать, что отсутствие выбросов фосфорорганических соединений в результате эксплуатации объекта или их наличие в пределах ПДВ не окажет негативного влияния на состояние существующих природных экосистем. Стационарные объекты Брянской государственной инженерно-технологической академии (БГИТА), заложенные в районе хранения и предполагаемой переработки химического оружия в однородных лесорастительных условиях, дают ценную информацию о состоянии различных компонентов существующих экосистем.

Работы, связанные со строительством и эксплуатацией объекта УХО, неизбежно приведут к изменениям окружающей природной среды. Вырубка леса на значительной площади, подводящие дороги и коммуникации, строительство, эксплуатация объекта, хранение реакционной массы, скопление большого количества людей при строительстве приведут к изменениям гидрологического режима территории, загрязнению лесных экосистем, вплоть до их деградации и разрушения.

Стационарные пробные площади (СПП) заложены в наиболее характерных лесных насаждениях в зоне воздействия объекта и в чистой (фоновой) зоне в идентичных насаждениях для контроля, где с определённой периодичностью осуществляется сбор информации, характеризующей текущее состояние динамически развивающихся экосистем. Апробация и внедрение методики выполнены в районе арсенала химического оружия (объект «Долина», Брянская область) [2], объекта по утилизации железнодорожных мобильных пусковых установок (РЗ 85).

Ландшафтно-биогеоценотический подход дополняет систему государственного экологического контроля и мониторинга (ГЭКМ), т. к. включает три крупные подсистемы: мониторинг растительности, мониторинг зооценоза, мониторинг почвенного покрова.

Биоиндикаторами контроля состояния окружающей природной среды выбраны основные компоненты лесных сообществ: древостой сосны обыкновенной, ели европейской, дуба черешчатого; подрост; живой напочвенный покров; эпифитные лишайники; репродуктивные органы растений (пыльца, семена); почва; почвенная мезофауна; млекопитающие; орнитофауна. Работы выполняются с использованием методик ГОСТа, приня-

тых при почвенных, таксационных, ландшафтных, лесопатологических оценках лесных насаждений. Достоверность материалов полевых исследований подтверждается использованием современного математического аппарата при их обработке. При характеристике древесной растительности использовалась шкала категорий состояния хвойных и лиственных деревьев [3]. При изучении растительного покрова определяются: видовой состав, проективное покрытие и продуктивность как индикаторы уровня антропогенной нагрузки на природную среду.

Метод произвольного рассеивания точек наблюдения в СЗЗ должен обеспечивать достоверность информативного материала. Не исключено, что точки на периферии СЗЗ могут испытывать более сильное влияние каких-либо негативных факторов. Необходимо установить параметры сравнительного анализа в точках наблюдения. В этом плане ландшафтно-биогеоценотический подход подразумевает более взвешенный выбор площадок наблюдения, где будет практически исключён или сведён к минимуму фактор постороннего негативного влияния. Сравнение природных компонентов агроценозов, луга, леса, водоёмов может дать полную картину изменения природной среды, которую дополнит мониторинг почвенного покрова на СПП и учётных площадках (рис. 1).

Для анализа динамики радиального прироста деревьев в зависимости от климатических и техногенных факторов предлагается использовать дендрохронологический метод Т. Битвинскаса [4]. Важным диагностическим показателем являются эпифитные лишайники, работа с которыми проводится на СПП.

Одним из новых методов биотестирования является использование показателей флуктуирующей асимметрии листьев берёзы повислой в соответствии с методикой [5]. Полученные в 2005 году данные позволяют оценить экологическую ситуацию по показателям стабильности развития берёзы повислой как неблагоприятную. Варьирование показателя флуктуирующей асимметрии листьев берёзы повислой по всей исследованной выборочной совокупности довольно значительно: $0,0043 - 0,1774$ (рис. 2). Результаты статистической обработки большой выборочной совокупности следующие: основное отклонение – $0,0261 \pm 0,0004$; среднеарифметическая величина – $0,0520 \pm 0,0006$; коэффициент изменчивости – $50,56 \pm 0,93\%$; асимметрия вариационного ряда – $1,1762 \pm 0,0566$; критерий дос-

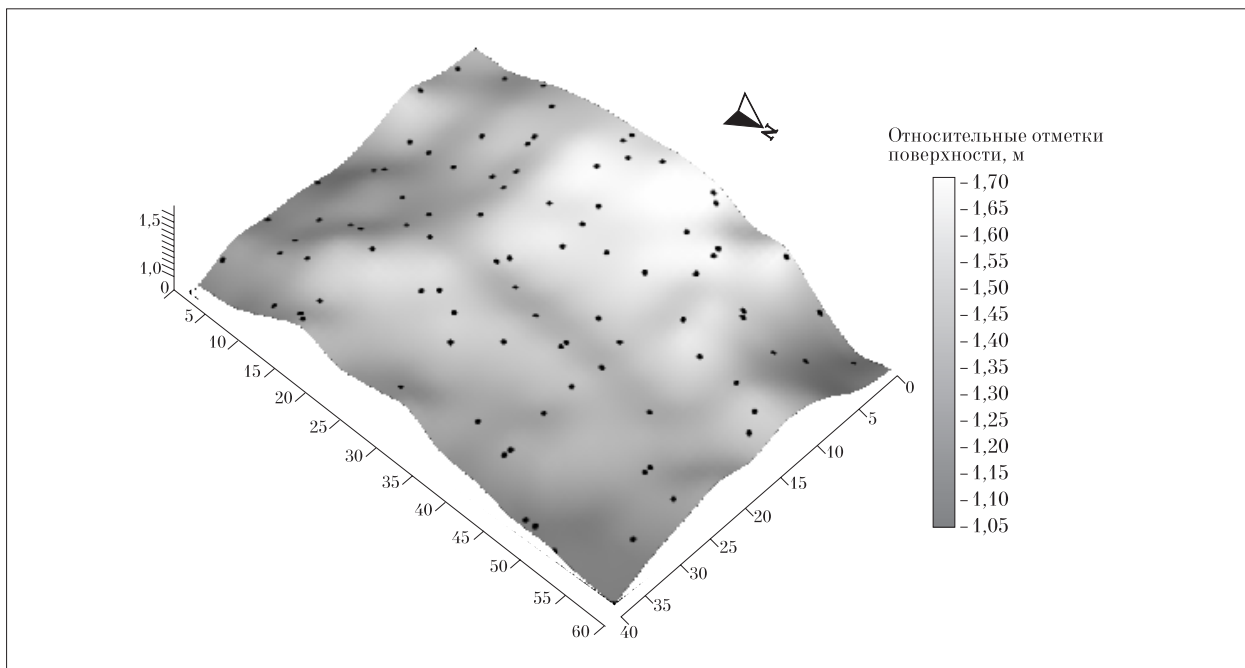


Рис. 1. Модель размещения деревьев с учётом рельефа на СПП

товерности асимметрии ряда – 20,77; эксцесс вариационного ряда – $1,9862 \pm 0,1133$; критерий достоверности эксцесса – 17,54; точность опыта – 1,17%.

По пятибалльной шкале оценки отклонений состояния организма от условной нормы интегрального показателя стабильности развития берёзы повислой [6] полученные данные могут характеризоваться как предкризисные и кризисные (значения соответствуют IV и V баллам шкалы оценки).

При камеральной обработке полевых материалов использованы стандартные и оригинальные программы обработки данных, статистического и регрессионного анализов, широко использовались выборочные, сравнительные методы анализа и методы графического представления полученных данных.

Физико-химические методы исследования состояния окружающей природной среды по принципу рассеянных точек прошли опробование в однородных степных ландшафтах Саратовской (пос. Горный) и Курганской (пос. Щучье) областях, но в условиях более сложных по структуре лесных ландшафтов Почепского района их целесообразно дополнить исследованиями на стационарных пробных площадях. Физико-химические методы не в полной мере отражают возможные изменения физиологического состояния растений и животных, так как в большей степени ориентированы на количественную оценку загрязнения природной среды химическими соединениями.

Лесные насаждения характеризуются долговечностью, устойчивостью, относительным постоянством межкомпонентных связей. Изучение древесных растений – многолетних организмов позволяет получать ретроспективную информацию (при использовании дендрохронологического метода), фиксировать текущее состояние (кумулятивные эффекты хронического загрязнения биоты), даёт возможность прогноза состояния лесов. Получение достоверной информации об изменении компонентов биогеоценозов различных уровней организации живой материи (от клеточного до экосистемного) в различных природных экосистемах позволяет на ранних стадиях выявлять возможные процессы деградации эко-



Рис. 2. Вариационный ряд величины флуктуирующей асимметрии в районе предполагаемого строительства ОУХО (2005 г.)

систем и оперативно влиять на экологическую ситуацию.

Считаем весьма целесообразным систему государственного экологического контроля и мониторинга в СЗЗ объекта УХО в Почепском районе Брянской области дополнить исследованиями на стационарных пробных площадях с учетом ландшафтных особенностей региона.

Система биологического мониторинга позволит проводить постоянный контроль экологической обстановки и принимать своевременные правильные решения при негативных изменениях. Регулярные наблюдения, сравнение полученных данных с аналогичными материалами в фоновой зоне помогут выявить направленность экологических процессов, дадут возможность прогноза экологической ситуации и разработки соответствующих рекомендаций по стабилизации и реабилитации природного комплекса.

Литература

1. Чупис В.Н., Растегаев О.Ю., Капашин В.П., Федотов С.А., Кондаков И.А. Система государственного экологического контроля и мониторинга объектов по хранению химического оружия и объектов по уничтожению химического оружия (структура, функциональные возможности, опыт эксплуатации) / Федеральные и региональные проблемы уничтожения химического оружия. Вып. 5. 2005 г. С. 25-31.
2. Экологическое состояние природных систем в зоне арсенала химического оружия «Долина» (Почепский район Брянской области) / Под ред. В.П. Иванова. М.: Агентство Ракурс Продакшн, 2003. 36 с.
3. Санитарные правила в лесах Российской Федерации. М., 1997. 16 с.
4. Битвинскас Т.Т. Дендроклиматические исследования. Л.: Гидрометеоиздат, 1974. 172 с.
5. Захаров В.М. и др. Здоровье среды: методика оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000. 68 с.
6. Программа и методика биогеоэкологических исследований. М.: Наука, 1975. 176 с.

УДК 574.24:351.777.61

Оценка экотоксичности специфических загрязняющих веществ по изменению биохимических показателей живых организмов

© 2008. О.М. Плотникова, А.М. Корепин, И.В. Дуплякина, Н.Н. Матвеев
Региональный центр по ОУХО Щучанского района Курганской области,
e-mail: kurgan-rc@yandex.ru

В статье изложены основные подходы к организации в РЦ по ОУХО Щучанского района экотоксикологического мониторинга компонентов природной среды СЗЗ и ЗЗМ ОУХО по изменению показателей общей и неспецифической резистентности живых организмов с использованием мышей как биоиндикационных тест-объектов. Представлены некоторые результаты по влиянию метилфосфоновой кислоты на показатели перекисного окисления липидов, на содержание общих белков в сыворотке крови и гликогена в мышцах и печени лабораторных мышей.

The article deals with the basic approaches to the RC organization of ecological monitoring of natural environment components in accordance with the changes in general and non-specific resistance characteristics of living organisms (mice as bioindication objects) in sanitary zone and in safety measures zone of the CWDO in Shchuchansky area. Some results are presented that show methylphosphon acid influence on lipids peroxide oxidations parameters, as well as on the general proteins content in blood serum and glycogen content in muscles and liver of laboratory mice.

Ключевые слова: экотоксикологический мониторинг, общая и неспецифическая резистентность, тест-объекты

Для всех опасных химических производств и загрязнённых территорий независимо от их места нахождения важнейшим является разработка оперативных методов оценки токсического влияния загрязняющих веществ (поллютантов) на живые организмы с целью своевременного принятия мер по реабилитации загрязнённых территорий.

Оценка экотоксичности специфических загрязняющих веществ (ЗВ), загрязнённых

компонентов природных сред, продуктов детоксикации, дегазирующих составов, битумных масс, сельскохозяйственной продукции, выращиваемой в зоне возможного влияния объектов УХО особо актуальна для зон защитных мероприятий объектов хранения и уничтожения химического оружия (УХО) в том числе для Щучанского района Курганской области, где расположен арсенал хранения с фосфорорганическими отравляющими веществами (ФОВ).

В настоящее время контроль качества окружающей среды проводится химико-аналитическими методами, позволяющими определять индивидуальные вещества при довольно высоких концентрациях методами биотестирования, констатирующие лишь факт биотоксичности, и методами биоиндикации. Эти методы не отвечают на вопрос: каково же воздействие на живые системы комплекса ЗВ на молекулярном уровне. Среди разнообразных ЗВ наибольшее непредвиденное влияние на живые организмы могут оказывать нехарактерные для биосферы вещества-ксенобиотики, которые образуются при детоксикации ФОВ и могут появляться в природной среде. Действие специфических продуктов детоксикации ФОВ и веществ дегазирующих составов на теплокровные живые организмы изучено недостаточно.

В Региональном центре по ОУХО Щучанского района Курганской области ведётся работа по внедрению Программы экотоксикологического мониторинга на территориях санитарно-защитных зон (СЗЗ) и зон защитных мероприятий (ЗЗМ) объектов хранения химического оружия (ХХО) и уничтожения химического оружия (УХО) в рамках государственного экологического мониторинга по показателям (гематологическим и биохимическим) общей и неспецифической резистентности организма лабораторных мышей. Программой предусматривается организация системы регулярных длительных наблюдений за животным миром в районах ОУХО Российской Федерации в период работы объектов УХО, так и в постэксплуатационный период с целью оценки состояния окружающей природной среды вокруг объектов ХХО и УХО, позволяющей прогнозировать на будущее изменение её параметров, имеющих особенное значение для человека.

Экотоксикологический мониторинг является важнейшей составной частью экологического мониторинга компонентов окружающей природной среды. Экотоксикологический мониторинг – это система наблюдений за поведением токсикантов в окружающей среде, оценки токсичности различных соединений с определением той дозы вредного вещества, которая способна нанести ущерб здоровью, для составления прогнозов, проведения природоохранных мер и обеспечения экологической безопасности.

Методы экотоксикологического мониторинга основываются на исследовании реакции отдельных живых организмов в ответ на

воздействие токсикантов. В настоящее время в лаборатории биотестирования Регионального центра в качестве биотестов используются водоросли, бактерии, простейшие гидробионты (инфузории), ракообразные (дафнии). Проводится работа по изучению биохимических показателей широко распространённых в озёрах Курганской области озёрного бокоплава и карася золотого в ответ на воздействие специфических ЗВ. Особое место среди возможных для использования в качестве тест-объектов занимают теплокровные животные – мыши, изучая гематологические и биохимические показатели которых можно получить результаты, наиболее точно отражающие воздействие загрязнения окружающей среды на человека по причине схожести физиологии и биохимии этих животных и человека. Современными, надёжными, оперативными и достаточно простыми методами оценки загрязнения природной среды и токсичности продуктов деструкции химических отравляющих веществ ОУХО могут стать новые в экологическом мониторинге методы, основанные на измерении показателей общей и неспецифической резистентности организма (гематологических и биохимических) лабораторных животных (мышей и крыс). Среди них особую значимость имеют показатели антиоксидантной системы – перекисного окисления белков и липидов, показатели энергетического обмена, показатели белковообразующей и выделительной функции печени и почек, показатели иммунной системы. Важнейшими аргументами в пользу этих методов являются: а) по биохимическим показателям можно выявить экологические нарушения при самых низких уровнях загрязнения, когда ещё нет серьёзной опасности для здоровья населения; б) скорость размножения и процессы метаболизма у мышей и крыс в десятки раз выше, чем у человека. Это позволит делать достаточно быстро достоверные долгосрочные прогнозы по влиянию загрязняющих веществ в системах «доза – ответная реакция», «токсикант – живой организм – окружающая среда» с целью проведения своевременных природоохранных мер для предотвращения дальнейшего поступления загрязнителей в окружающую природную среду, чтобы не допустить необратимых изменений в экосистемах и ущерба здоровью человека.

Таким образом, экотоксикологический мониторинг компонентов природной среды СЗЗ и ЗЗМ ОУХО по изменению показателей общей и неспецифической резистентности

живых организмов с использованием мышей как биоиндикационных тест-объектов должен обеспечить наблюдение за экологическим состоянием объектов животного мира в зоне проведения мониторинга; оценку токсичности загрязнённых компонентов природных сред на территории зоны возможного влияния объекта; оценку токсичности отходов объекта УХО; сопоставление результатов экотоксикологического анализа и данных биологических наблюдений и химико-аналитического мониторинга; оценку и прогноз изменений состояния природной среды под влиянием воздействующих факторов; выявление наличия либо отсутствия связи обнаруженных отклонений с производственной деятельностью ОУХО; прогноз развития экологической ситуации.

При выборе биохимических показателей биологического и экотоксикологического мониторинга учитывали их универсальность, информативность и адекватность характеру антропогенного воздействия.

В настоящее время для характеристики антиоксидантной системы, показателей энергетического обмена, показателей белковообразующей функции печени нами изучается влияние такого ксенобиотика, как метилфосфоновая кислота (МФК).

Объектами исследования служат лабораторные белые мыши линии СВА в возрасте 2 месяцев массой 25 – 30 граммов. Животные содержатся в клетках в оптимальных условиях жизни, при свободном доступе к воде и пище (рис. 1). При проведении всех исследований мыши делятся на 4 группы: контрольные группы самцов и самок и опытные группы самцов и самок с интоксикацией



Рис. 1. Аквариумы с лабораторными мышами линии СВА в отделе экспериментальных животных лаборатории биомониторинга РЦ по ОУХО

МФК. В состав каждой из контрольных и опытных групп входит по 10 – 15 особей лабораторных мышей на каждый изучаемый показатель.

Результаты исследований обрабатываются с применением непараметрических методов статистики для малых выборок с принятием вероятности равной 0,05. Достоверность различий между несвязанными выборками определяются критерием Вилкоксона для независимых выборок.

Интоксикация проводится путём инъекций мышам подкожно физиологического раствора метилфосфоновой кислоты. Исследования начаты от уровня терапевтических доз, т. е. от концентраций МФК 1 – 2 мг/кг (10^{-5} моль/кг) массы животного. Забор исследуемого материала (кровь, печень, мышцы) производится после эвтаназии декапитацией через 72 часа после интоксикации раствором метилфосфоновой кислоты.

В работе было изучено влияние метилфосфоновой кислоты на некоторые показатели углеводного, липидного и белкового обмена у лабораторных мышей в зависимости от времени после введения МФК как токсиканта. Забор исследуемого материала производился через 12, 24, 48 и 72 часа после интоксикации раствором МФК. В результате проведённой работы было найдено, что наиболее значимые и достоверные изменения биохимических показателей наблюдаются через 48 и 72 часа после интоксикации.

В этой статье приводятся данные по изменению общего белка в сыворотке крови, данные по изменению общих липидов, диеновых конъюгатов и активности супероксиддисмутазы, а также данные по изменению содержания гликогена в печени и мышцах контрольных и опытных групп лабораторных мышей.

Общий белок в сыворотке крови лабораторных мышей может изменяться при многих патологических процессах, а также при различных видах внешних воздействий, в том числе при влиянии МФК как поллютанта.

Содержание общего белка, как сумму альбуминов и глобулинов в сыворотке крови, определяли фотометрически при 540 нм по интенсивности окраски фиолетового комплекса белка с ионами меди (биуретовый метод).

Анализ полученных результатов по содержанию общего белка в сыворотке крови в контрольных и опытных группах самцов и самок через 12, 24, 48 и 72 часа после интоксика-

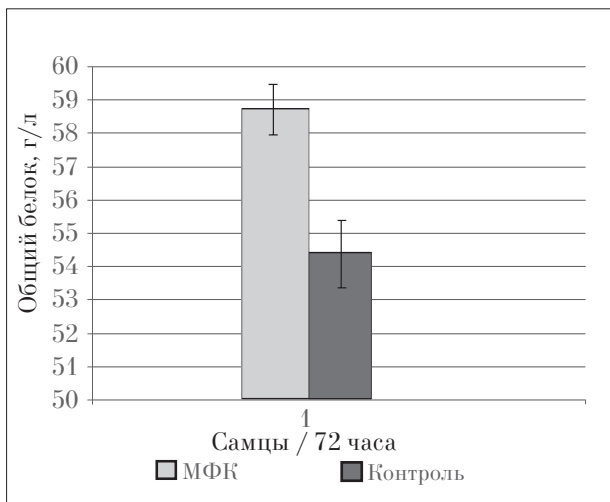


Рис. 2. Содержание общего белка в сыворотке крови в контрольных и опытных группах самцов

ции раствором МФК показал, что наиболее достоверные различия по содержанию общего белка в сыворотке крови в контрольных и опытных группах как самцов, так и самок наблюдаются через 72 часа после введения МФК (рис. 2, 3).

Из диаграмм на рис. 2 и 3 видно, что в опытных группах как самцов, так и самок наблюдается увеличение содержания общего белка в сыворотке крови по истечении 72 часов после интоксикации: у самцов на 8,5% (59,0 г/л и 54,4 г/л в опытной и контрольной группах соответственно); у самок на 21,7% (73 г/л и 59,8 г/л в опытной и контрольной группах соответственно).

Таким образом, при интоксикации МФК происходит достоверное увеличение содержания общего белка в сыворотке крови в опытных группах самцов и самок через 72 часа после интоксикации.

Гликоген печени и мышц имеет огромную значимость для энергетической системы животных. Гликоген печени является основным полисахаридом для депонирования избытка глюкозы и как источник глюкозы, поступающей через кровь во все ткани; гликоген мышц – источник глюкозы для производства энергии АТФ путём гликолиза для сокращения мышц.

При количественном определении гликогена исследуемую пробу подвергали щелочному гидролизу и далее для печени использовали полученный гидролизат, а при анализе мышечной ткани гликоген дополнительно концентрировали осаждением этанолом. Содержание гликогена определяли фотометрическим методом с антроновым реактивом.

По содержанию гликогена в печени лабораторных мышей выяснено, что содержание

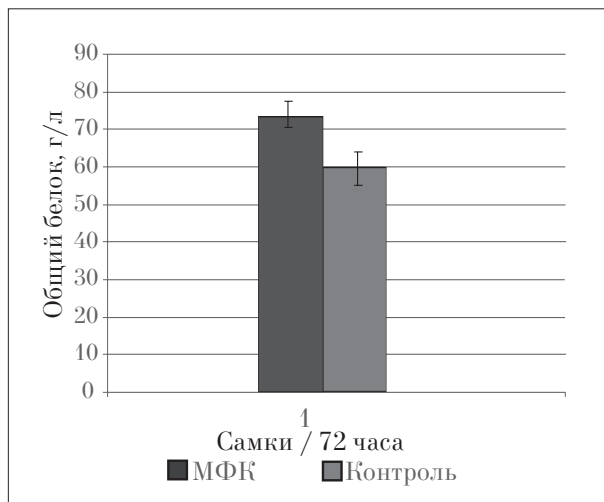


Рис. 3. Содержание общего белка в сыворотке крови в контрольных и опытных группах самок

гликогена в печени самок выше содержания гликогена в печени самцов; содержание гликогена в печени мышей после интоксикации МФК достоверно снижается на 31% у самок и на 14% у самцов (рис. 4).

В мышцах мышей содержание гликогена также достоверно изменяется: содержание гликогена в мышцах самок ниже содержания гликогена в мышцах самцов; содержание гликогена в мышцах достоверно понижается на 75% у самок и на 76% у самцов после интоксикации МФК (рис. 5).

Таким образом, при моделировании интоксикации МФК содержание гликогена в мышцах мышей изменяется сильнее, чем содержание гликогена в печени. При этом содержание гликогена в печени сильнее изменяется у самок, чем у самцов, а в мышцах содержание гликогена изменяется примерно одинаково как у самок, так и у самцов. Уменьшение гликогена в печени и мышцах в ответ на введение МФК показывает, что живой организм затрачивает достаточно энергии для утилизации и(или) вывода токсиканта из организма животного для сохранения в целостности механизмов биоэнергетики.

Активация свободнорадикального перекисного окисления липидов (ПОЛ) может происходить при действии на живые организмы фосфонатов, содержащих малополярную С-Р связь, которая может разрываться по радикальному типу. В качестве показателей перекисного окисления липидов (ПОЛ) в работе определяли общие липиды, диеновые конъюгаты (ДК), малоновый диальдегид (МДА), отклик антиоксидантной системы оценивали по активности супероксиддисмутазы (СОД).

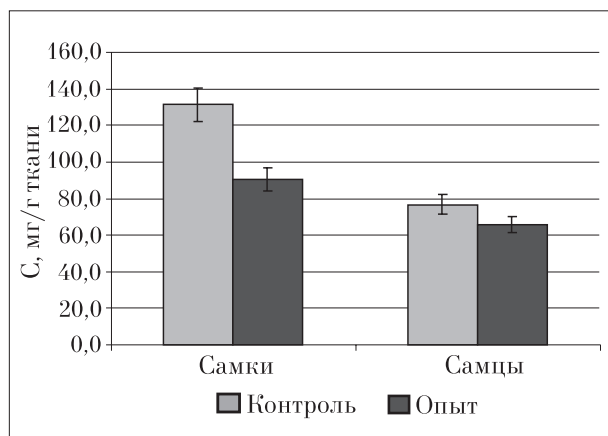


Рис. 4. Содержание гликогена в печени мышей линии СВА

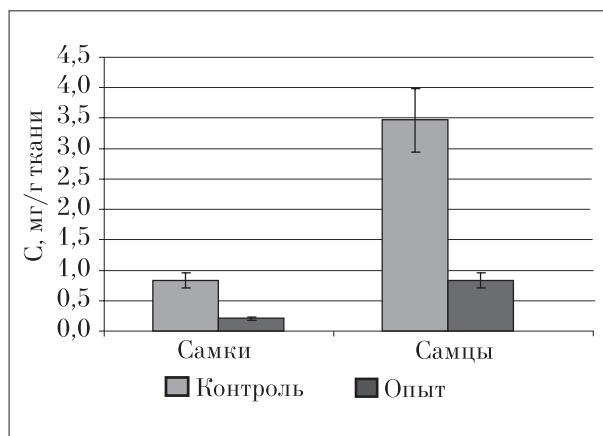


Рис. 5. Содержание гликогена в мышцах мышей линии СВА

Содержание общих липидов в сыворотке крови определяли сульфофосфванилиновым методом с использованием набора реактивов фирмы BioLaTest. Диеновые конъюгаты после экстракции из сыворотки крови определяли по измерению интенсивности поглощения в области 232 нм, обусловленной конъюгированными диеновыми структурами, возникающими при образовании гидроперекисей полиненасыщенных жирных кислот. Малоновый диальдегид определяли по реакции с тиобарбитуровой кислотой, с последующей фотометрией при 532 нм. Активность СОД определяли спектрофотометрически по ингибированию реакции восстановления тетранитротетразолиевого синего до формазана образующимися супероксидными радикалами (мкМ НСТ $1E+9$ эр/мин).

Установлено, что у самцов интоксикация МФК вызывает наибольшие нарушения. Так, содержание общих липидов в сыворотке крови в опытной группе самцов на 84% выше, чем

в контрольной, что составляет около 2,9 г/л против 1,6 г/л; а у самок в опытной группе наблюдается снижение содержания общих липидов на 18% относительно контроля. Диеновые конъюгаты как первичные продукты ПОЛ в сыворотке крови самцов определены только в контрольных группах, а в опытной группе ДК обнаруживаются только в следовых количествах и достоверно не определяются прибором. Количество МДА у самцов в опытной группе на 15% ниже, а у самок на 34% ниже, чем в контрольной группе. Активность СОД в эритроцитах самцов и самок опытных групп достоверно выше контрольных на 25% и 29% соответственно, что показано на рис. 6 и 7. Изменение активности СОД можно, видимо, рекомендовать для оценки влияния МФК на процессы перекисного окисления липидов как у самцов, так и у самок.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что метилфосфоновая

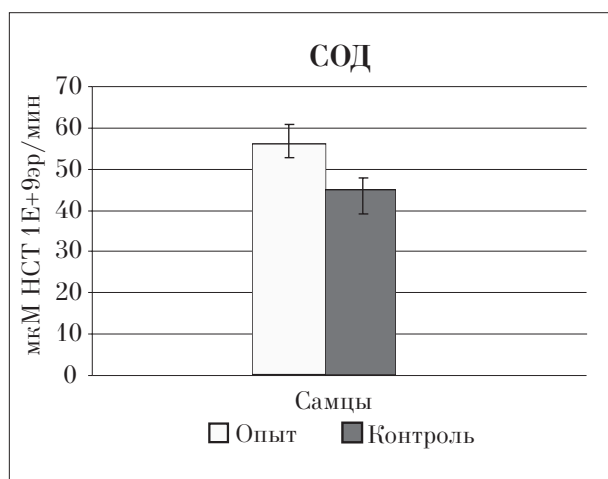


Рис. 6. Изменение активности супероксиддисмутазы в сыворотке крови самцов (мкМ НСТ $1E+9$ эр/мин)

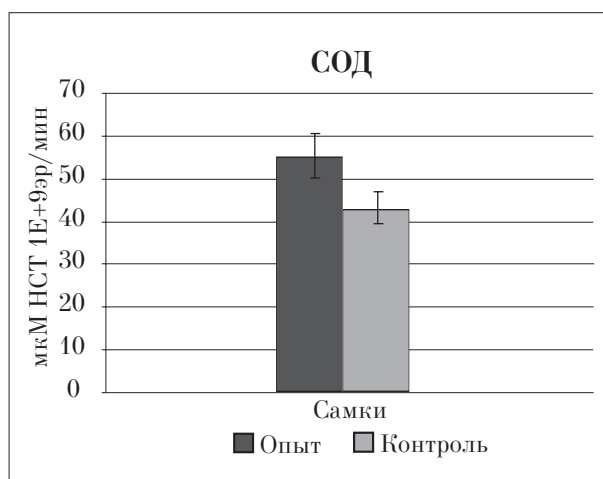


Рис. 7. Изменение активности супероксиддисмутазы в сыворотке крови самок (мкМ НСТ $1E+9$ эр/мин)

кислота влияет на процессы обмена веществ теплокровных животных, не приводя к необратимым изменениям в метаболизме.

Литература

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

2. Векслер Б.М. Характеристика системы перекисного окисления липидов крови в семьях больных ишемической болезнью сердца. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб. 1995. 18 с.

3. Гублер Е.В., Генкин А.А. Применение непараметрических критериев статистики в медико-биологических исследованиях. Ленинград: Медицина, 1973. 141 с.

4. Давыдов В.В. Особенности свободнорадикальных процессов в печени взрослых и старых крыс при стрессе // Бюллетень эксперим. биологии и медицины. 2004. Т. 137. № 2. С. 160-163.

5. Кононова С.В., Несмеянова М.А. Фосфонаты и их деградация микроорганизмами // Биохимия. 2002. Т. 67. № 2. С. 220-233.

7. Современные методы в биохимии / Под ред. В.Н. Ореховича. М.: Медицина, 1977. 379 с.

УДК 623.459.8.006.014

Зообентос в системе мониторинга поверхностных водных объектов в ЗЗМ ОУХО «Марадыковский»

© 2008. Т.И. Кочурова

Региональный центр государственного экологического контроля и мониторинга по Кировской области,
e-mail: ecolab@vshu.kirov.ru

Изложены результаты исследования зообентоса рек Вятки и Погиблицы в зоне защитных мероприятий объекта уничтожения химического оружия «Марадыковский». Приведены основные характеристики структуры бентосных сообществ (количество видов, численность, биомасса). Дана биоиндикационная оценка качества воды исследуемых рек.

The article shows the results of zoobenthos investigation of the Rivers Vyatka and Pogiblitza within the safety measures zone «Maradykovsky». The main characteristics of benthos communities structures (species number, quantity, biomass). Bioindication estimation of the rivers is presented.

Ключевые слова: биомониторинг, зообентос, структура бентосных сообществ

Программой комплексного экологического мониторинга в зоне защитных мероприятий объекта по уничтожению химического оружия «Марадыковский» (ЗЗМ ОУХО «Марадыковский») предусмотрено проведение гидробиологических исследований поверхностных водных объектов. По мнению специалистов, надёжными индикаторами качества воды и грунта служат организмы зообентоса – водные беспозвоночные, обитающие на дне водоёма и в придонном слое воды [1, 2].

При контроле качества поверхностных вод по зообентосу проводится структурный анализ сообществ донных беспозвоночных. Их состав относительно постоянен, пока находится в условиях, в которых сформировался. В достаточно чистых водах сообщества характеризуются высоким видовым разнообразием. В условиях антропогенной нагрузки

выпадают группы животных, наиболее чувствительные к загрязняющим веществам. Происходит изменение видового состава биоценозов, иногда катастрофическое, приводящее к замене его другим сообществом. Анализ структуры данных сообществ позволяет получить интегративную оценку загрязнения рек и озёр, выявить отклик водных экосистем на техногенное воздействие [1].

Зообентос водоёмов, попадающих в ЗЗМ ОУХО «Марадыковский», изучается с 2004 г. Исследования проводятся на 13 водных объектах: 60-километровый участок реки Вятки от д. Тиваненки Оричевского района до д. Шестаковы Котельничского р-на, её притоки первого порядка – реки Молома, Большая Холуница, Погиблица, Истобница, притоки второго порядка – реки Берёзовка, Холуница, Пыча, Низяна; Карповые озёра, ста-

ричное озеро Куприха, карстово-суффозионное озеро Лопатинское – памятник природы Кировской области, а также крупный искусственный водоём – пруд на р. Погиблицы у пгт. Мирный. Для получения гидробиологической информации на этих водоёмах в соответствии с единой схемой комплексного экологического мониторинга заложено 32 станции, на каждой из которых выполнен комплекс гидрологических, гидрохимических и гидробиологических исследований.

В данной статье в основном представлены результаты наблюдений 2007 г. Материалом послужили 16 количественных и 8 качественных проб зообентоса, отобранные на восьми станциях сети систематического наблюдения. На участке р. Вятки, попадающем в ЗЗМ ОУХО, было заложено шесть станций, которые при движении вниз по течению располагались следующим образом: ст. 128 – самая верхняя (фоновая), ст. ЗМИ (зона международной инспекции) – ниже устья р. Большой Холуницы, ст. 66 – выше устья р. Погиблицы, ст. 79 – ниже устья р. Погиблицы, ст. 122 – ниже слияния старого и основного русел р. Вятки, ст. 146 – самая нижняя (контрольная). Две станции были заложены на р. Погиблицы, являющейся водоприемником хозяйственно-бытовых стоков с очистных сооружений воинской части и пгт. Мирный:

ст. 159-1 располагалась выше выпуска сточных вод, а ст. 66-1 – в устье реки, ниже выпуска сточных вод (рис. 1). Нумерация станций дана в соответствии с единой схемой комплексного мониторинга территории ЗЗМ.

Донные отложения исследуемых рек в основном представлены песками с разной степенью заиления. На станциях 128 и 146 преобладали каменисто-песчаные грунты. Пробы зообентоса отбирались ежегодно в августе-сентябре, в период наиболее активного функционирования донных биоценозов. Отбор проб проводили гидробиологическим скребком и штанговым трубчатым дночерпателем Мордухай-Болтовского по стандартным методикам [1, 2]. На каждой станции отбирали по 2 количественных и 1 качественной пробе. Далее их промывали с помощью сита из мельничного газа № 23 и фиксировали 4%ным формалином. В зависимости от таксономической группы беспозвоночных определяли до вида, рода, семейства, отряда или класса. Использовали микроскопы МБС-10 и Микмед-1 и определители [3, 4]. Представителей отрядов Odonata, Ephemeroptera, Plecoptera и Trichoptera определяли до вида.

В ходе камеральной обработки проб устанавливали следующие структурные характеристики зообентоса: число видов, численность

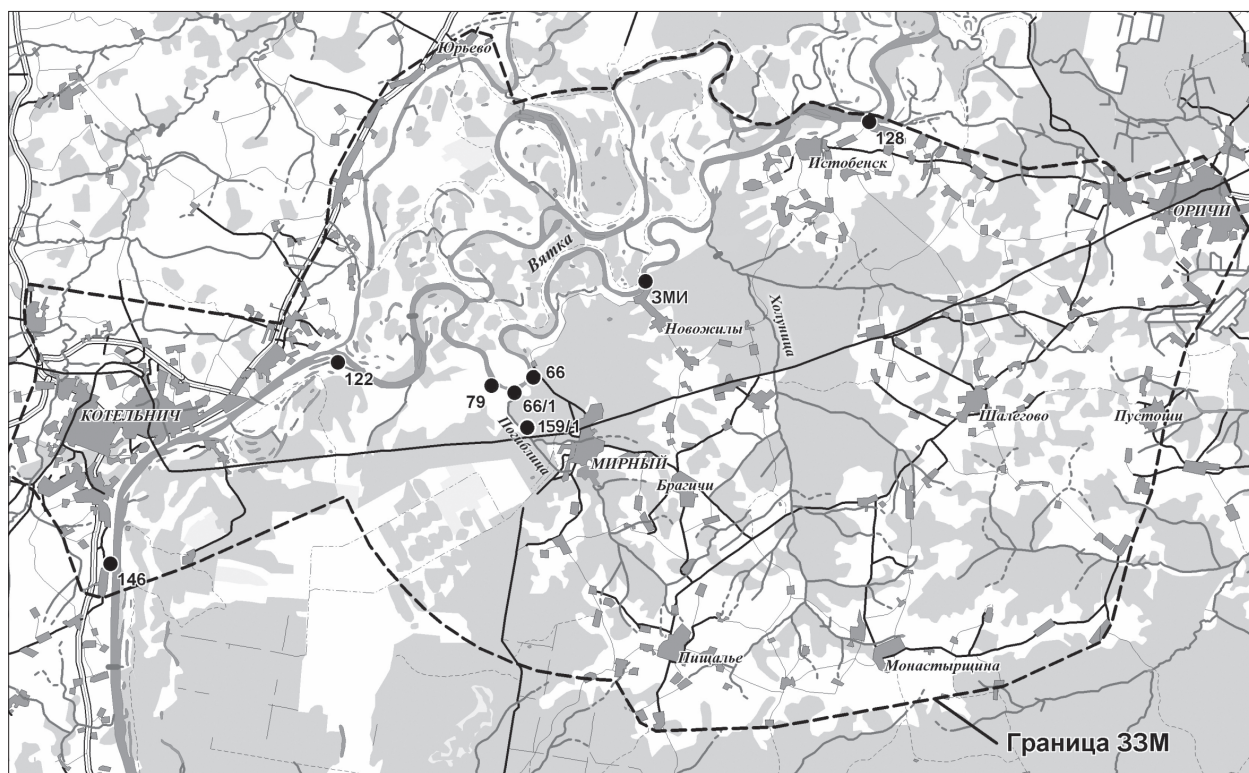


Рис.1. Расположение станций отбора проб зообентоса в ЗЗМ ОУХО «Марадыковский»

(N, тыс. экз./м²), биомасса (B, г/м²), численность и биомасса основных групп зообентоса, биотический индекс Вудивисса [1, 5, 6], индекс Гуднайта и Уитлея (или олигохетный индекс) [1, 6, 7], индекс Балужкиной [2, 8], индекс Шеннона [7].

В составе зообентоса обнаружена 21 систематическая группа: гидры (Hydrida), нематоды (Nematoda), малощетинковые черви (Oligochaeta), пиявки (Hirudinea), двустворчатые и брюхоногие моллюски (Mollusca), клadoцеры (Cladocera), копеподы (Copepoda), ракушковые (Ostracoda) и равноногие (Isopoda) раки, водяные клещи (Hydrachnidia), водяные клопы (Heteroptera), ногохвостки (Collembola), личинки стрекоз (Odonata), веснянок (Plecoptera), подёнок (Ephemeroptera), жуков (Coleoptera), ручейников (Trichoptera), хирономид (Chironomidae), мокрецов (Serpatorogonidae), мошек (Simuliidae) и других двукрылых (Diptera).

На всех участках встречены олигохеты и личинки хирономид. Широкое распространение имели представители рачкового комплекса (остракоды, копеподы, клadoцеры). Их обитание не установлено лишь на ст. 66 р. Вятки. На всех станциях, за исключением устья р. Погиблицы (ст. 66-1), встречены водяные клещи, личинки подёнки рода *Heptagenia*, личинки ручейника *Neureclipsis bimaculata* L., 1758. Высокая встречаемость отмечена для клопов из сем. Corixidae.

На обследованной территории установлено обитание 82 видов донных беспозвоночных, относящихся к 68 родам, 48 семействам, 24 отрядам, 9 классам и 5 типам. Число видов в общих точках наблюдения (ст. 128, 79, 122, 66-1, 146) в сравнении с предшествующими годами несколько возросло: в 2005-м отмечалось 66 видов, в 2006-м – 70, в 2007-м – 74.

Качественные изменения видового состава проявились в увеличении числа видов ручейников на каменистых грунтах фоновой и контрольной станций р. Вятки. Среди вновь выявленных в 2007 г. беспозвоночных – два вида

и два рода ручейников (*Cheumatopsyche lepida* F.J. Pictet, 1934, *Hydropsyche bulgaromanorum* Malicky, 1977, *Hydroptila* sp. и *Orthotrichia* sp.), по одному виду подёнок (*Baetis atrebatinus* Eaton, 1870) и стрекоз (*Gomphus vulgaticissimus* L., 1758).

Встречено 17 видов – индикаторов сапробности, из них на долю олиго- и β-мезосапробов приходилось 53%. Качественный состав видов-индикаторов во многом сходен с предыдущим годом, за исключением устья р. Погиблицы (ст. 66-1), где отмечено массовое размножение полисапробного вида *Tubifex tubifex* Muller, 1773. Этот факт свидетельствует о присутствии сильного органического загрязнения на данном участке.

Анализ количественных характеристик зообентоса р. Вятки (рис. 2 – 4) позволяет сказать следующее.

На ст. 128 число видов осталось на уровне прошлого года. Численность зообентоса выросла с 19,3 тыс. экз./м² до 34,2 тыс. экз./м². Биомасса также существенно увеличилась с 4,8 г/м² до 42,1 г/м². Рост биомассы в основном был обеспечен за счет доминирующих групп: моллюсков, хирономид и ручейников, доля которых составляла соответственно 50,8%, 27,7% и 15,7% биомассы. По численности лидировали хирономиды (77,5%). В качестве субдоминантов выступали личинки ручейников (13,3%) и подёнок (7,3%).

В ходе биоиндикационной оценки (табл. 1, рис. 5 – 7) установлено, что, по данным биотического индекса Вудивисса, вода в створе характеризовалась вторым классом качества (чисто). Олигохетный индекс, как в предыдущие годы, соответствовал 1-му классу качества воды (очень чисто). Индекс Балужкиной увеличился по сравнению с 2006 годом до 5,3 в пределах класса умеренно загрязнённых вод.

На ст. ЗМИ в 2007 г. произошло сокращение числа видов с 39 до 27. Численность зообентоса уменьшилась с 17,5 тыс. экз./м² до 2,6 тыс. экз./м². Отмечено также снижение

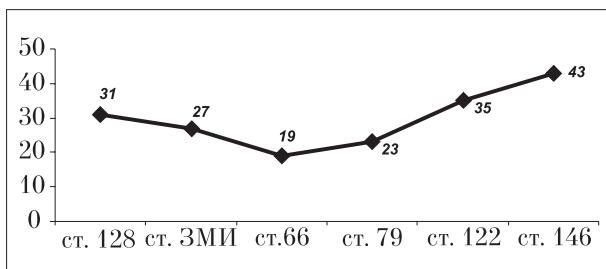


Рис. 2. Число видов зообентоса на станциях р. Вятки в ЗЗМ ОУХО «Марадыковский» (2007 г.)

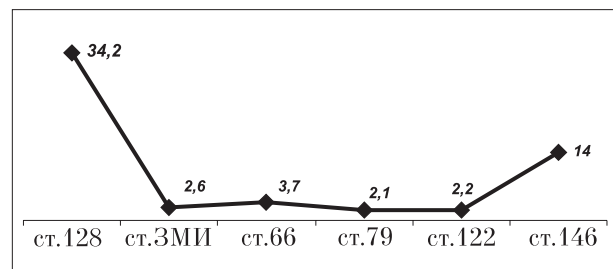


Рис. 3. Численность зообентоса на станциях р. Вятки в ЗЗМ ОУХО «Марадыковский», тыс. экз./м² (2007 г.)

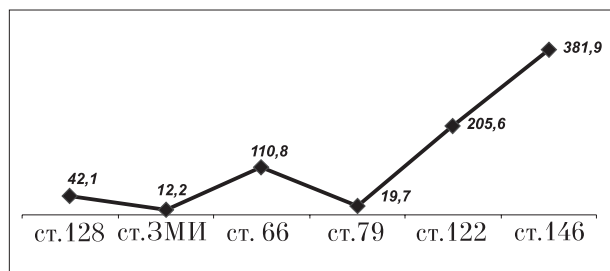


Рис. 4. Биомасса зообентоса на станциях р. Вятки в ЗЗМ ОУХО «Марадыковский», г/м² (2007 г.)

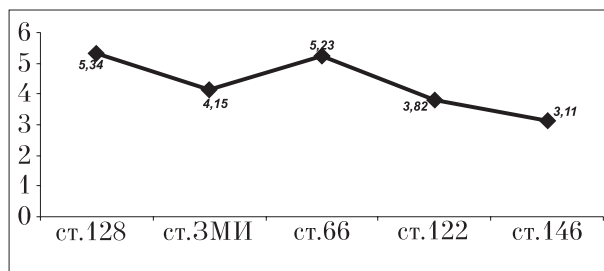


Рис. 5. Значения индекса Балужкиной на станциях р. Вятки в ЗЗМ ОУХО «Марадыковский» (2007 г.)

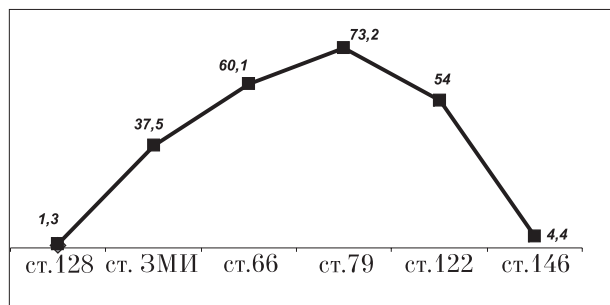


Рис. 6. Значения олигохетного индекса на станциях р. Вятки в ЗЗМ ОУХО «Марадыковский», % (2007 г.)

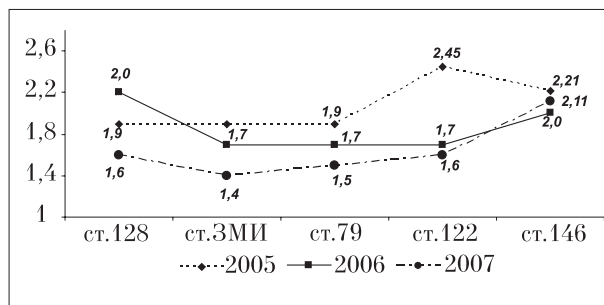


Рис. 7. Динамика индекса Шеннона на станциях р. Вятки в ЗЗМ ОУХО «Марадыковский» в 2005 – 2007 гг.

биомассы с 67,6 до 12,2 г/м². В количественных пробах установлено обитание представителей двух групп зообентоса: олигохет и личинок хирономид. Численно доминировали хирономиды (62,5%). Ведущая роль в биомассе принадлежала олигохетам (74,6%). Видовое разнообразие обеспечивалось за счёт качественных сборов с высших растений на участках быстрого течения. Здесь было установлено обитание оксифильных личинок веснянок и подёнок – индикаторов чистых вод. Одной из причин снижения количественных показателей в данном створе могут служить сильно выраженные процессы боковой эрозии в русле реки, вызывающие под-

мывание правого берега реки и создающие неблагоприятные условия для обитания организмов зообентоса.

По результатам биотического индекса река в створе, как и в предыдущем году, оценивалась вторым классом качества (чисто). Олигохетный индекс несколько уменьшился и соответствовал 3-му классу умеренно загрязненных вод. Индекс Балужкиной остался на уровне прошлого года.

Гидробиологические исследования на ст. 66 в предыдущие годы не осуществлялись, но в связи с тем, что станция является фоновой для оценки влияния р. Погиблицы на р. Вятку, было решено провести определение

Оценка качества воды на территории ЗЗМ ОУХО «Марадыковский» по биоиндикационным показателям (2007 г.)

Таблица 1

Показатель	р. Вятка, ст. 128	р. Вятка, ЗМИ	р. Вятка, ст. 66	р. Вятка, ст. 79	р. Вятка, ст. 122	р. Вятка, ст. 146	р. Погиблицы, ст. 159-1	р. Погиблицы, ст. 66-1
Биотический индекс Вудивисса	9 (2 класс, чисто)	9 (2 класс, чисто)	9 (2 класс, чисто)	9 (2 класс, чисто)	9 (2 класс, чисто)	9 (2 класс, чисто)	9 (2 класс, чисто)	6 (3 класс, умер.загр.)
Олигохетный индекс, %	1,3 % (1 класс, очень чисто)	37,5 % (3 класс, умер. загрязн.)	60,1 % (4 класс, загрязн.)	73,2 % (5 класс, грязно)	54 % (4 класс, загрязн.)	4,4 % (1 класс, очень чисто)	57,1 % (4 класс, загрязн.)	77,5 % (5 класс, грязно)
Индекс Балужкиной	5,34 умер. загрязн.)	4,15 умер. загрязн.)	5,23 умер. загрязн.)	-	3,82 умер. загрязн.)	3,1 умер. загрязн.)	5,78 умер. загрязн.)	5,1 умер. загрязн.)
Индекс Шеннона	1,588	1,454	1,157	1,534	1,561	2,116	1,335	1,289

количественных показателей зообентоса. Установлено, что количество видов является минимальным (19) для всего наблюдаемого участка р. Вятки. Здесь полностью отсутствовал рачковый комплекс, что не свойственно биоценозам подобного типа. Численность зообентоса на 71,6% складывалась из олигохет. Подавляющая доля биомассы (98,4%) приходилась на моллюсков.

По биотическому индексу вода в створе соответствовала второму классу качества. Индекс Балускиной несколько увеличился в сравнении с расположенным выше участком, но класс качества воды при этом не изменился. Олигохетный индекс вырос до 60,1%, что обусловило переход воды в категорию загрязнённых. Значение индекса Шеннона оказалось самым низким за трёхлетний период наблюдения на данной территории. По этому показателю, а также по числу видов и отсутствию ракообразных состояние бентосных сообществ на станции оценивается более неблагоприятным, чем на других участках р. Вятки.

Бентофауна ст. 79, расположенной в 1 км ниже устья р. Погиблицы, в 2007 г. характеризовалась резким сокращением видового состава. Число видов зообентоса снизилось с 42 до 23. Численность донных организмов была наименьшей из исследованных участков. Количественно преобладали олигохеты, за счёт которых складывалось 73,2% общей численности. Биомасса в текущем году существенно возросла с 8,6 до 19,7 г/м². Произошло это за счёт мелких двусторчатых моллюсков, на их долю приходилось 45% биомассы. Олигохеты в биомассе составляли 30,3%.

Несмотря на снижение видового богатства, биотический индекс удерживался на уровне 9 баллов (2-й класс качества воды). Однако значения олигохетного индекса характеризовали воду 5-м классом качества (грязно) и свидетельствовали о продолжающемся процессе эвтрофикации и высоком уровне нетоксичного органического загрязнения. Индекс Балускиной для створа не был установлен в связи с полным отсутствием хирономид в левобережной части, что в водотоках Кировской области встречается крайне редко.

Неблагоприятные тенденции изменения бентосного сообщества, отмечаемые на ст. 79 в течение 2006 – 2007 гг. и наиболее ярко выраженные у левого берега, проявились в сокращении числа групп зообентоса, исчезновении личинок подёнок, ручейников, увели-

чении численности олигохет до 96,3%. Выявленные изменения, вероятно, обусловлены влиянием вод р. Погиблицы.

На ст. 122 за последний год произошёл рост числа видов с 30 до 35. Здесь отмечено большое разнообразие личинок подёнок и ручейников, а также впервые зафиксировано присутствие личинок веснянок из рода *Isoperla*. Значения численности зообентоса снизились с 15,4 тыс. экз./м² до 2,2 тыс. экз./м², биомасса, напротив, сильно возросла (с 20,2 г/м² до 205,6 г/м²). Прирост данного показателя обусловлен появлением по правому берегу крупного двусторчатого моллюска из рода *Unio*, составляющего 99,4% биомассы. Численно доминировали олигохеты (38,5%) и личинки хирономид (24,8%). В качестве субдоминантов выступали личинки ручейников (17,4%) и подёнок (10,6%).

Биоиндикационные характеристики в створе остались на уровне прошлого года. По данным биотического индекса, вода характеризовалась как чистая, по индексу Балускиной – как умеренно загрязнённая, по олигохетному индексу – как загрязнённая.

На контрольной станции (ст. 146) р. Вятки видовое богатство продолжало нарастать и достигло в 2007 г. 43 видов. Численность зообентоса увеличилась с 5,3 до 14,0 тыс. экз./м². Доминировали личинки хирономид (54,8%), за ними следовали личинки подёнок (13,8%) и моллюски (10,2%). На данном участке реки также отмечено резкое нарастание биомассы с 70,2 до 381,9 г/м², подавляющую часть которой составляли брюхоногие моллюски (95%); 4% биомассы приходилось на долю пиявок.

Биоиндикационные показатели в данном створе были на уровне очень чистых – умеренно загрязнённых вод. Олигохетный индекс, в сравнении с предшествующим годом, уменьшился и показал улучшение качества воды до 1-го класса (очень чисто). Индекс Балускиной, напротив, увеличился до значений умеренно загрязнённых вод.

При рассмотрении динамики отслеживаемых показателей на протяжении всего участка р. Вятки выявлено резкое уменьшение количества видов на ст. ЗМИ и 79 до значений ниже уровня 2005 г. Гидробиологическими исследованиями других авторов [9, 10, 11] число видов в сообществе донных животных признаётся наиболее уязвимой характеристикой. Оно показывает зависимость от наибольшего числа гидрохимических параметров. По результатам наших исследований 2005 года на территории ЗЗМ ОУХО для количе-

ства видов установлены значимые парные корреляции с семью гидрохимическими показателями. Это значение снижалось с увеличением БПК₅, БПК полное, индекса загрязнённости воды (ИЗВ), с повышением концентраций аммонийного и нитритного азота, сульфатов и фосфатов.

Следует также отметить более низкие значения численности и биомассы бентоса на средних станциях (ст. ЗМИ и 79) по сравнению с фоновой и контрольной (рис. 3, 4). При движении вниз по течению от фоновой станции установлен рост олигохетного индекса, а следовательно, и нарастание степени органического загрязнения, с максимальным значением на ст. 79 (рис. 6).

Оценка таксономического разнообразия водных экосистем с использованием индекса Шеннона показала снижение значений данного показателя по годам (рис. 7), что свидетельствует об упрощении структурной организации донных биоценозов.

В целом для наблюдаемого участка р. Вятки в период с 2005-го по 2007-й отмечено увеличение среднего значения биомассы зообентоса с 28,3 до 132,3 г/м². Рост данного показателя в основном обусловлен увеличением массы моллюсков, выходом их в доминирующую группу, что является нормальным для бентосных сообществ р. Вятки. Средняя численность бентосных организмов на протяжении трёх лет несколько уменьшилась (с 13,2 тыс. экз./м² до 11 тыс. экз./м²).

В устьевом створе р. Погиблицы (ст. 66-1), условия обитания бентосных организмов в 2007 г. существенно изменились: произошло повышение уровня воды и заиление дна. Это могло быть обусловлено как природными факторами, так и антропогенным влиянием. В частности, высокий уровень воды в р. Вятке, отмечавшийся в период летне-осеннего сезона 2007 г., явился причиной подпруживания устьевой части р. Погиблицы, поднятия уровня воды в створе, замедления течения и заиления дна. Накоплению ила на дне реки также могло способствовать поступление загрязняющих веществ, в т. ч. и биогенных соединений азота и фосфора, с расположенных выше участков. Иловые массы на дне реки имели чёрный цвет и неприятный гнилостный запах, что свидетельствует о преобладании в них восстановительных процессов. Подобная ситуация часто бывает обусловлена поступлением аллохтонной органики, с переработкой которой водоём не справляется.

Изменившиеся абиотические факторы повлекли перестройки в бентосном сообществе. Биомасса возросла с ничтожно малых значений до 7,3 г/м². Численность также увеличилась с 1,5 до 7,1 тыс. экз./м². Хотя видовое богатство осталось на уровне прошлого года, произошли изменения видовой структуры, ведущее место в которой заняли представители пелофильной фауны (обитатели илистых грунтов). Как по численности, так и по биомассе преобладали олигохеты, доля которых равнялась 77,5 % и 75,1% соответственно. Второстепенная роль принадлежала личинкам хирономид, составляющих 12% численности и 20,2% биомассы. Помимо названных групп в бентосе в незначительных количествах присутствовали пиявки, моллюски, ветвистоусые и веслоногие ракообразные, ракушковые рачки, личинки ручейников.

Биотический индекс Вудивисса вырос с 5 до 6 баллов; класс качества воды при этом остался прежним – 3 (умеренно загрязнённый водоём). Индекс Балускиной также характеризовал реку как умеренно загрязнённую. Олигохетный индекс, в сравнении с предшествующими годами, вырос до 77,5%, что соответствовало 5-му классу качества воды (грязно). По совокупности отслеживаемых показателей можно говорить о смене бентосного сообщества в устье р. Погиблицы за наблюдаемый период.

В 2007 г. на р. Погиблице впервые были проведены гидробиологические исследования в створе, расположенном выше коллектора сточных вод (ст. 159-1). Основные количественные характеристики зообентоса оказались существенно выше, чем в устьевом створе (рис. 8). Видовой состав был представлен 28 видами, что на треть превышало значение данного показателя на ст. 66-1. Здесь были встречены единичные особи гидр и личинок веснянок – обитателей чистых вод. Отмечено присутствие организмов-индикаторов, характерных для β-мезосапробной зоны: моллюск *Acroloxis lacustris* Linne, 1758 и личинка подёнки *Baetis vernus* Curtis, 1834.

В бентосе количественно преобладали олигохеты. На их долю приходилось 66,6% численности и 46,6% биомассы. В качестве субдоминантов выступали личинки хирономид. Значительная часть численности приходилась на долю кладоцер, а биомассы – на долю моллюсков.

По данным биотического индекса, вода в створе характеризовалась как чистая, по индексу Балускиной – как умеренно загрязнённая.

ная, по олигохетному индексу – как загрязнённая. Несмотря на то, что большинство структурных характеристик зообентоса на этом участке р. Погиблицы оказалось лучше, чем в устье реки, всё-таки высокие значения индекса Балужкиной и, в особенности, олигохетного индекса свидетельствуют о присутствии органического загрязнения.

Таким образом, в ходе гидробиологического мониторинга рек, проведённого в 2007 г. на восьми станциях в ЗЗМ ОУХО «Марадьковский», продолжена инвентаризация фауны зообентоса, составлен фаунистический список. Определены количественные показатели развития зообентоса рек: значения общей численности колебались от 2,1 тыс. экз./м² до 34,2 тыс. экз./м², а биомассы – от 7,3 до 381,9 г/м². Средняя численность бентосных организмов на протяжении трёх лет удерживалась на уровне 11 – 13 тыс. экз./м². Рост среднего значения биомассы в р. Вятке с 28,3 г/м² в 2005 г. до 132,3 г/м² в 2007 г. был в основном обусловлен увеличением массы моллюсков, выходом их в доминирующую группу, что является нормальным для бентосных сообществ р. Вятки.

По результатам биотического индекса Вудивисса и индекса Балужкиной наблюдаемые створы отнесены к классу чистых и умеренно загрязнённых вод. Полученные значения олигохетного индекса на ст. 159-1 и 66 позволяют говорить о повышенном, а на ст. 66-1 и 79 о высоком уровне нетоксичного органического загрязнения данных участков рек Погиблицы и Вятки.

В структуре бентоценозов фоновой и контрольной станций р. Вятки отмечены тенденции, характерные для метаболического прогресса (рост общей численности и биомассы бентоса), сопровождающиеся усложнением таксономической структуры. Подобные изменения, по В.А. Абакумову [2], могут происходить при слабом загрязнении водной среды.

Структурные изменения на станциях 66-1 (р. Погиблицы) и 79 (р. Вятка), такие как снижение общего таксономического разнообразия, уменьшение гетерогенности сообществ, обретение черт монодоминантности, свидетельствуют о более высоком уровне загрязнения и наметившихся тенденциях экологического регресса бентоценозов [2].

Литература

1. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. /Под

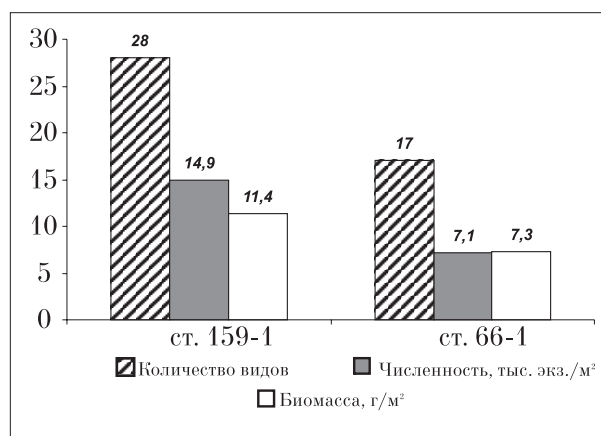


Рис. 8. Количественные показатели зообентоса р. Погиблицы в ЗЗМ ОУХО «Марадьковский» (2007 г.)

ред. В.А. Абакумова. Л.: Гидрометеиздат, 1983. С. 21-38.

2. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Под ред. В. А. Абакумова. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. С. 64-105.

3. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. Л.: Гидрометиздат, 1977. 281 с.

4. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. СПб., Наука. (1994. Т. 1. 395 с.; 1995. Т. 2. 628 с.; 1997. Т. 3. 439 с.; 1999. Т. 4. 998 с.; 2001. Т. 5. 836 с.).

5. Вудивисс Ф. Биотический индекс р. Трент. Макробеспозвоночные и биологическое обследование // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям: Труды Советско-английского семинара. Л.: Гидрометеиздат, 1977. С. 132-161.

6. ГОСТ 17.1.3.07-82 Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоёмов и водотоков.

7. Константинов А.С. Общая гидробиология: Учеб. для студентов биол. спец. вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1986. 472 с.

8. Балужкина Е.В. Хириноиды как индикаторы степени загрязнения вод // Методы биологического анализа пресных вод. Л.: ЗИН АН СССР, 1976. С. 106-118.

9. Балужкина Е.В. Применение интегрального показателя для оценки качества вод по структурным характеристикам донных сообществ // Реакция озёрных экосистем на изменение внешних условий. СПб.: Зоол. ин-т РАН, 1997. С. 266-292.

10. Балужкина Е.В. Структура сообществ донных животных и оценка экологического состояния р. Ижоры: влияние гидрофизических и гидрохимических параметров воды // Биология внутр. вод. 2003. № 1. С. 74-80.

11. Балужкина Е.В. Изменение структуры сообществ донных животных при антропогенном воздействии на водные экосистемы (на примере малых рек Ленинградской области) // Евразият. энтомол. журн. 2004. № 4. С. 276-282

УДК 581.1:632.122.1

Изменчивость изопероксидаз растений в местах прошлого уничтожения химического оружия

© 2008. А.П. Стаценко, А.И. Иванов, А.А. Вьюговский
 Пензенский государственный университет,
 Региональный центр государственного экологического контроля
 и мониторинга по Пензенской области,
 e-mail: rcgekim@mail.ru

В статье рассматривается трансформация фермента пероксидазы в вегетативных органах высших растений в условиях химического загрязнения природных сред продуктами деструкции боевых отравляющих веществ.

The article deals with peroxidase ferment transformation in vegetative parts of highest plants in conditions of natural environments chemical contamination with combat toxic agents destruction products.

Ключевые слова: растительные ферменты, пероксидаза, химическое загрязнение

В субъектах Российской Федерации, на территории которых производилось и хранилось химическое оружие в 1950 – 1960-е годы прошлого столетия, осуществлялись мероприятия по его захоронению и уничтожению. В результате этого природные среды в этих районах оказались сильно загрязнёнными продуктами деструкции боевых отравляющих веществ, а места их захоронения потенциально опасны для населения этих регионов. В связи с этим возникла проблема детального обследования и экологической реабилитации мест прошлого уничтожения химического оружия [1, 2].

В настоящее время при обследовании загрязнённых природных сред широко используются физические и химические методы, которые ограничиваются количественными характеристиками действия поллютантов на природные объекты и не определяют его качества [3]. Многочисленные исследования показывают, что наиболее перспективной для оценки химического загрязнения экосистем является биоиндикация на уровне биохимических и физиологических реакций [3, 4, 5]. Преимущество этого метода заключается в высокочувствительности и оперативности оценки, позволяющем выявить сверхмалые концентрации загрязняющих веществ в кратчайшие сроки, а также оценить качество их действия на живые объекты. Этот уровень открывает перспективы ранней диагностики дисбаланса в экосистемах [4]. Часто в качестве физиологических и биохимических индикаторов используется изменчивость концентрации и активности макромолекул: белков, липидов, полисахаридов и др. [6].

Известно, что даже низкое содержание продуктов деструкции отравляющих веществ

вызывает в растительном организме существенные трансформации обмена веществ [3, 5]. В частности, метилфосфоновая кислота, являющаяся конечным продуктом гидролиза фосфорсодержащих отравляющих веществ, в малых концентрациях (0,01-0,05 моль/л) вызывает в растениях окислительный стресс и влияет на важнейшие процессы жизнедеятельности (рост, накопление биомассы, дыхание, содержание пигментов) и пр. [7].

В научной литературе накоплены многочисленные сведения о том, что наиболее активную ответную реакцию на химический стресс проявляют ферментные системы, в том числе растительные пероксидазы, степень трансформации которых служит объективным показателем уровня загрязнения природных сред [5, 8, 9]. В связи с этим нами изучалась возможность использования количественной и качественной изменчивости фермента пероксидазы вегетативных органов высших растений для комплексной оценки качества загрязнения территории мест прошлого уничтожения и захоронения химического оружия на территории Пензенской области, где природные среды загрязнены мышьяком, диоксинами, тяжёлыми металлами и другими опасными химическими соединениями, являющимися продуктами деструкции боевых отравляющих веществ.

Объекты и методика исследования

В качестве объектов исследования использовали вегетативные органы (хвою и листья) растений различных систематических групп: сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*),

дуб черешчатый (*Quercus robur*), крапивва двудомная (*Urtica dioica*).

Растительные образцы отбирали в незагрязнённой (контрольной) зоне (Золотарёвский сосновый бор), а опытные – в местах прошлого уничтожения химического оружия с различным уровнем загрязнения (окрестности пос. Леонидовка). Фермент пероксидазу из растительной ткани выделяли с использованием стандартной методики. Для этого навеску растительной ткани (2 г) измельчали с помощью скальпеля, затем заливали семикратным объёмом 0,005М трисглицинового буфера, содержащего 30% сахаразы и растирали в фарфоровой ступке на холоде до получения однородной массы. Гомогенат в течение часа выдерживали при температуре 4°C и центрифугировали при скорости 8 тыс. об/мин в течение 15 минут. Надосадочную жидкость использовали в качестве источника пероксидазы.

Катодный электрофорез пероксидазы проводили по методике Дэвиса [10] в цилиндрических гелях размером 0,6x7,0 см в 7,5%-ном полиакриламидном геле с использованием трисглициновой буферной системы рН=8,3 с охлаждением. Время проведения электрофореза 2 час. 20 мин. Первые 20 мин. сила тока на гелевую трубку не превышала 2 мА, а затем её увеличивали до 4 мА.

После окончания электрофореза гели опускали на 30 мин. в 0,02%-ный раствор солянокислого бензидина, а затем – в 0,01%-ный раствор пероксида водорода до появления голубых полос изоферментов. Затем реакционную смесь сливали, а гели промывали 10%-ным раствором уксусной кислоты.

В качестве стандарта использовали промышленный препарат пероксидазы хрена.

Количественную изменчивость изоферментов пероксидазы оценивали по скорости их проявления по методике Лиу [11].

Результаты и их обсуждение

Качественная изменчивость растительных пероксидаз является объективным показателем степени химического загрязнения природных сред [5, 8, 9, 12].

Анализ электрофоретических спектров изоферментов исследуемых растений показывает, что в зоне загрязнения среды продуктами деградации отравляющих веществ фермент отличается повышенной гетерогенностью.

В частности, низкий уровень загрязнения обусловил незначительные изменения в изо-

зимном спектре. Причём наиболее существенные новообразования отмечаются в группе «медленных» изоферментов А-зоны с относительной электрофоретической подвижностью (ОЭП) от 0 до 30, где зафиксировано появление по одному новому компоненту у сосны обыкновенной (А24) и дуба черешчатого (А7) и двух компонентов (А4 и А21) у крапивы двудомной. В то же время в зонах среднеподвижных (В-зона) и «быстрых» компонентов (С-зона) качественных изменений не зафиксировано.

Высокий уровень загрязнения поллютантами повлёк за собой более глубокую трансформацию изоферментного спектра. Значительные перестройки изоферментов были зафиксированы как в зоне «медленных» изоферментов, так и в среднеподвижной В-зоне с ОЭП от 31 до 60, где у сосны обыкновенной вновь появились три изофермента (А3, А4, В47), у дуба черешчатого – два (А3 и В34), у крапивы двудомной – четыре (А7, А26, В34, В57) компонента. Кроме того, сильное химическое загрязнение стало причиной качественного изменения изоферментов в зоне «быстрых» компонентов (С-зона) с ОЭП от 61 до 100 в листьях дуба черешчатого, где зафиксирована одна новая фракция С68.

Аналогичные новообразования в изоферментных спектрах пероксидазы пшеницы, барбариса, бересклета в условиях химического стресса описаны другими исследователями [3, 12].

Известно, что сверхмалые (следовые) концентрации химических загрязнителей

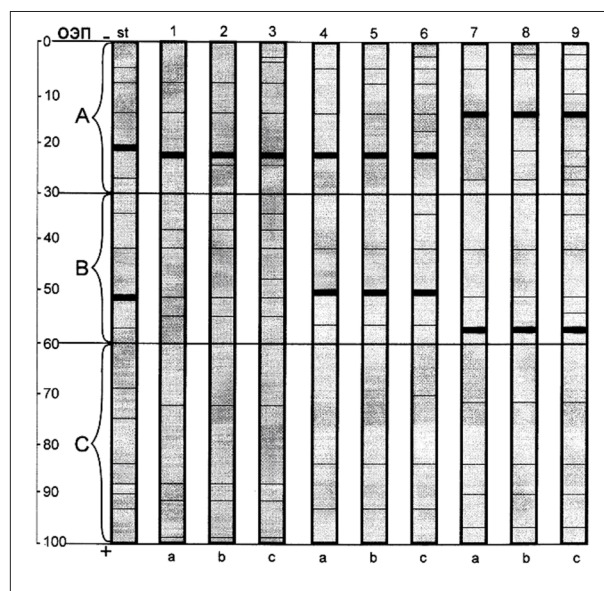


Рисунок. Электрофореграммы изоферментов пероксидазы растений в условиях химического загрязнения (1-3 – сосна обыкновенная; 4-6 – дуб черешчатый; 7-9 – крапива двудомная; а – контроль, б – низкий уровень загрязнения; с – высокий уровень загрязнения)

Таблица

Влияние сверхмалых концентраций поллютантов на количественную изменчивость пероксидазы листьев крапивы двудомной

ОЭП изозима	Незагрязненная зона (контроль)		Зона сверхмалого загрязнения	
	Активность изозима, %	Суммарная активность группы, %	Активность изозима, %	Суммарная активность группы, %
4	14,3	А-зона 67,3·1,2	15,5	А-зона 71,8·1,5
15	36,9		38,8	
28	16,1		17,5	
41	3,1	В-зона 13,1·0,7	2,8	В-зона 13,6·0,8
52	2,6		3,0	
58	7,4		7,8	
74	5,5	С-зона 19,6·1,0	4,6	С-зона 14,6·1,8
83	4,3		3,5	
91	5,1		3,4	
97	4,7		3,1	

в природных средах практически невозможно зафиксировать и оценить качество их воздействия на живые объекты с помощью физико-химических аналитических методов [4, 6].

В этом случае наиболее перспективным является использование для оценки качества природной среды методов биохимической индикации с использованием количественной изменчивости растительных ферментов, в частности, пероксидазы [6].

Нами исследовалась возможность использования количественной изменчивости изоферментов пероксидазы листьев крапивы двудомной для качественной оценки состояния природной среды под влиянием сверхмалого (следового) химического загрязнения продуктами деструкции боевых отравляющих веществ (рис.).

Для удобства анализа катодные изопероксидазы по относительной электрофоретической подвижности (ОЭП) условно разделили на три зоны: А-зона (ОЭП от 0 до 30), В-зона (от 31 до 60), С-зона (от 61 до 100).

Исследования показали, что сверхмалые концентрации поллютантов не вызывают качественных изменений в изозимном спектре листьев крапивы двудомной, в результате чего гетерогенность спектров катодных изопероксидаз остаётся неизменной (табл.).

В то же время на слабозагрязнённых территориях отмечаются существенные количественные перестройки в спектральном составе. Оценка сопряжённости наличия химического загрязнения с активностью отдельных изозимов пероксидазы позволила нам выделить три группы изозимов. В первую группу вошли изоферменты, положительно реагирующие на химическое загряз-

нение, во вторую – отрицательно коррелирующие с этим фактором, а в третью – «инертные», активность которых не связана с загрязнением среды.

К первой группе отнесены все изопероксидазы А-зоны, ко второй – изозимы С-зоны. В то же время В-зона характеризовалась наличием в ней изоформ, обнаруживающих как прямую, так и обратную зависимость по отношению к химическому загрязнению. Следует также отметить, что во всех трёх зонах катодной части спектра зафиксированы изозимы, которые в условиях загрязнения среды практически не меняют своей активности.

На наш взгляд, изозимы А-зоны являются ответственными за адаптивные, а возможно, защитные реакции растительных тканей в условиях химического стресса.

Следовательно, количественная и качественная изменчивость катодных изопероксидаз является объективным тестовым признаком химического загрязнения и может быть использована для оценки качества экосистем в местах прошлого уничтожения и захоронения химического оружия.

Литература

1. Иванов А.И., Панкратов В.М. Обследование и экологическая реабилитация мест прежнего уничтожения химического оружия на территории Пензенской области. Пенза: Российский Зелёный Крест, 2006. 75 с.
2. Иванов А.И., Панкратов В.М. Экологические проблемы наследия холодной войны и пути их преодоления. Пенза: Российский Зелёный Крест, 2004. 89 с.
3. Кривошук Д.А.. Биоиндикация и биомониторинг. М.: Наука, 1991. 285 с.
4. Смирнова Н.Н. Биологические методы оценки природной среды. М.: Наука, 1978. 278 с.

5. Стаценко А.П., Иванов А.И., Конкина Е.Е. Биохимическое тестирование загрязнения окружающей среды // Современные проблемы экологии. Москва – Тула: Тульский госуниверситет, 2007. С. 65-67.

6. Афанасьев Ю.А.. Мониторинг и методы контроля окружающей среды. М.: МНЭПУ, 2001. 292 с.

7. Огородникова С.Ю., Головкин, Т.К., Ашихмина Т.Я. Реакция растений на действие метилфосфоновой кислоты // Теоретическая и прикладная экология. 2007. №1. С. 78-83.

8. Сарсенбаев К.Н., Мезенцева Н.И., Полимбетова Ф.А. Влияние двуокиси серы на активность и компонентный состав свободной и связанной фракций пе-

роксидазы проростков яровой пшеницы // Физиол. и биох. культ. растений. 1983. Т. 15. № 1. С. 51-55.

9. Савич И.М. Пероксидазы - стрессовые белки растений // Успехи современной биологии. 1989. Т. 107. № 3. С. 406-417.

10. Davis B.J. Disc electrophoresis. Method and application to human series proteins // Ann. New York Acad. Sci. 1964. V. 121. № 4. P. 404-427.

11. Liu E.H. Simple method for determining the relative activities of individual peroxidase isozymes in a tissue extract // Anal. Biochem. 1973. № 1. P. 149-154.

12. Сарсенбаев К.Н., Полимбетова Ф.А. Роль ферментов в устойчивости растений. Алма-Ата: Наука, 1986. 184 с.

УДК 631.46:631.45

Липа мелколистная *Tilia cordata* L. как перспективный биоиндикатор мышьяковистого загрязнения почвы

© 2008. Н.В. Козловская, И.М. Янников, Е.С. Шичаева, М.С. Емельянова, Е.В. Щенина
Удмуртский государственный университет, e-mail: natvk@udm.ru

В серии вегетационных опытов показано, что при оценке мышьяковистого загрязнения почвы можно использовать черенки липы мелколистной. Оценку степени загрязнения проводят по доле сухих почек, листьев и покраснению коры деревьев.

A series of vegetation experiments shows that in estimating arsenous soil contamination it is possible to use grafts of *Tilia cordata* L. The estimation of contamination degree is made according to the amount of dry buds and leaves and branches bark reddening.

Ключевые слова: биоиндикаторы, мышьяк, загрязнение почвы

В связи с тем, что на территории Удмуртской Республики расположен объект по хранению и уничтожению химического оружия (ОХУХО), в том числе мышьякорганических соединений (люизит), проблема биоиндикации мышьяковистого загрязнения окружающей среды является весьма актуальной. Основные воздействия на компоненты природных экосистем в зоне защитных мероприятий (ЗЗМ) объектов, согласно прогнозам, будут связаны с поступлением в окружающую природную среду мышьяксодержащих химических соединений на стадии эксплуатации объекта в штатном режиме, а также в случае аварийных ситуаций.

Мышьяк превосходит по токсичности большинство химических элементов. Наиболее биологически активны подвижные формы мышьяка, при этом As^{3+} (арсениты) более токсичны для животных, чем As^{5+} (арсенаты), и образуются путем восстановления последних в анаэробных условиях переувлажненных почв болот и донных отложений.

Целью нашего эксперимента была оценка реакции липы мелколистной *Tilia cordata* L. на разные концентрации мышьяксодержащего раствора.

Для закладки лабораторных исследований выбрана общепринятая методика проведения вегетационных опытов.

Мышьяксодержащие органические соединения в почве трансформируются до неорганических арсенатов и арсенитов. Для моделирования загрязнения был использован водный раствор арсенита кальция $Ca_3(AsO_3)_2$ различной концентрации. В качестве ключевого значения концентрации загрязнителя использована фоновая величина для почв Удмуртской Республики.

Вегетационный эксперимент проводился в 4 вариантах концентрации раствора – 2,8 мг/л, 28 мг/л, 56 мг/л, 112 мг/л (соответственно: фон, 10-кратное, 20-кратное и 40-кратное превышение фона) в лабораторных фарфоровых стаканах ёмкостью 250 мл, в четырёхкратной повторности.

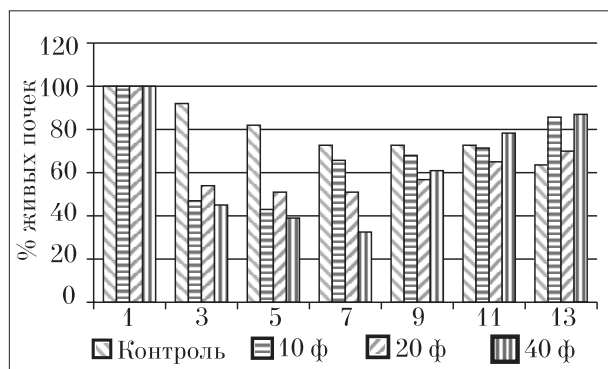


Рис. 1. Динамика усыхания почек на МВ, % от общего количества

Обозначения: контроль – контрольные МВ с содержанием As в растворе на уровне фона, 10ф – 10-кратное превышение фона, 20ф – 20-кратное превышение фона, 40ф – 40-кратное превышение фона в растворе.

Объектом в данном эксперименте являлись модельные ветви (МВ) липы мелколистной *Tilia cordata* L. – черенки длиной 20 – 25 см, срезанные с растения.

Черенки были заготовлены в зимний период на ненарушенной (минимально подверженной техногенному прессу) территории.

Перед закладкой эксперимента в течение 3-4 недель проводилась выгонка калиброванных черенков липы до сбрасывания почечных чешуй и появления первых листьев в водном растворе жидкой подкормки в условиях лаборатории экологического полигона – при комнатной температуре и искусственном освещении.

Далее оценивалось изменение параметров состояния МВ липы мелколистной *Tilia cordata* L. по скорости усыхания почек на ветвях и изменению внешнего вида МВ: пожелтение листьев, изменение окраски ствола (покраснение).

Диаграмма (рис. 1) демонстрирует зависимость токсического эффекта от дозы мышьяка в парадоксальной (двухфазной) форме в течение первых 7 суток, далее растение постепенно выходит из состояния острого токсического шока, и приобретает нормальную форму: с увеличением дозы мышьяка количество живых почек уменьшается.

В отношении прочих параметров состояния МВ указанная динамика сохраняется (см. рис. 2 А, Б).

Материалы рис. 2А демонстрируют сохранение двухфазной зависимости «доза – эффект» по скорости и количеству пожелтения листьев на МВ на протяжении всего эксперимента. Это связано с необратимостью данной реакции (хлороза листовой пластинки), а также с быстротой её возникновения – в течение суток с начала воздействия данного загрязнителя.

Возникновение покраснения ствола (рис. 2Б), напротив, относится к запаздывающим реакциям, что связано с более медленным метаболизмом ствола древесного растения по сравнению с зелёной массой листьев. В нашем случае МВ демонстрируют переход к нормальной зависимости «доза – эффект» через неделю проведения эксперимента, т. е., по окончании периода общего токсического стресса, когда у растения запускаются компенсационные и восстановительные биохимические механизмы.

В одной из экспериментальных серий в качестве биозащитного фактора нами был использован гелий-неоновый лазер (экспозиция 2 мин., однократное облучение МВ).

Общий вид зависимости в этом случае сохраняется, причём стимулирующая и защища-

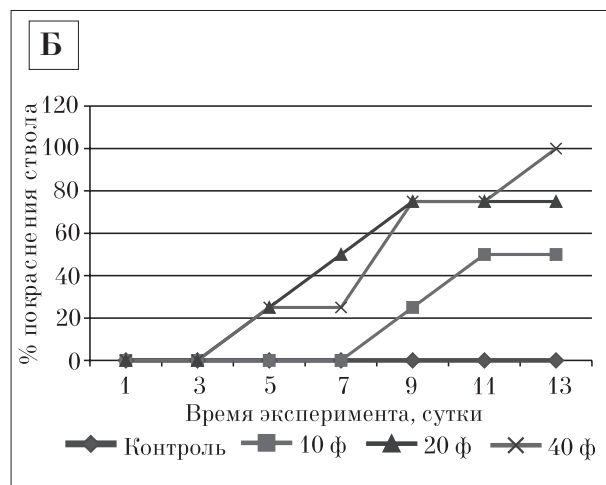
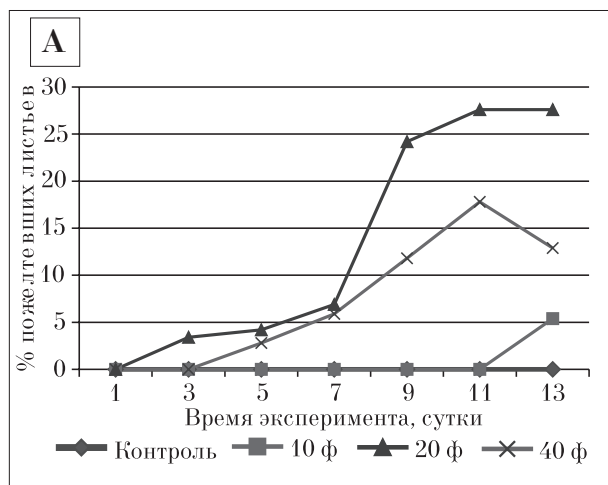


Рис 2. Изменение параметров модельных ветвей липы:

А – появление жёлтых листьев, %; Б – появление красной окраски ствола

Обозначения: контроль – контрольные МВ с содержанием As в растворе на уровне фона, 10ф – 10-кратное превышение фона, 20ф – 20-кратное превышение фона, 40ф – 40-кратное превышение фона в растворе.

ющая роль лазерного излучения более заметна на высоких концентрациях загрязнителя, чем на уровне малых доз (рис. 3).

Свойства излучения данного типа как биопротектора полностью подтвердились: растительные объекты менее страдают от токсического шока и восстановление биопараметров идёт быстрее.

Таким образом, в качестве метода экспресс-индикации (в течение первых семи суток) мышьяковистого загрязнения почвы можно рекомендовать оценку доли сухих почек и листьев с хлорозами на ветвях липы в зоне влияния ОХУХО. Индикатором более раннего загрязнения (т. е. более длительного воздействия мышьяка) может служить изменение окраски (покраснение) коры ветвей.

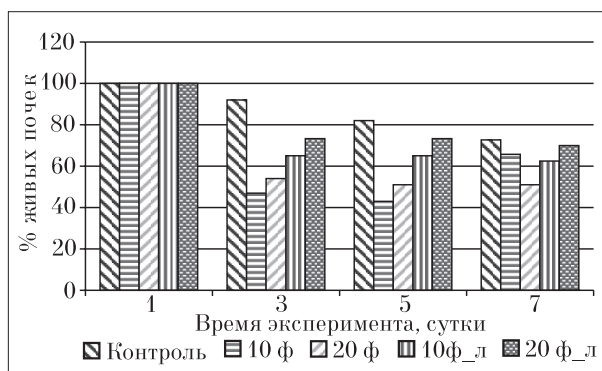


Рис 3. Динамика усыхания почек на облученных МВ по сравнению с данными предыдущей серии, % от общего количества

Обозначения: контроль - контрольные МВ с содержанием As в растворе на уровне фона, 10ф - 10-кратное превышение фона, 20ф - 20-кратное превышение фона, 10ф_л - 10-кратное превышение фона + облучение, 20ф_л - 20-кратное превышение фона + облучение.

УДК 623.459:351.777.61

Государственный экологический контроль и мониторинг действующего объекта «Марадыковский» в Кировской области

© 2008. С.А. Менялин

Региональный центр государственного экологического контроля и мониторинга по Кировской области, e-mail: kirov@sar-ecoinst.org

В статье отражена работа РЦГЭКиМ по Кировской области по организации системы государственного экологического контроля и мониторинга на объекте хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский».

The article describes the work of the Regional Centre of State Ecological Control and Monitoring in Kirov Region over organization of state ecological control and monitoring system in the chemical weapon storage and destruction object «Maradikovsky».

Ключевые слова: экологический мониторинг, контроль, объект «Марадыковский», компоненты окружающей среды

Спуском в сентябре 2006 г. объекта «Марадыковский» в Кировской области в РФ началась новая веха ликвидации отравляющих веществ (ОВ) – уничтожение наиболее опасных, фосфорорганических отравляющих веществ.

Так как ранее не было прецедента такого масштабного процесса утилизации фосфорорганических отравляющих веществ, не было и соответствующей методической базы по контролю данных отравляющих веществ и продуктов их деструкции в промышленных выбросах в атмосферный воздух и объектах природной среды.

Уникальность Регионального центра государственного экологического контроля и мониторинга (РЦГЭКиМ) по Кировской области заключается в том, что нам первым пришлось опробовать методики выполнения измерений по

фосфорорганическим соединениям. Проводить работы по совмещению биологических методов исследования с химико-аналитическими – что в подобных масштабах проводилось впервые.

На сегодняшний день коллектив РЦГЭКиМ на профессиональном уровне осуществляет аналитический контроль процесса уничтожения вещества типа-Vx и продуктов его деструкции. Полученный нами положительный опыт используется и в других региональных центрах, в которых начинается процесс уничтожения фосфорорганических отравляющих веществ.

Специалистами РЦГЭКиМ по Кировской области с момента пуска объекта уничтожения химического оружия 1205 по настоящее время проведено более 23 тыс. компонентоопределений, из них на содержание вещества типа-Vx –

более 800, О-изобутилметилфосфоната (основного продукта деструкции вещества типа -Vx) – более 700, метилфосфоновой кислоты (конечный продукт трансформации данного ОВ во внешней среде) – около 500.

Данные вещества, специфические для объекта уничтожения химического оружия, в компонентах окружающей среды, промышленных выбросах в атмосферу и в отходах при эксплуатации объекта уничтожения химического оружия, не обнаружены. Это свидетельствует о том, что объект уничтожения химического оружия 1205 работает в штатном режиме, а выбранная технология уничтожения отравляющего вещества типа-Vx методом детоксикации непосредственно в боеприпасе с последующим термическим обезвреживанием полученных реакционных масс полностью соответствует принципу безопасности при уничтожении отравляющих веществ.

Региональным центром государственного экологического контроля и мониторинга по Кировской области проводится последовательная, многосторонняя работа с органами исполнительной власти, уполномоченных в области государственного надзора за процессом уничтожения ОВ, Правительством Кировской области, широким кругом общественных организаций, СМИ и населением, что даёт возможность снизить социальную напряжённость в районе действующего объекта уничтожения химического оружия. Организациями, уполномоченными осуществлять государ-

ственный надзор за деятельностью объекта хранения и уничтожения химического оружия, утверждены и согласованы Регламенты обеспечения государственного контроля и мониторинга, в соответствии с которыми проводится работа РЦГЭКиМ по Кировской области. Ежемесячно информация о результатах аналитического контроля процесса уничтожения ОВ направляется в Управления Ростехнадзора, Росгидромета, Росприроднадзора и Роспотребнадзора по Кировской области, Администрацию Правительства Кировской области и Мирнинского городского поселения. Систематически выпускаются бюллетени с освещением наиболее актуальных вопросов, поступающих от населения. Сотрудники центра с материалами о ходе государственного экологического контроля и мониторинга окружающей природной среды на территории в районе действующего объекта уничтожения химического оружия участвуют в семинарах, встречах с населением, в работе различного рода комиссий, советов и т. д. На базе РЦГЭКиМ работает общественная приемная, куда приходят и звонят жители Кировской области, которые тем или иным образом интересуются процессом уничтожения химического оружия в Кировской области. Двери нашего центра открыты для всех заинтересованных представителей органов власти, СМИ, общественных организаций, различного рода делегаций, населения, учащихся вузов, техникумов и школ г. Кирова и области.

УДК 631.46:631.45

Фосфор в природных средах зоны защитных мероприятий объекта УХО в окрестностях станции Леонидовка Пензенской области

© 2008. А.И. Иванов, П.А. Иванов, Н.С. Озерова

Региональный центр государственного экологического контроля и мониторинга по Пензенской области,
e-mail: rcgekim@mail.ru

В статье изложены результаты мониторинга содержания фосфора в природных средах объекта УХО в районе станции Леонидовка Пензенской области.

The article presents the results of phosphorus content monitoring in the natural environment around the CWDO around Leonidovka station in Penza region.

Ключевые слова: общий и подвижный фосфор, сезонная динамика, фоновое обследование, иммобилизация подвижных форм фосфора

Фосфор – важнейший химический элемент, без которого невозможно функционирование живых систем. В то же время некоторые органические соединения, в которые он

входит, обладают очень высокой токсичностью. Среди них, в первую очередь, следует назвать отравляющие вещества последних поколений – зарин, зоман и вещества типа-Vх. В связи с этим одним из важнейших ингредиентов, подлежащих контролю при фоновых обследованиях и в ходе эксплуатации объектов уничтожения химического оружия (УХО), является общий фосфор.

Фоновое содержание фосфора в природных средах определялось центральной аналитической лабораторией Регионального центра государственного экологического контроля и мониторинга по Пензенской области с 2006-го по 2008 г. Определение содержания общего фосфора в изучаемых средах осуществлялось с помощью методик, разработанных ФГУ ГосНИИЭНП (МВИ №031-01-207-06 «Методика выполнения измерений содержания общего фосфора в атмосферном воздухе фотометрическим методом»; МВИ 031-02-208-06 «Методика выполнения измерений содержания общего фосфора в природной воде фотометрическим методом»; МВИ 031-03-183-05 «Методика выполнения измерений содержания общего фосфора в почве фотометрическим методом»). Данные методики разработаны для оценки состояния природной среды при проведении экологического мониторинга, экологического и санитарно-промышленного контроля в районах расположения бывших предприятий по производству отравляющих веществ и объектов по хранению и уничтожению химического оружия. Определение фосфат-ионов осуществляется на основе их взаимодействия в кислой среде с молибдатом аммония и образования фосфорномолибденовой гетерополиоксидной кислоты, которая восстанавливается аскорбиновой кислотой в присутствии сурьмяно-виннокислого калия до фосфорномолибденового комплекса, окрашенного в голубой цвет. Предварительно содержащиеся в пробах органические соединения фосфора переводились в фосфаты путём минерализации. Для более точного экологического контроля в природной воде, кроме общего фосфора, определялось содержание фосфатов по методике ПНДФ 14.1:2.112-97 «Методика выполнения измерений массовой концентрации фосфат-ионов в пробах природных очищенных сточных вод фотометрическим методом восстановлением аскорбиновой кислотой». Подвижные соединения фосфора в почвах определялись по методу Кирсанова в модификации ЦИАНО (ГОСТ 26207). Метод основан на извлечении под-

вижных соединений фосфора из почвы раствором соляной кислоты и последующем определении фосфора в виде синего фосфорномолибденового комплекса на фотоэлектроколориметре (КФК-3).

Как показали наши исследования, содержание фосфора в воздухе характеризуется сезонной динамикой, которая определяется сроками цветения ветроопыляемых растений, пыльца которых богата соединениями рассматриваемого элемента. Поэтому максимальное содержание данного ингредиента наблюдается обычно во втором квартале, т. е. в апреле, мае и июне. В первой половине апреля цветёт лещина обыкновенная, которая присутствует в зоне защитных мероприятий (ЗЗМ) на большинстве точек отбора проб. В конце апреля цветёт берёза, которая также является широко распространённым видом на изучаемой территории. В первой половине мая из лесных ветроопыляемых растений массовое цветение характерно для осоки волосистой – основного доминанта травяного покрова ЗЗМ. Конец мая – начало июня – время развития микроспорофиллов сосны обыкновенной, которая также выбрасывает в атмосферу большое количество пыльцы. В третьем квартале количество пыльцы снижается в связи с тем, что основные доминанты растительного покрова уже отцветают. В этот период в воздух попадает пыльца злаков и полыни, которые на данной территории присутствуют в незначительном количестве, а также споры грибов. В четвертом квартале и, соответственно, в первом, т. е. поздней осенью и в зимнее время, содержание фосфора оказывается минимальным. Динамику содержания фосфора в воздухе ЗЗМ в 2007-м и в 2008 г. отражают рис. 1 и рис. 2. Рассматриваемая причина повышения содержания фосфора в весенне-летний период подтверждается данными микроскопирования, т. к. на фильтрах при отборе проб всегда проявляются пыльца и споры грибов.

При изучении химического состава снега в ряде проб отмечалось содержание фосфатов и общего фосфора, несколько превышающее фоновое значение (рис. 3). Оно отмечалось в пос. Леонидовка и других населённых пунктах. Вероятно, источником фосфора являются выбросы из печных труб, отапливаемых дровами, т. к. концентрация фосфора в основном коррелирует с повышенным показателем рН. Вне населённых пунктов источником фосфора могло быть сжигание порубочных остатков, производившееся

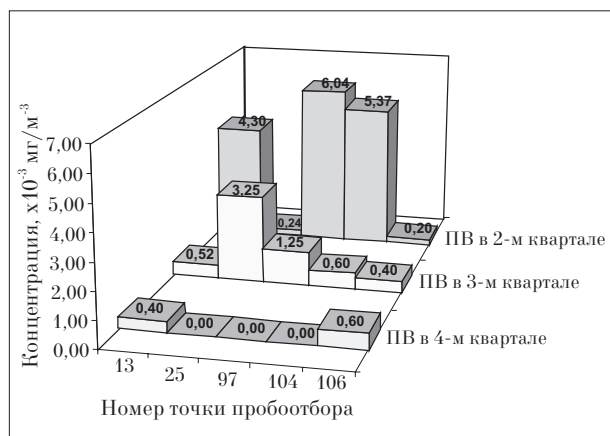


Рис. 1. Уровень содержания общего фосфора в воздухе в 2007 г.

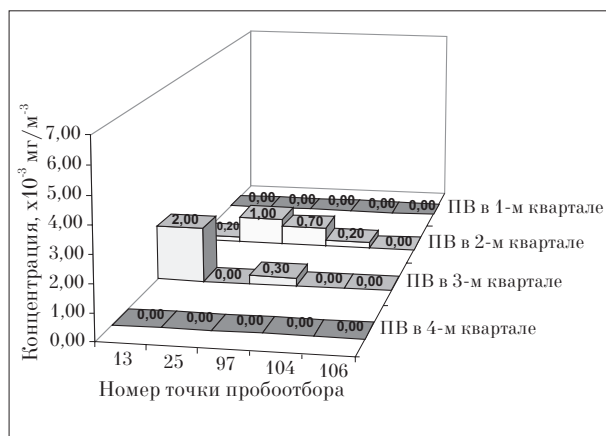


Рис. 2. Уровень содержания общего фосфора в воздухе в 2008 г.

в 2007 и 2008 гг. на территории ЗЗМ в значительных объёмах.

Как показал анализ, загрязнения природных вод фосфат-анионами в среднегодовом режиме, превышений ПДК по данному ингредиенту нигде отмечено не было. Однако в разных реперных точках содержание фосфат-анионов было неодинаковым (рис. 4). Наименьшим оно казалось там, где водоносным слоем и водоупором являются бескарбонатные породы, пески и песчаники. В остальных точках содержание фосфат-анионов варьировало от 0,48 до 0,56 мг/л. В Пензенском водохранилище и ручье Кичкилейка оно было несколько меньшим. Повышенное содержание фосфат-анионов в большинстве водотоков ЗЗМ связано с тем, что для грунтовых вод в этих точках водоупором являются мергели и мергелистые глины мелового возраста, содер-

жащие конкреции фосфоритов. Правильность этого мнения подтверждается тем, что повышенное содержание фосфат-анионов в ряде случаев коррелирует с повышенной жесткостью. Как показали наши исследования на территории заповедника «Приволжская лесостепь», где мергели залегают ещё глубже, а водоносные горизонты связаны исключительно с силикатными породами верхнего палеогена, показатели среднего содержания фосфат-анионов и жесткости были ещё ниже. В содержании фосфат-анионов по сезонам имеются определённые колебания. Так, по большинству точек максимальное содержание фосфат-анионов наблюдалось в третьем квартале. Это относится, в первую очередь, к тем водотокам, в питании которых основное значение имеет подземная вода. Те водотоки, в питании которых преобладает поверхност-

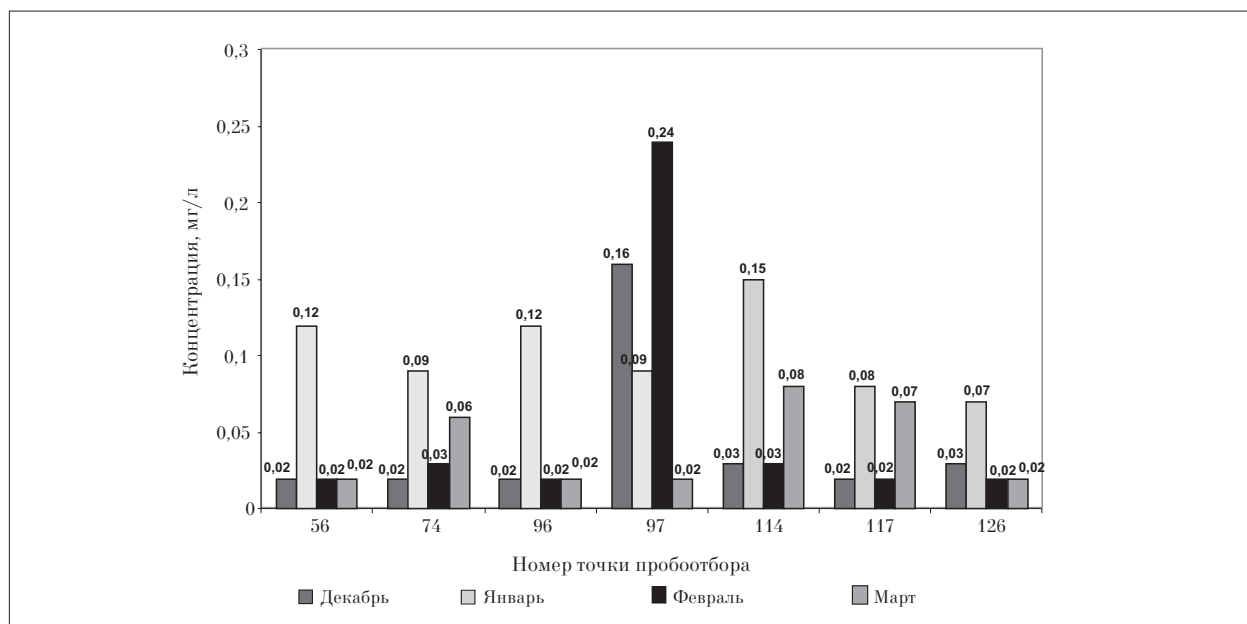


Рис. 3. Уровень содержания общего фосфора в снежном покрове за 2007 – 2008 гг.

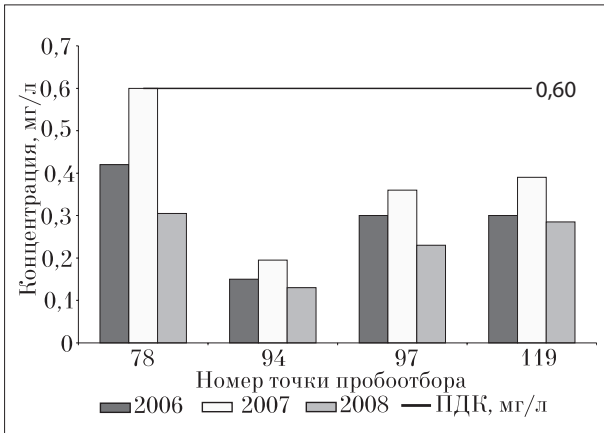


Рис. 4. Уровень содержания фосфатов в природной воде в 2006 – 2008 гг.

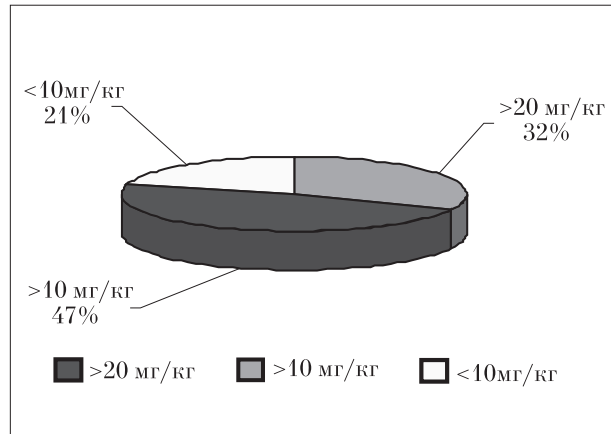


Рис. 5. Соотношение площадей с различным содержанием фосфора

ный сток, максимальное содержание фосфат-анионов совпало с весенним половодьем (первый квартал) и максимальным выпадением осадков в июле и октябре. В Пензенском водохранилище содержание фосфат-анионов максимальным было в третьем квартале. Оно составило 0,77 мг/л, превысив, таким образом, ПДК в 1,3 раза. Это объясняется цветением воды в связи с массовым развитием сине-зелёных водорослей и гибелью молоди рыб. Кроме того, в этом водоёме в осеннюю межень наблюдается максимальный показатель рН воды – 8,7, при среднем за последние 5 лет – 7,7, что также объясняется названными выше причинами.

При фоновом обследовании территории из химических элементов, входящих в состав почвы, наибольшее внимание было уделено фосфору. Самыми обеспеченными подвижным фосфором оказались наиболее приподнятые участки водораздельного плато, занятые среднемоющими суглинистыми почвами. Они образовали как бы сплошной массив в центральной и северо-западной части изучаемой территории, т. е. как раз с наветренной стороны от проектируемого объекта УХО. То, что отмеченное явление удалось зафиксировать до начала работы завода крайне важно, так как подобное распределение фосфора в почвах могло бы быть отнесено в будущем на счёт загрязнения от объекта УХО. По содержанию подвижного фосфора почвы района исследований могут быть отнесены к очень низким и среднеобеспеченным (рис. 5).

Повышенное содержание подвижного фосфора в различных горизонтах почвенного профиля может зависеть от двух факторов – содержания рассматриваемого элемента в материнской породе и концентрации его в листе и, соответственно, в опаде древесных по-

род. Кроме того, оба указанных фактора могут действовать одновременно. Как показало изучение распределения подвижного фосфора по почвенным профилям, для почв относительно богатых этим элементом возможно три основных типа его распределения (рис. 6).

Повышенное содержание фосфора в изученных разновидностях светло-серых лесных почв в большинстве случаев коррелирует с высокими показателями рН. Эта закономерность наблюдается всегда при первом и втором типах распределения фосфора по почвенному профилю. В третьем случае она может нарушаться, так как корни древесных растений – концентраторов фосфора могут извлекать его из минеральных пород, залегающих значительно глубже основной материнской породы.

Содержание общего фосфора в почвах района исследования имеет сходный характер с содержанием подвижного фосфора, т. е. наиболее обеспеченными оказываются почвы

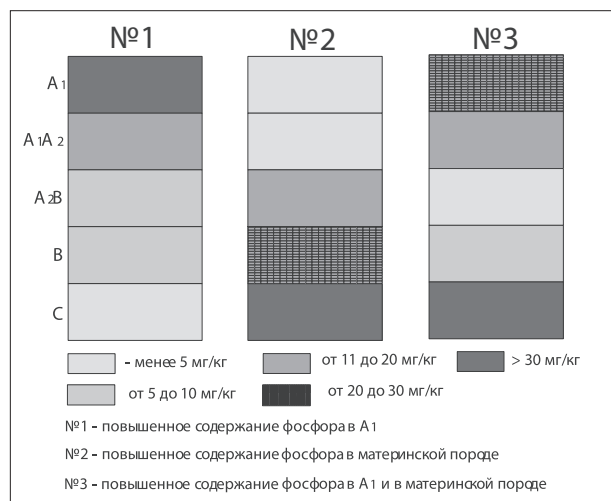


Рис. 6. Три типа распределения фосфора в светло-серых лесных почвах

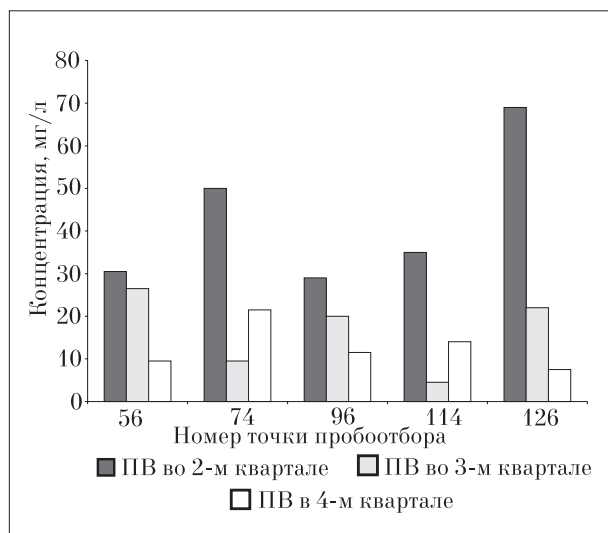


Рис. 7. Сезонная динамика содержания общего фосфора в серых лесных почвах ЗЗМ в 2007 г.

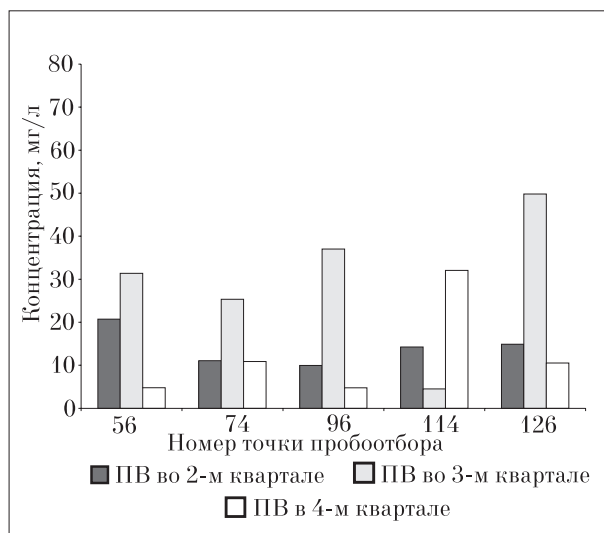


Рис. 7. Сезонная динамика содержания общего фосфора в серых лесных почвах ЗЗМ в 2008 г.

тяжелосуглинистые и суглинистые, менее обеспеченными песчаные и супесчаные.

Интерес с точки зрения мониторинга объекта УХО представляет сезонная динамика содержания общего фосфора, на которую оказывает влияние микробиологическая деятельность и иммобилизация подвижных форм данного элемента древесными растениями. В 2007 г. максимальное содержание фосфатов наблюдалось во 2-м квартале (рис. 7), а в 2008 г. в 3-м квартале (рис. 8). Это связано с тем, что в июне 2007 г. стояла сухая жаркая погода, неблагоприятная для протекания микробиологических процессов, которые вызывают деструкцию лесной подстилки и почвенного гумуса. В 2008 г. максимальное содержание наблюдалось в 3-м квартале. Это связано с тем, что во 2-й половине мая и в начале июня осадки выпадали регулярно, что способствовало активной жизнедеятельности микроорганизмов. Таким образом, динамика содержания фосфатов в светло-лесных почвах водоразделов находится в тесной зависимо-

сти от метеоусловий, которые, в свою очередь, определяют интенсивность микробиологических процессов.

Как показали наши исследования, при отборе почвенных образцов на пробных площадях наблюдается горизонтальная неравномерность в содержании общего фосфора. Минимальное содержание фосфора наблюдается в подкроновых зонах дуба. В подкроновых зонах сосны и берёзы содержание фосфора выше. Это связано, в первую очередь, с тем, что дуб предъявляет повышенные требования к плодородию почвы, забирая из неё максимальное количество элементов минерального питания. Это подтверждается анализом содержания фосфора в листе. В частности, в листе дуба содержание фосфора в 1,5 раза выше, чем в хвое сосны и листе берёзы.

Описанную сезонную динамику и горизонтальную неравномерность содержания фосфора в почве необходимо учитывать при проведении экологического мониторинга объекта УХО.

Изучение физико-химических свойств и состава мышьяксодержащих отходов для целей экологического нормирования процесса уничтожения люизита и его двойных и тройных смесей

© 2008. О.Ю. Растегаев, В.Н. Чупис, Т.П. Толоконникова, А.О. Малишевский, В.И. Марьин
 Научно-исследовательский институт промышленной экологии,
 e-mail: ecovector@sar-ecoinst.org

Изучены физико-химические свойства и состав отходов для целей экологического нормирования процесса детоксикации люизита и его двойных и тройных смесей, включая реакционные массы. Разработана и аттестована методика определения массовой доли мышьяка, которая апробирована и отработана на мышьяксодержащих отходах.

Physical-chemical properties and wastes composition are investigated for the purposes of ecological regulation of lewisite and its double and triple mixtures destructing, including reactionary masses. A special method of measuring mass fraction of arsenic is worked out that was tasted and tried on arsenic-containing wastes.

Ключевые слова: экологическое нормирование, паспортизация отходов, реакционные массы, детоксикация люизита, двойных и тройных смесей

Экологическое нормирование (нормирование природопользования) в части обращения с промышленными отходами включает: расчёт и обоснование лимитов на обращение с отходами и паспортизацию отходов с расчётом классов опасности и определением условий их обращения и хранения, на основании которых выдаётся лицензия на деятельность по обращению с отходами, дающая право на функционирование производства. Исходными для указанного вида работ являются данные о составе и свойствах отходов, полученные экспериментальным путем, при этом особое значение имеет определение количественных характеристик для экологически значимых компонентов, т. е. компонентов, имеющих низкие значения ПДК, высокую летучесть и растворимость, и вносящих наибольший вклад при расчёте классов опасности отхода [1, 2]. При экологическом нормировании процесса уничтожения люизита к таким компонентам относятся люизит, его производные и образующиеся при этом все соединения мышьяка. Таким образом, установление состава и свойств отходов является базовым условием экологического нормирования технологического процесса.

Среди приоритетных технологий переработки люизита метод щелочного гидролиза наиболее изучен в химическом отношении, достаточно просто реализуем в техническом плане, чем определяется его большая экологическая безопасность по сравнению с другими методами (гидрогенолиза и алкоголиза) [3 – 6]. Метод щелочного гидролиза люизита реализо-

ван на объектах УХО в пгт. Горный Саратовской области и в Камбарском районе Удмуртской Республики.

Двойные смеси люизита с ипритом (ДС) и тройные, содержащие дополнительно дихлорэтан (ТС), уничтожаются реагентной обработкой водными растворами моноэтаноламина в периодическом режиме [3].

При реализации указанных технологий (щелочного гидролиза и моноэтаноламинирования) образуются различные виды отходов, которые представлены в таблицах 1 – 3.

Особенность промышленных отходов как объектов анализа заключается в их многокомпонентном составе. Большинство отходов образуются при использовании различных материалов в целой серии технологических операций, поэтому отход в своём составе имеет не только изменившееся количество исходных компонентов, но и примесные компоненты материалов технологического оборудования. Отходы, как правило, содержат как компоненты органической природы, так и неорганического происхождения. Одни компоненты содержатся в макроколичествах, другие – в микроколичествах. Указанные причины обуславливают особенности анализа отходов, состоящие в том, что необходимо определять токсичные компоненты на фоне высоких концентраций органических или неорганических соединений. Это обстоятельство отличает анализ отходов от анализа таких сред, как воздух, вода и даже почва.

Изучение состава отходов, в отличие от других объектов экоаналитических исследо-

ваний, должно включать определение физико-химических показателей. Только совместное определение физико-химических показателей и содержания химических компонентов позволяет достаточно точно идентифицировать данный вид отхода и, следовательно, сделать заключение о соответствии технологическому процессу, паспорту отхода, условиям размещения, вторичного использования, т. е. определить соответствие экологическим требованиям. В связи с указанными принципами анализа отходов для реакционной массы, образующейся при уничтожении люизита и его смесей, определялись физико-химические свойства и химический состав по основным компонентам (соединения мышьяка, хлорид натрия, щёлочь и др.).

Одной из главных проблем являлась проблема анализа соединений мышьяка, поскольку их содержание в различных отходах колеблется в широких пределах. До наших разработок имелась одна методика по анализу мышьяка в отходах ПНДФ 16.1:2:2:3.16-98 «Методика выполнения измерений массовой доли (валового содержания) мышьяка в твёрдых сыпучих материалах фотометрическим и титриметрическим методом с выделением его гипофосфитом натрия». При содержании мышьяка от 0,05 до 20 г/кг определение проводится фотометрированием коллоидного раствора элементного мышьяка. Данный метод определения даёт нестабильные результаты, и целесообразней проводить определение в диапазоне до 1000 мг/кг с помощью отгонки арсина в хлороформенный раствор диэтилдитиокарбамина серебра с фотометрическим окончанием.

Имеющаяся методика по анализу почвы МВИ № 031-03-177-05 «Методика выполнения измерений массовой доли мышьяка в почве и материалах строительных конструкций фотометрическим методом» также не удовлетворяет всем требованиям. Она имеет узкий диапазон определений в интервале от 0,0005 до 0,01 г/кг и не достаточно эффективную минерализацию пробы – применяемая кислотная экстракция мышьяка из почвы не способна обеспечить перевод органических и неорганических соединений мышьяка в растворимую форму, необходимую для полноты извлечения мышьяка из пробы, а кислотная среда повышает летучесть мышьяка. Ещё одним недостатком данной методики является образование коллоидного белого раствора восстановленной серы при отгонке арсина в хлороформенный раствор диэтилдитиокарбамина серебра, что мешает определению.

В связи с этим встала задача разработки методики, имеющей более широкий диапазон, с более высокой чувствительностью определения и способом минерализации, обеспечивающим полное извлечение соединений мышьяка из анализируемой пробы. Более целесообразным представляется применение окислительно-щелочной минерализации, при которой происходит деструкция органических соединений мышьяка и растворение элементного мышьяка, который может присутствовать в пробе. Основная среда препятствует образованию летучих соединений мышьяка и коллоидной серы. Количества моноэтаноламина недостаточно для создания основной среды, поэтому нужно добавлять либо больше моноэтаноламина, либо диэтанолamina или триэтанолamina, обладающих более высокой основностью.

В результате подбора различных способов минерализации и вариантов окончания анализа разработана «Методика выполнения измерений массовой доли мышьяка в отходах производства (в том числе в реакционной массе от уничтожения люизита и его смесей)» № 031-02-184-05. Определение проводят с предварительной окислительно-щелочной минерализацией органических компонентов отходов, содержащих мышьяк. Концентрирование мышьяка проводят восстановлением в щелочной среде сильным органическим восстановителем его неорганических соединений до элементного мышьяка. Аморфный осадок мышьяка коагулируют, доводят до кипения в растворе с добавлением хлорида натрия для усиления эффекта высаливания. Затем осадок отфильтровывают и промывают до удаления остатков, непрореагировавших реагентов. Окончание анализа реализовано методом обратного титрования. Осадок металлического мышьяка растворяют в титрованном растворе бихромата калия в присутствии серной кислоты. Избыток бихромата калия титруют раствором соли Мора с индикатором – фенол-антрахиноновой кислотой.

Методика была апробирована и отработана на реальных отходах процесса уничтожения мышьяксодержащих отравляющих веществ. Она прошла метрологическую аттестацию в ОАО ФНТЦ «Инверсия» и внесена в Госреестр методик.

Данная методика показала наилучшие результаты и удобство в анализе по сравнению с имевшимися методиками. Окислительно-восстановительная реакция выбранного нами восстановителя и неорганических соединений

мышьяка в пробе протекает более полно и с большей скоростью. Выход элементного мышьяка практически количественный (96% введённого мышьяка) и гораздо более высокий по сравнению с другими восстановителями, например, с гипофосфитом – 80% введённого мышьяка, что существенно влияет на погрешность определения в нижних диапазонах определения, не требует введения в качестве катализатора ионов меди, осаждение проводится в щелочной среде, что исключает восстановление некоторых металлов, поскольку последние легко отделяются от пробы фильтрованием их гидроксидов.

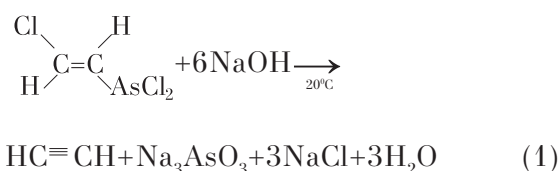
Объектами наших исследований являлись различные отходы, в том числе и реакционная масса, полученная в результате детоксикации люизита раствором щёлочи; реакционная масса, полученная в результате детоксикации ипритно-люизитных смесей (двойных и тройных) смесью моноэтаноламина и этиленгликоля на объекте УХО в пгт. Горный Саратовской области и реакционная масса, полученная в результате детоксикации люизита раствором щелочи на объекте УХО в Камбарском районе Удмуртской Республики, а также прочие отходы, образующиеся в технологическом процессе (угли, ветошь, СИЗ и т. д.). Всего исследовано более 30 образцов отходов, образующихся при уничтожении люизита и его смесей.

Исследование состава реакционных масс, образующихся при щелочной детоксикации люизита

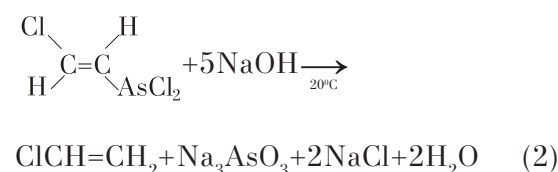
Перед выполнением аналитических исследований для определения полного перечня компонентов отхода наиболее целесообразным представляется проведение анализа технологического процесса с точки зрения протекающих химических реакций.

Химические свойства люизита и его производных, включая щелочной гидролиз, изучены достаточно полно [3 – 10]. Поскольку технический люизит представляет собой смесь веществ (α -люизита и примесей β -люизита, трихлорида мышьяка $AsCl_3$ и смол [5]), то воздействию щёлочи подвергается каждый из компонентов смеси.

транс-изомер α -люизита с водными растворами сильных щелочей, например $NaOH$, разлагается уже при комнатной температуре с образованием ацетилена и арсенита натрия согласно (1) [8]:

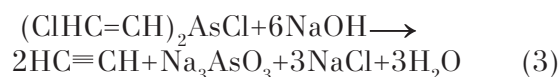


цис-изомер α -люизита в этих условиях превращается в винилхлорид и арсенит натрия [5]:

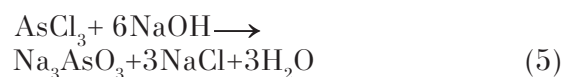
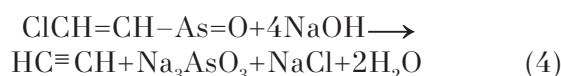


При повышении температуры реакция данного изомера со щёлочью ведёт к тем же продуктам, которые образуются в случае *транс*-изомера [5].

β -люизит под воздействием сильных щелочей при 40 °C распадается также с выделением ацетилена и арсенита натрия [7]:



Присутствующие в техническом люизите хлорвиниларсиноксид и трихлорид мышьяка взаимодействуют с едким натром, давая ацетилен и арсенит натрия в соответствии с (4) и (5) [7]:



Вклад реакций (4) и (5) в состав реакционной массы невелик, так как суммарное содержание хлорвиниларсиноксида и трихлорида мышьяка в техническом люизите составляет не более 5 – 10 % [7].

Таким образом, при действии на технический люизит гидроксида натрия при 40°C выделяется ацетилен, арсенит натрия и хлорид натрия. Поскольку в результате протекания реакций расходуется щёлочь, а выделяющаяся вода приводит к разбавлению реакционной смеси, то для обеспечения полноты протекания процесса требуется избыток щёлочи [5].

В соответствии с нормами ТУ 2112-123-04872702-2002 «Реакционная масса, полученная в результате щелочного гидролиза

Таблица 1

Результаты анализа отхода реакционной массы, полученной при детоксикации люизита методом щелочного гидролиза

№ п/п	Определяемый параметр	Результаты анализа, ($X \pm \Delta$), мг/кг при $R=0,95$								Норма по ТУ, мг/кг
		1	2	3*	4	5	6	7	8	
1.	Внешний вид	Жидкость светло-коричневого цвета	Жидкость светло-коричневого цвета	Жидкость светло-коричневого цвета	Жидкость желтого цвета	Жидкость желтого цвета	Жидкость желтого цвета	Жидкость желтого цвета	Жидкость желтого цвета	Жидкость от желтого до коричневого цвета
2.	Массовая доля мышьяка (Ш)	49,39 ± 8,39	59,81 ± 10,16	33,74 ± 5,73	39,34 ± 6,68	34,32 ± 5,83	31,41 ± 5,34	34,82 ± 5,92	34,82 ± 5,92	30,00 – 85,00
3.	Арсенит натрия	126,53 ± 21,51	153,25 ± 26,05	86,46 ± 14,69	100,79 ± 17,13	87,93 ± 14,94	80,47 ± 13,68	89,23 ± 15,17	89,23 ± 15,17	–
4.	Массовая доля мышьяка (V)	0,65 ± 0,08	1,97 ± 0,25	4,87 ± 0,83	3,43 ± 0,58	2,94 ± 0,50	4,06 ± 0,69	3,05 ± 0,51	3,05 ± 0,51	–
5.	Арсенит натрия	1,81 ± 0,23	5,48 ± 0,71	13,53 ± 2,30	9,51 ± 1,61	8,17 ± 1,39	11,27 ± 1,91	31,27 ± 5,31	31,27 ± 5,31	–
6.	Суммарный мышьяк (расчет)	50,04	61,79	38,62	42,77	37,26	35,47	37,88	37,88	–
7.	Суммарный мышьяк (экспериментально)	49,03 ± 4,90	62,0 ± 6,20	39,21 ± 3,92	43,50 ± 4,35	37,18 ± 3,72	37,06 ± 3,70	37,06 ± 3,70	37,06 ± 3,70	–
8.	Хлориды	70,63 ± 12,71	84,0 ± 15,12	55,28 ± 9,95	68,29 ± 8,87	70,48 ± 9,16	61,53 ± 7,99	79,38 ± 10,31	79,38 ± 10,31	–
9.	Массовая доля хлорида натрия	116,55 ± 20,97	138,62 ± 24,95	91,16 ± 16,40	116,43 ± 20,95	110,96 ± 19,97	95,06 ± 17,11	119,98 ± 21,59	119,98 ± 21,59	не более 140,00
10.	Массовая доля гидроксида натрия (связанного в солях мышьяка+свободный)	81,94 ± 9,83	53,32 ± 6,39	43,16 ± 5,17	93,74 ± 1,12	88,51 ± 10,62	65,38 ± 7,84	98,94 ± 11,87	98,94 ± 11,87	не более 200,00
11.	Содержание гидроксида натрия свободного	1,80 ± 0,2	Отсутствует	Отсутствует	25,22 ± 3,02	28,80 ± 3,45	8,56 ± 1,02	13,71 ± 1,64	13,71 ± 1,64	–
12.	Суммарное содержание натрия	92,35 ± 13,85	109,59 ± 16,43	64,27 ± 6,42	99,72 ± 14,95	94,55 ± 14,18	75,0 ± 11,25	97,56 ± 14,63	97,56 ± 14,63	–
13.	Массовая доля воды	72,64	70,14	792,61	735,63	777,39	812,79	733,41	733,41	–
14.	Плотность при 20°C, г/см ³	1,24	1,25	1,18	1,26	1,23	1,19	1,26	1,26	–
15.	Показатель преломления, $n_{D,20}$	1,39	1,38	1,37	1,39	1,38	1,37	1,39	1,39	–

Примечание: * отмечены отходы, образующиеся на объекте УХО в Камбарском районе Удмуртской Республики.

люизита» реакционная масса характеризуется по внешнему виду, нормируется массовая доля мышьяка (Ш), массовая доля хлорида натрия, массовая доля «общей щёлочи», остаточное количество α-люизита. Проведённые исследования показывают, что образцы реакционных масс соответствуют требованиям ТУ.

В соответствии с вышеизложенными подходами необходимо было также определить физико-химические показатели, пятивалентный мышьяк и общий мышьяк. Для полной идентификации реакционной массы нами дополнительно проведено определение таких показателей, как плотность, показатель преломления, суммарное содержание мышьяка, натрия. Реакционная масса была подвергнута исследованию на содержание органических соединений, прежде всего, остаточного люизита и неорганических соединений – арсенида, арсената, хлорида и гидроксида натрия.

Для обнаружения возможных органических соединений в реакционной массе, использовали хроматографический анализ с масс-селективным детектированием. Анализ гексанового экстракта из реакционной массы указывает на практическое отсутствие органической части (менее 2 отн. %), в том числе содержание остаточного люизита в реакционной массе менее $1,0 \cdot 10^{-6}$ мг/мл. Данный результат свидетельствует о практическом отсутствии ОВ и, следовательно, о полноте проведённой детоксикации.

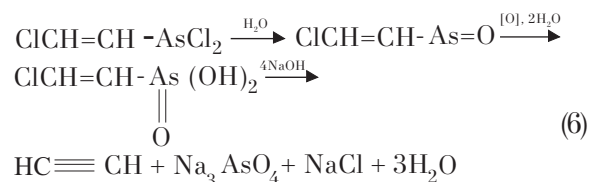
Результаты анализов приведены в таблице 1.

Методы анализа

Массовая доля мышьяка (Ш), массовая доля мышьяка (V) определялись йодометрически соответственно в щелочной и в сильно кислой среде, массовая доля хлорида натрия – по хлорид-ионам титриметрически, массовая доля гидроксида натрия – титриметрически, массовая доля воды – гравиметрически с азеотропной отгонкой по МВИ № 031-02-013-00, ТУ 2112-123-04872702-2002; суммарная концентрация мышьяка – титриметрически по ПНДФ 16.1:2.23.16-98, МВИ № 031-02-184-05; хлориды – методом ионной хроматографии по НДФ 14.1:2:4.132-98; суммарная концентрация натрия – методом пламенной фотометрии по ПНДФ 14.1:2:4.138-98; плотность гравиметрически по ГОСТ 18995.1-73; показатель преломления – рефрактометрически по ГОСТ 18995.2-73.

Анализ результатов, полученных в результате определения таких показателей, как плотность, показатель преломления, суммарное содержание мышьяка, указывает на закономерное изменение этих показателей в зависимости от содержания других компонентов реакционной массы. При сравнении экспериментальных и рассчитанных значений содержания мышьяка с учётом погрешностей определения наблюдается удовлетворительная корреляция.

Наличие небольшого количества (около 1%) арсената натрия может быть связано с двумя причинами: либо с наличием в исходном техническом люизите виниларсоновой кислоты, либо с окислением люизита при осуществлении технологического процесса по реакциям (6), поскольку окисление арсенида натрия в отсутствие окислителя (ацетилен в среде азота) маловероятно. Экспериментально проверить данный факт можно только на основании более точного анализа состава исходных реагентов и продуктов реакции.



Исследование состава других отходов, образующихся при детоксикации люизита и его двойных и тройных смесей

ДС и ТС могут различаться количествами образующих их компонентов, а физико-химические характеристики конкретных партий ОВ будут сильно зависеть от их состава, продолжительности и условий хранения. Известно, что в результате длительного хранения смесей в них могут иметь место процессы полимеризации [10].

Промышленную детоксикацию ДС и ТС проводят с помощью водного раствора моноэтаноламина с добавкой этиленгликоля при нагревании [10]. В состав реакционных масс после уничтожения ДС и ТС входят неорганические и органические соединения мышьяка, продукты взаимодействия иприта и дихлорэтана с моноэтаноламином, из которых самыми токсичными являются соединения мышьяка. Поэтому во всех отходах был проведён анализ мышьяка с использованием

Таблица 2

Содержание мышьяка в отходах, образующихся при щелочном гидролизе люизита

Наименование отхода	Содержание мышьяка, г/кг	Класс опасности
Реакционная масса	37,06 - 62,0	2 кл.
Уголь из фильтров ФП-300	2,73 ± 0,27	2 кл.
Ткань фильтровальная	4,87 ± 0,53	2 кл.
Ветошь продегазитрованная	0,058 ± 0,014	3 кл.
Активированный уголь из контактных аппаратов	0,003 ± 0,0009	3 кл.
Концентрат выпарки сточных вод (мг/дм ³)	0,080 ± 0,20	3 кл.
Кек-шлак – зола от установки термического обезвреживания (УТО) в т.ч.: – зола от сжигания СИЗ, – зола от сжигания активированного угля	0,011-0,203	3 кл.
	0,090-0,203	3 кл.
	0,011	3 кл.
Фильтр тонкой очистки воздуха	0,96-2,44	3 кл.
Шлам после фильтрации реакционной массы люизита	22,26 ± 2,22	3 кл.
	28,09 ± 2,80	
Твёрдые отходы лаборатории	0,001 ± 0,0004	4 кл.
Жидкие отходы лаборатории (мг/дм ³)	0,018 ± 0,005	4 кл.

Таблица 3

Содержание мышьяка в некоторых отходах, образующихся при моноэтаноламинировании ДС и ТС

Наименование отхода	Содержание мышьяка, г/кг	Класс опасности
Реакционная масса от детоксикации ДС	2,51 ± 1,01	2 кл.
Реакционная масса от детоксикации ТС	11,62 ± 1,16	2 кл.
Реакционная масса детоксикации 1-го промывного раствора ДС в этиленгликоле	0,034 ± 0,013	2 кл.
Реакционная масса детоксикации 2-го промывного раствора ДС в этиленгликоле	4,67 ± 0,47	2 кл.
Реакционная масса детоксикации 2-го промывного раствора ТС в этиленгликоле	0,21 ± 0,08	2 кл.
Отработанный дегазатор УРК	6,43 ± 0,64	2 кл.
Сточные воды	1,01 ± 0,41	2 кл.
Реакционная масса детоксикации промывного раствора люизита в этиленгликоле №1	6,95 ± 0,69	3 кл.
Реакционная масса детоксикации промывного раствора люизита в этиленгликоле №5	13,09 ± 1,30	3 кл.
Отработанный дегазатор от дегазации оборудования	2,52 ± 0,25	3 кл.
Концентрат выпарки сточных вод	0,62 ± 0,25	3 кл.
Кек-шлак – зола от установки термического обезвреживания (УТО), в т.ч.: – зола от сжигания СИЗ	0,014 ± 0,006	3 кл.
	0,002 ± 0,0006	4 кл.

вновь разработанной методики. Результаты определений приведены в табл. 2 и 3.

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что содержание мышьяка в отходе зависит от технологического происхождения отхода: отходы, непосредственно образованные в ходе осуществления технологического процесса, имеют существенно боль-

шее содержание мышьяка (реакционные массы, дегазаторы), чем отходы, образованные при осуществлении вспомогательных процессов (кек, золы, отработанные СИЗ, жидкие и твёрдые отходы от лабораторий). Аналогичная корреляция наблюдается и в распределении классов опасности отхода: чем больше содержание мышьяка, тем выше класс опас-

ности отхода и в основном не зависит от содержания в отходе других компонентов.

Таким образом, предложены методические подходы по проведению исследований отходов для целей экологического нормирования процесса детоксикации люизита и его двойных и тройных смесей. Установлен перечень физико-химических и химических показателей, разработаны и апробированы соответствующие методики определения, что позволяет рекомендовать их для применения в системах технологического и экологического контроля на объектах УХО.

Литература

1. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 19.10.2007 г. № 703 «Об утверждении методических указаний по разработке проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение».

2. Приказ МПР России от 15.06.01 № 511 «Об утверждении Критериев отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей среды».

3. Мачилз Дж.Б.Х., Верлан Б.Л., Даз А., Медема Я. Уничтожение люизита (сравнение трёх методов) // Росс. хим. журн. 1995. Т. 39. № 4. С. 37-42.

4. Франке З. Химия отравляющих веществ. М.: Химия, 1973. Т. 1. 438 с.

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

6. Александров В.Н., Емельянов В.И. Отравляющие вещества. М.: Военное издательство, 1990.

7. Умяров И.А., Кузнецов Б.А., Кротович И.Н., Холстов В.И., Соловьев В.К. Методы уничтожения и утилизации запасов люизита и иприта // Росс. хим. журн. 1993. Т. 37. № 3. С. 25.

8. Фёдоров 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 // Росс. хим. журн. 1994. Т. 38. № 2. С. 25.

9. Луганский И.Н., Папкова О.А., Чеботаев В.В., Холодова В.А., Шелученко В.В. Уничтожение люизита с использованием методов полимеризации. // Росс. хим. журн., 1994. Т. 38. № 2. С. 36-39.

10. Ашихмина Т.Я. Комплексный экологический мониторинг объектов хранения и уничтожения химического оружия. Киров, 2002. 543 с.

УДК 631.466.3

Применение в экологических исследованиях методов биотестирования на культурах клеток человека и животных

© 2008. В.Н. Чупис, Л.Л. Журавлева, Д.Е. Иванов
Научно-исследовательский институт промышленной экологии,
e-mail: ecovector@sar-ecoinst.org

В статье рассмотрены возможности применения методов биотестирования на культурах клеток человека и животных при проведении экологического мониторинга, а также необходимое для этого лабораторное оборудование.

The article describes the opportunities of biotesting methods application on cell cultures of human beings and animals in the process of ecological monitoring. The labware necessary for it is presented.

Ключевые слова: биотестирование, культуры клеток, экологический контроль, токсикодинамика

Комплексное изучение состояния окружающей среды в районах расположения опасных промышленных предприятий включает использование методов биотестирования и биоиндикации. Как правило, проводится оценка состояния флоры и фауны наземных и водных биоценозов и токсичности проб

воды и почвы в строго контролируемых условиях аккредитованных лабораторий биотестирования с помощью методик, допущенных для целей государственного экологического контроля.

Основные требования, предъявляемые к тест-системам, заключаются в следующем:

- повышенная чувствительность к воздействию загрязняющих веществ и возможность работы на уровне малых доз;
- быстрота и экономичность, воспроизводимость, т. е. возможность получения с помощью данной тест-системы результатов в пределах случайных ошибок другими специалистами аналогичного профиля;
- регистрация токсических эффектов не только самих веществ, но и их метаболитов.

В то же время тест-системы должны обеспечивать возможность экстраполяции полученных результатов от условий воздействия токсикантов *in vitro* на условия *in vivo*, от одних типов клеток на другие, особенно от соматических к зародышевым, поскольку мутации именно последних создают реальную опасность изменения наследственности, от одних биологических видов на другие, в том числе на человека, обладающего исключительно низкими возможностями генетической адаптации к воздействию мутагенов.

Ни один из взятых отдельно методов биотестирования не позволяет сделать достаточно обоснованное заключение о токсичности природных сред. В связи с этим возникает необходимость использования нескольких биологических объектов и методов, т. е. систем тестирования [1]. Такие системы включают ряд представителей различных систематических групп организмов, а также культуры клеток, что позволяет дать более точную качественную и количественную оценку токсичности воды, почвы и воздуха.

Клеточные культуры в системе биотестирования качества природных сред

В последние годы исследователи при изучении состояния природных сред всё чаще применяют методы биотестирования, в которых используются культуры клеток человека и животных. Подобный подход связан с необходимостью более глубокого изучения влияния антропогенных факторов на различные группы организмов и сложностями проведения исследований на животных тест-объектах. Главное преимущество культивируемых клеток – это возможность прижизненного наблюдения клеток. Существенно, что при работе с культурами клеток в эксперименте используются здоровые клетки и что они со-

храняют жизнеспособность в течение всего эксперимента.

Клетки, выращенные *in vitro*, сохраняют многие черты метаболизма исходных тканей хозяина и в то же время лишены тканевых и органных взаимосвязей, регуляторных влияний нервной и эндокринной систем, обладают весьма ограниченными компенсаторными возможностями. Эти особенности культур клеток дают возможность исследовать взаимодействие химических агентов с клеткой в «чистом виде», выявить изменения клеточных и субклеточных структур, которые в условиях целостного организма могут маскироваться или видоизменяться указанными выше компенсаторными и регуляторными механизмами на ранних этапах развития токсического процесса или при действии низких концентраций химических агентов.

Однако клеточные тест-системы имеют ряд ограничений, обусловленных самой природой метода. Так, в исследованиях на культурах клеток не могут быть учтены такие важные с общетоксикологических позиций моменты, как путь поступления химического агента в организм, его распределение, выведение и другие вопросы токсикодинамики. Как и при применении других модельных тест-систем, экстраполяция полученных результатов на целостный организм требует большой осторожности, особенно когда речь идёт о количественных показателях [2].

Метод биотестирования с использованием клеточных культур может заменить опыты на лабораторных животных по следующим причинам:

1. Дешевизна и доступность используемого материала (для выращивания клеточной культуры достаточно изъять клетки органов у 1 – 2 животных и полученные клеточные линии могут использоваться в течение длительного периода).

2. Возможность быстрого получения результатов и прижизненного наблюдения за моделью в течение всего эксперимента.

3. Высокая корреляция результатов *in vitro* и *in vivo*.

4. Полученные клеточные линии сохраняют высокую видовую специфичность [3].

Кроме того, при исследованиях на клеточных культурах возможно использование радиоактивных изотопов для изучения биосинтеза белка и ДНК [4].

Перечень типов клеток, которые в настоящее время можно культивировать, достаточно

велик. Это элементы соединительной ткани (фибробласты), скелетные ткани (кость, хрящи), скелетные, сердечная и гладкие мышцы, эпителиальные ткани (печень, лёгкие, молочная железа, кожа, мочевой пузырь, почки), клетки нервной системы (глиальные клетки и нейроны, хотя последние лишены способности к пролиферации), эндокринные клетки (надпочечники, гипофиз, клетки островков Лангерганса), меланоциты и различные типы опухолевых клеток.

В научных исследованиях часто используются различные линии мышинных эмбриональных фибробластов, гетероплоидные клетки глиобластомы человека (GL-6), диплоидные эмбриональные клетки человека. Типичные диплоидные клетки человека включают: клеточный штамм MRC-5 (ATCC, CCL 174), клеточный штамм WI-38 (ATCC, CCL 75) и клеточный штамм HEL 299 (ATCC, CCL 137), лимфобластоиды человека IM-9 (ATCC, CCL 159), штамм диплоидных клеток фибробластов лёгких эмбриона человека LBHEL (KCTC 0127 BP).

Клетки мезодермального происхождения (фибробласты, клетки эндотелия, миобласты) легче культивировать, чем эпителиальные клетки, нейроны и клетки эндокринных тканей.

Культуры, полученные из эмбриональных тканей, как правило, характеризуются лучшей выживаемостью и более активным ростом по сравнению с культурами из соответствующих «взрослых» тканей. Это отражает, по-видимому, более низкий уровень специализации и наличие реплицирующихся клеток-предшественников или стволовых клеток в эмбрионах. «Взрослые» ткани, как правило, характеризуются пониженным пролиферативным пулом и более высоким содержанием неделящихся специализированных клеток, часто ассоциированных с более структурированным и слабо дезагрегирующим внеклеточным матриксом. Получение первичных культур клеток «взрослых» тканей и их размножение являются более сложной задачей, и продолжительность жизни таких культур, как правило, невелика.

Для экотоксикологических исследований перспективно использовать культуру диплоидных эмбриональных клеток человека [5]. Преимущества диплоидных эмбриональных клеток человека перед остальными культурами клеток следующие:

1. Высокая чувствительность к минимальным концентрациям любых субстанций

и достаточная стабильность биологических свойств.

2. Генетическая однородность и сохранность свойств донора на протяжении 45 – 50 пассажей.

3. Абсолютная воспроизводимость результатов.

4. Отсутствие зависимости от человека донора для первичных клеток лимфоцитов и фибробластов.

5. Возможность моделирования, изучения и прогнозирования летальной, сублетальной и скрытой формы поражения клеток.

6. Возможность продолжительных наблюдений за поврежденными клетками.

Культуры клеток человека и животных как тест-объекты для исследования потенциальной токсичности и мутагенной активности промышленных загрязнителей широко используются в экотоксикологических исследованиях [6 – 11].

Оборудование и среды для работы с культурами клеток

Технические средства, предназначенные для лаборатории культуры клеток, должны образовывать определённую систему. При подборе оборудования полезно составлять так называемые номенклатурные перечни. При этом все технические средства группируют по их месту в процессе работ с клеточными культурами:

- 1) приборы и устройства, обеспечивающие работу с клеточными культурами;
- 2) приборы и устройства для культивирования клеток;
- 3) микроскопы;
- 4) устройства для криоконсервации и хранения клеточных культур [12].

Для получения сверхчистой и общелабораторной воды, используемой для приготовления питательных сред, мытья посуды, предназначенной для выращивания культур тканей и других целей, применяют установки ОВ-1, ОВ-2, ОВ-3. Установка ОВ-1 представляет собой последовательно соединённые установки ОВ-2 и ОВ-3. В практике работ с клеточными культурами часто возникает необходимость в массовом дозировании, отборе проб или разведении биологически активных жидкостей. Величина единичной дозы в большинстве случаев находится в диапазоне от 1 мкл до 10 мл. Жёсткие требования

предъявляют также к точности и воспроизводимости разовой дозы. Значительно облегчает проведение этой технологической операции использование автоматических или полуавтоматических устройств, которые в разных источниках называют дозаторами-дилюторами, автоматическими пипетками и т. п. Сменные наконечники можно подвергнуть паровой стерилизации и повторно использовать. За рубежом широко применяют устройства, относящиеся к малой лабораторной технике, не являющиеся по своей сути дозаторами, но значительно облегчающие этот процесс и делающие его более безопасным для оператора. Речь идёт о так называемых приборах «Piped-Aid»; которые предназначены для отбора проб и выдачи дозы при работе с пастеровскими пипетками и любыми градуированными пипетками ёмкостью до 75 мл. Пипетку вставляют в специальный держатель, соединённый с малогабаритным вакуумным насосом. Отбор проб и дозирование проводят путём создания вакуума или избыточного давления в пипетке. Оператор управляет работой прибора с помощью кнопок, размещённых на держателе. Скорость набора и выдачи дозы регулируют с помощью установки производительности насоса или силой нажатия соответствующих кнопок управления. В данных приборах предусмотрена защита от попадания дозируемой жидкости в прибор, а также имеются воздушные фильтры, исключающие загрязнение дозируемой жидкости при выдаче дозы.

Для выращивания клеточных культур, как правило, применяют следующие питательные среды: среда 199, Игла MEM и Игла в модификации Дульбекко с добавлением 10 – 15% эмбриональной сыворотки плодов коровы. Для культивирования лимфобластоидной клеточной линии IM-9 используется среда MDM (Sigma, USA). В состав среды входят необходимые добавки: 10% эмбриональной телячьей сыворотки, 1% L-глутамина, 0,1% антибиотиков (пенициллин-стрептомициновый комплекс). Диплоидные эмбриональные клетки человека культивируют в виде монослоя в плоских флаконах.

Одним из основных требований к жидким питательным средам для клеточных культур является их стерильность, достигаемая, в частности, с помощью так называемой стерилизующей фильтрации, освобождающей питательные среды от примесей, бактерий и коллоидов. Различают микро- и ультрафильтрацию сред. При микрофильтрации

из жидкости удаляют частицы примесей и бактерии размером от 0,25 до 10 мкм. Ультрафильтрация позволяет извлечь из раствора очень мелкие частицы и коллоиды, а также молекулы растворённых веществ с молекулярной массой от 1000 до 1000000. Мембранные фильтры, пригодные для очистки питательных сред, производят ряд фирм. Наиболее широкое применение в практике нашли миллиметровые фильтры. Размеры мембранных фильтров (13, 25, 47, 90, 142 и 293 мм) стали в какой-то мере стандартными. Для фильтрации средних по объёму количеств питательных сред (25 – 50 л) наиболее удобны установки с мембранными фильтрами диаметром 90 и 142 мм. В общем случае установка для стерилизующей фильтрации состоит из системы, предназначенной для создания избыточного давления на фильтруемую жидкость, стерилизуемого держателя фильтра, фильтрующей мембраны, трубопроводов и сосудов для размещения фильтруемой жидкости и фильтрата. При подборе и расчёте фильтрующей системы рекомендуется предварительно сформулировать задачу (вид среды, подлежащей фильтрации, её температура, вязкость, химический состав, размер частиц, подлежащих фильтрации, режим фильтрации – непрерывный или порционный и т. п.) и подобрать соответствующие мембрану и держатель, а также определить величину избыточного давления, необходимого для фильтрации.

Стерильность при работе с культурами клеток обычно обеспечивается путём проведения исследования в ламинарных боксах.

Для очистки клеток было разработано несколько подходов, в том числе высокоэффективная сортировка на основе мультипараметрического иммунофенотипирования или иммунофенотипирование в сочетании с функциональными тестами. Высокопроизводительный сортёр клеток MoFlo позволяет выделить необходимую популяцию клеток. Окрашенные клетки загружаются в MoFlo. При помощи программного обеспечения Summit, по отношению прямого и бокового рассеяния идентифицируется основная клеточная популяция. Затем по отношению синей и красной флуоресценции красителя Hoechst 33342 идентифицируется минорная популяция клеток. Очищенные клетки полностью сохраняют функциональные свойства, что делает возможным их долгосрочное культивирование.

Для подсчёта количества клеток часто используется электронный счётчик Коултера (Coulter counter Multisizer II).

Лабораторные термостаты для культивирования клеток должны отвечать определённым требованиям: обеспечивать высокую стабильность заданной температуры, создавать минимальный градиент температуры по полезному объёму, иметь систему быстрого восстановления температуры после кратковременного охлаждения. Внутренняя поверхность термостатов должна быть изготовлена из биологически пассивных материалов, т. е. не влияющих на жизнедеятельность клеток и стойких к воздействию компонентов питательных сред. Материалы, из которых изготавливают внутренние и наружные части термостата, и покрытия должны выдерживать деконтаминацию водными растворами спирта-ректификата и стерилизацию УФ-излучением. Современные модели этих приборов имеют полезный объём от 20 до 1400 л. Полезный объём образуется полированными пластинами из нержавеющей стали или меди (у дорогих моделей). Как правило, термостаты имеют наружную и внутреннюю двери. Последнюю изготавливают из прозрачного материала, что позволяет наблюдать за содержимым термостата без нарушения температурного режима. Многие модели подобных приборов имеют секционную внутреннюю дверь, обеспечивающую доступ в термостат с минимальным нарушением теплового режима в полезном объёме. Температуру в рабочей камере термостатов обычно можно задавать в диапазоне от превышающей комнатную на 5 °С до 80 °С. В некоторых моделях термостатов имеется встроенная холодильная установка, позволяющая задавать температуру в диапазоне от -10 до 80 °С и поддерживать её при помещении в полезный объём приборов, выделяющих дополнительное тепло, например, роллерных установок, встряхивателей и т. п.

В связи с необходимостью поддержания постоянного рН питательной среды и её минимального испарения в период инкубации клеток были созданы специальные приборы, предназначенные для этой цели, — так называемые углекислотные инкубаторы. По своей конструкции и основным параметрам они полностью соответствуют описанным выше термостатам. Основным отличием является наличие систем создания и поддержания определённого состава газовой среды в полезном объёме и высокой относитель-

ной влажности в нём. В газовой среде камер углекислотного инкубатора повышена концентрация кислорода и углекислого газа, в большинстве случаев только углекислого газа; концентрацию задают в зависимости от условий культивирования и поддерживают автоматически с точностью до $\pm 0,1\%$. Современные модели этих приборов позволяют регулировать количество кислорода и углекислого газа в диапазоне от 1 до 95 об. %.

Для оперативного получения качественной информации о состоянии культивируемых клеток используют специальные инвертированные микроскопы. Принцип инвертированности (перевернутости) заключается в том, что объект наблюдения освещается сверху, а наблюдение ведётся через объективы, расположенные под объектом. Это позволяет наблюдать за живыми клетками в культуре, т. е. непосредственно в сосудах, где происходит процесс их роста. В микроскопах с обычной оптической схемой отсутствует возможность помещения культивационных сосудов между столиком и объективом из-за недостаточности этого расстояния [13].

В заключение следует отметить, что культуры клеток человека и животных при биотестировании необходимо использовать в составе системы тест-объектов, которые относятся к различным систематическим группам организмов. Только при этом условии применение культуры клеток человека и животных в качестве тест-объекта существенно повышает качество экотоксикологического анализа природных сред в зоне влияния опасных промышленных предприятий.

Литература

1. Чупис В.Н., Луцай Е.А., Ларин И.Н., Загреков А.А., Ильина Е.В., Иванов Д.Е. Система биотестов для экологического мониторинга // Экология и промышленность России. 2008. № 1. С. 44-45.
2. Рязанова Р.А., Елизарова О.Н., Василос А.Ф., Шройт И.Г., Дмитриенко В.Д. Применение метода клеточных культур для исследования биологического действия пестицидов (методические рекомендации) // Альтернативные методы исследований (экспресс-методы) для токсиколого-гигиенической оценки материалов, изделий и объектов окружающей среды. М., 1999. С. 50-68.
3. Михайлова Л.П. Возможности и области применения метода биоиндикации на клеточных культурах человека и животных <http://www.sinor.ru/-Che/bio.htm>

4. Hasspieler B.M., Haffner G.D, Adeli K. In vitro toxicological methods for environmental health testing. 1996. № 4. P. 213-227.

5. Червонская Г.П., Панкратова Г.П., Миронова Л.Л., Крючкова Г.П., Фрейдин М.И. Методические указания по использованию культуры диплоидных эмбриональных клеток человека, рекомендуемых для токсиколого-гигиенических исследований // Альтернативные методы исследований (экспресс-методы) для токсиколого-гигиенической оценки материалов, изделий и объектов окружающей среды (методическое пособие). М., 1999. С. 79-88.

6. Бигалиев А.Б., Туребаев М.Н., Елемесова М.Ш., Бигалиева Р.К. Культура клеток как тест-система для исследования потенциальной мутагенной активности промышленных загрязнителей // Генетические последствия загрязнения окружающей среды. Вып. 2. М.: Изд-во «Мысль», 1977. С. 74-84.

7. Дубинина Л.Г. Культура лейкоцитов человека как тест-система при анализе мутагенности факторов среды // Генетические последствия загрязнения окружающей среды. Вып.1. М.: Изд-во «Наука», 1977. С. 89-95.

8. Бочков Н.П., Кулешов Н.П., Журков В.С., Яковенко К.Н. Изучение спонтанных хромосомных aberrаций в культуре лимфоцитов человека // Генетические последствия загрязнения окружающей среды. Вып. 1. М.: Изд-во «Наука», 1977. С. 106-110.

9. Hasspieler B.M. Toxicological assessment of industrial solvents using human cell bioassays: assessment of short-term cytotoxicity and long-term genotoxicity potential // Toxicology and Industrial Health. 2006. V. 22. № 7. P. 301-315.

10. Hasspieler, B., Haffner, D., Adeli, K. Human bioassays to assess environmental genotoxicity: development of a DNA break bioassay in HepG2 cells // Clinical Biochemistry. 1995. V. 28. P. 113-116.

11. Dambach D. M., Andrews B. A., Moulin F. New Technologies and Screening Strategies for Hepatotoxicity: Use of In Vitro Models // Toxicologic Pathology. 2005. V. 33. № 1. P. 17-26.

12. Культивирование клеток и тканей. «ЛабоRUтория» (www.primer.ru), 2003.

13. Адамс Р. Методы культуры клеток для биохимиков. М.: Мир, 1983. 263 с.

Методология и основные направления экоаналитического обеспечения системы государственного экологического контроля и мониторинга объектов по хранению и уничтожению фосфорорганического химического оружия

© 2008. О.Ю. Растегаев, В.Н. Чупис

Научно-исследовательский институт промышленной экологии,
e-mail: ecovector@sar-ecoinst.org,

Предложена методология и рассмотрены основные направления экоаналитического обеспечения системы государственного экологического контроля и мониторинга объектов по хранению и уничтожению химического оружия (СГЭКиМ объектов УХО). Приведённая методическая база включает распределение методик по объектам экологического контроля и мониторинга, диапазоны измерений, нормативы контроля и используется в работе лабораторий региональных центров СГЭКиМ.

The methodology and main directions are presented of ecoanalytic ensuring state ecological control and monitoring system of chemical weapon storage and destruction objects. The methodological basis includes methodics distribution according to ecological control and monitoring objects, as well as measure ranges and control norms. It is used by regional centre laboratories of Saratov State Ecological Control and Monitoring of Chemical Weapon destruction.

Ключевые слова: экологический контроль и мониторинг, нормативы контроля, продукты деструкции ФОВ, методическая база контроля

Базисным элементом концепции безопасности при уничтожении химического оружия в России является обеспечение экологической безопасности и мониторинг окружающей среды [1].

Важным элементом инструментального обеспечения природоохранной деятельности предприятий служит проведение химико-аналитических работ (экоаналитических исследований) [2, 3].

В задачи экоаналитического обеспечения СГЭКиМ входят:

1. Разработка экологических нормативов для предприятия и последующий контроль установленных нормативов на объекте УХО.

2. Аналитические исследования состава природных сред при проведении экологического мониторинга с целью установления фоновое состояние, контроля качества природных сред, а также экспериментального подтверждения расчётных данных, полученных на основании данных контроля на источниках выбросов (сбросов) предприятия.

Разработка экологических нормативов для предприятия и последующий контроль установленных нормативов на объекте УХО включает следующие виды работ, в ходе которых проводятся химико-аналитические исследования:

- установление состава и количественного содержания загрязняющих ве-

ществ (ЗВ) газоздушных смесей (ГВС), выделяющихся из соответствующих источников выбросов, для разработки нормативов ПДВ (максимальная и валовая мощность выбросов) и формирования графика экоаналитического инструментального контроля на источниках выбросов;

- установление состава и количественного содержания загрязняющих веществ (ЗВ) сточных вод, сбрасываемых из соответствующих источников сбросов, для разработки нормативов ПДС и формирования графика экоаналитического инструментального контроля на источниках сбросов;
- контроль состава ГВС с целью определения эффективности систем очистки выбросов в соответствии с паспортом ГОУ;
- контроль состава сточных вод по нормативам ТУ и техрегламента с целью определения эффективности систем очистки стоков;
- контроль состава и свойств отходов для разработки паспортов опасных отходов, для установления соответствия паспортным данным.

В соответствии с Федеральным законом «Об охране окружающей среды» (2002 г.) мониторинг окружающей среды определяется

как комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов. Экспериментальной базой экологического мониторинга являются химико-аналитические исследования природных сред.

При экологическом мониторинге проводятся аналитические исследования химического состава следующих природных сред и объектов: атмосферного воздуха, поверхностных природных вод, снежного покрова, почв, донных отложений, грунтовых вод.

Методологической основой экоаналитического обеспечения является применение вновь разработанных или имеющихся химических методов для контроля экологических нормативов и технологических норм, иначе говоря, проведение экологического контроля за соблюдением технологического процесса химическими методами. Реализация указанного подхода может быть выражена следующей блок-схемой (рис.1).

Данная блок-схема включает несколько процессов.

Анализ технологического процесса является первым важнейшим этапом работы, в результате реализации которого определяются основные исходные данные, а именно: объекты экологического контроля, составляется перечень технологических подразделений, в которых будет осуществляться контроль, устанавливается перечень выбрасываемых веществ, пути поступления ЗВ в окружающую среду, а следовательно, объём и перечень объектов экологического мониторинга.

Составление перечня загрязнителей, ранжирование перечня по «технологическому» принципу. Технологический принцип заключается в том, что перечень загрязнителей составляется и ранжируется исходя из важности ЗВ в технологическом процессе, другие принципы, основанные на токсикологических, физико-химических и других свойствах ЗВ, применяются как вспомогательные.

Обоснование перечня контролируемых загрязнителей и параметров базируется на анализе следующих данных:

- технико-экономического обоснования строительства объекта;
- технологической документации (ТУ, техрегламент);
- ГОСТ, СанПиН, НД по природопользованию;
- фактических данных по исследованию состава выбросов, сбросов, отходов;
- анализа процессов деструкции фосфорсодержащих отравляющих веществ (ФОВ) в технологических объектах и природных средах.

В основе процесса детоксикации ФОВ [4] лежит разрыв связи фосфор-гетероатом, ответственной за биологическую активность ОВ: для вещества типа-Vx – это связь фосфор-сера, для зарина и зомана – фосфор-фтор. Все способы детоксикации предусматривают разрыв указанных связей нуклеофильными реагентами.

Так, при деструкции вещества типа-Vx образуется О-изобутилметил-фосфонат и 2-диэтиламиноэтилмеркаптан.

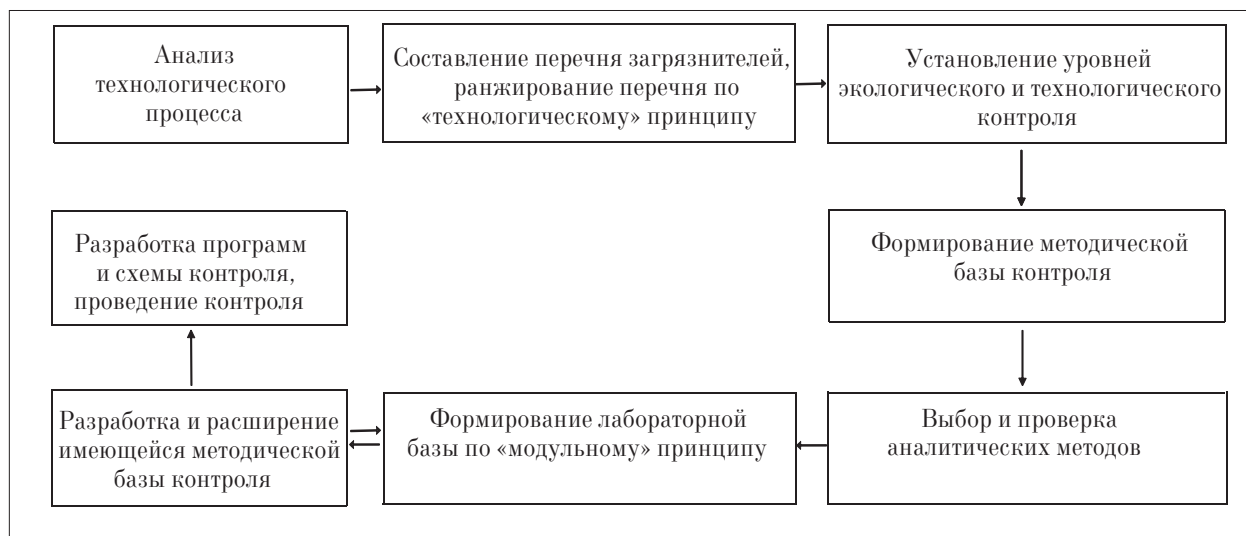
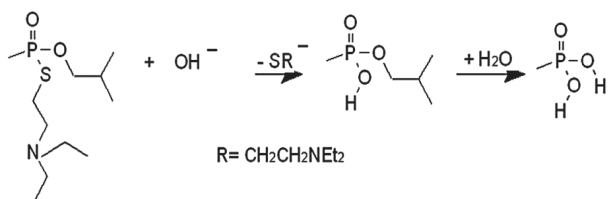
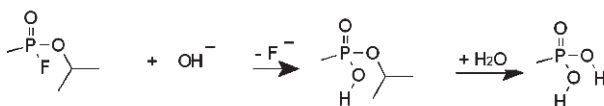
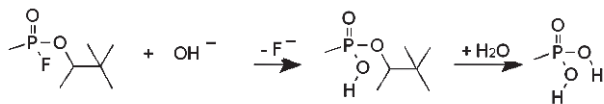


Рис.1. Блок-схема проведения экологического контроля за соблюдением технологического процесса химическими методами



При уничтожении зарина и зомана образуется О-изопропилметил-фосфонат или О-пинаколилметилфосфонат и фторид-ион.



В природных средах данные моноэфиры метилфосфоновой кислоты (или кислые эфиры) гидролизуются до метилфосфоновой кислоты (МФК) и соответствующего спирта (изобутилового, изопропилового, пинаколилового). В результате взаимодействия с солями, в первую очередь кальция и магния, могут образовываться малорастворимые соли МФК, её эфиров и фториды. При окислении кислородом 2-диэтиламиноэтилмеркаптан может легко превращаться в соответствующий дисульфид, а при более глубоком окислении – в сульфоновую кислоту. Кроме указанных процессов гидролиза и окисления в природных средах могут происходить разнообразные процессы: например, комплексо-

образование, этерификации с природными кислотами и спиртами, солеобразования и другие. Поэтому в природных средах необходимо искать, в первую очередь, те вещества, которые указывают именно на своих предшественников ФОВ, т. е. вещества, имеющие высокую «информативность». К таким соединениям относятся кроме ФОВ, МФК и её моноэфиры (кислые эфиры). Для оценки общего уровня загрязнения соединениями фосфора полезно определять такой показатель, как «общий фосфор», существенное превышение средних (годовых, сезонных или фоновых) значений данного показателя указывает на необходимость более детального исследования химического состава данного объекта или даже поиска новых фосфорсодержащих соединений.

Перечень продуктов деструкции ФОВ, подлежащих приоритетному контролю, представлен в табл. 1.

Дополнительно необходимо определять и вещества, используемые в технологии в качестве реагентов (моноэтаноламина, капролактама, N-метилпирролидона, изобутилового спирта). Однако при оценке состояния окружающей среды необходимо учитывать, что эти вещества могут попадать в различные источники и от других предприятий, поскольку они используются в самых разнообразных технологических составах.

Установление уровней экологического и технологического контроля. Уровни технологического контроля определяются технологическим регламентом с тем, чтобы обеспечить

Таблица 1

Продукты деструкции ФОВ, подлежащие приоритетному контролю

Тип ОВ	Продукт трансформации
Вещество типа-Vx	О-изобутилметилфосфонат
	Метилфосфоновая кислота
	Фосфорсодержание соединения суммарно (общий фосфор)
Зарин	О-изопропилметилфосфонат
	Метилфосфоновая кислота
	Фосфорсодержание соединения суммарно (общий фосфор)
Зоман	О-пинаколилметилфосфонат
	Метилфосфоновая кислота
	Фосфорсодержание соединения суммарно (общий фосфор)

выполнение технологических процессов. С одной стороны, уровни экологического контроля соответствуют данной технологии и непосредственно устанавливаются исходя из уровней технологического контроля, т. е. соблюдение экологических нормативов предприятия указывает на соблюдение технологического регламента. С другой стороны, уровни экологического контроля определяются из условия соблюдения нормативов качества природных сред за пределами территории предприятия, а если при данной технологии это условие невозможно соблюсти, то устанавливаются допустимые уровни воздействия. Основным принципом экоаналитического обеспечения является достаточность инструментальных аналитических средств и методической базы для контроля установленных уровней экологического и технологического контроля. Речь идёт именно об уровнях контроля, а не о нормативах, поскольку норматив имеет конкретное значение. Например, норматив контроля в выбросах хлористого водорода составляет $0,15 \text{ мг/м}^3$, уровень контроля должен быть от $0,01$ до 1 мг/м^3 с тем, чтобы обеспечить возможные колебания фактических значений и возможного изменения самого норматива из-за изменения производительности или модификации газоочистного оборудования. После определения номенклатуры загрязняющих веществ и уровня их контроля формируют методическую базу.

Формирование методической базы контроля проводится таким образом, чтобы по возможности удовлетворить следующим требованиям:

1. Все выбранные методики выполнения измерений (МВИ) должны обеспечивать контроль экологических и технологических нормативов как по номенклатуре показателей (цвет, хлориды, сульфаты) и объектов контроля (сбросы, выбросы), так и диапазонам и погрешностям измерений.

2. МВИ должны удовлетворять требованиям, предъявляемым к методикам, используемым в аккредитованной лаборатории, т. е. МВИ должны иметь метрологическую аттестацию, контрольный экземпляр МВИ – иметь утверждение разработчика с синей печатью и со всеми приложениями с указанием измеряемых компонентов, объектов контроля, диапазонов измерения и параметров метрологического контроля.

3. МВИ использует аналитический метод, который обеспечивает требуемую производительность по числу анализов, удобство в ра-

боте, доступность реагентов, желательное использование операторов средней квалификации в минимальном количестве.

Выбор и проверка аналитических методов. Выбор аналитических методов проводится с учётом двух основных факторов: в соответствии с выбранными МВИ и принципом дополненности, с тем, чтобы методы дополняли и при необходимости заменяли друг друга. Важно, чтобы в лаборатории была некоторая избыточность аналитических возможностей, с тем, чтобы при введении новой методики соответствующий аналитический метод и приборное обеспечение уже были в наличии. Проверка аналитических методов проводится в три этапа: при постановке методики, при проверке метрологических характеристик на модельных смесях и при анализе реальных объектов с дополнительным использованием методов разбавления и добавки.

Формирование лабораторной базы по «модульному» принципу состоит в том, что выбранные МВИ группируются в соответствии с аналитическим методом или группой родственных методов, например – нефелометрический метод может быть выделен в самостоятельный модуль, если количество таких анализов велико (более 500 – 1000 в год) или добавлен в фотометрический модуль, если таких анализов мало. Каждый модуль в лаборатории локализован территориально и приборно обеспечен. Модульный принцип позволяет повысить производительность лаборатории, обеспечить взаимозаменяемость сотрудников, наладить эффективный метрологический контроль. Кроме того, обеспечивается прозрачность структурных изменений в лаборатории в целом: численное и качественное соотношение методов или даже нехватка каких-либо методов.

Доработка и расширение имеющейся методической базы контроля. После выполнения вышеописанных блоков становится ясно, каких элементов не хватает или какие блоки требуют дополнений и изменений. Доработка и расширение имеющейся методической базы контроля может быть связана с изменениями в технологическом регламенте или с переходом к другому этапу работ. Между последними двумя блоками на схеме изображена двойная стрелка, поскольку доработка и расширение методической базы проводится постоянно, и сразу вносятся изменения в соответствующие модули. Без взаимодополнения двух

этих блоков развитие лабораторного комплекса остановится, а контроль будет малоэффективным.

Разработка программ и схемы контроля, проведение контроля. На заключительном этапе формирования системы контроля проводится непосредственно разработка программ и схемы контроля, которые, как правило, согласуются экологической службой предприятия как с внутренними участниками контроля (технологические подразделения, в которых имеются источники выбросов, сбросов, образования отходов, профильные службы – главного технолога, энергетика, механика), так и с внешними (контролирующие и надзорные органы, профильные подразделения вышестоящих организаций). Проведение контроля не должно формально сводиться только к выполнению соответствующих графиков аналитических работ, результаты

контроля должны обсуждаться специалистами, выделяться отличительные особенности при его проведении, и при необходимости вносятся коррективы в соответствующие блоки схемы.

Исходя из приведённых данных по химизму уничтожения ФОВ с учётом технологического регламента, систему экоаналитических исследований можно представить в виде блок-схемы (рис. 2).

Указанная методология и принципы были реализованы в 2001 – 2007 гг. при организации и функционировании 7 экоаналитических лабораторий в шести региональных центрах СГЭКиМ по Саратовской, Кировской, Пензенской, Брянской, Курганской областям и Удмуртской Республике. Общие принципы построения и структура СГЭКиМ изложены в [5]. Указанные принципы по-

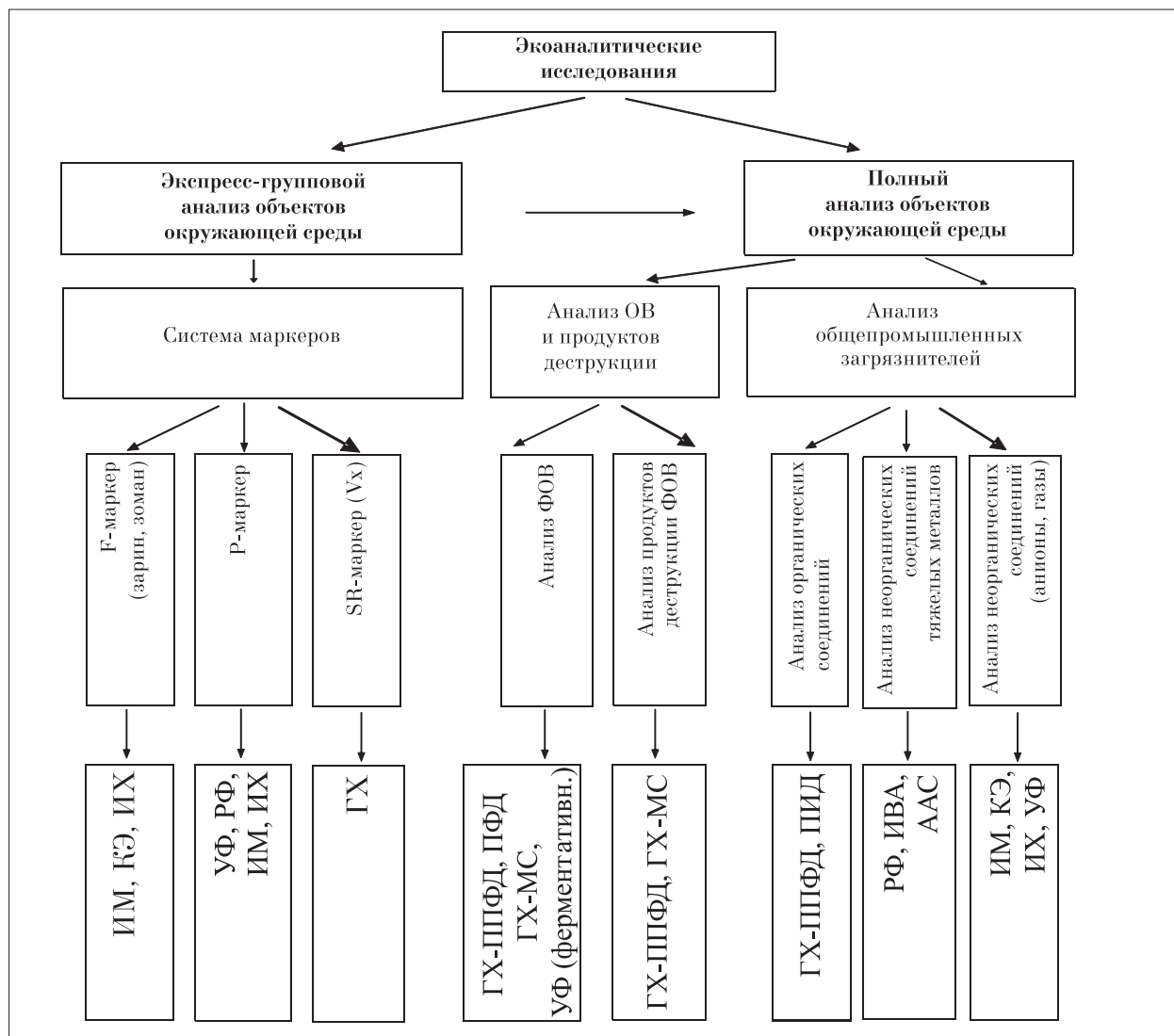


Рис. 2. Блок-схема экоаналитических исследований состояния окружающей среды (при утилизации ФОВ методом нуклеофильного замещения). Окончание см на с. 82

ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ СГЭЖиМ

Приоритетные соединения	ГХ-МС	ГХ	КЭ, ИМ, ИХ	РФ, ИВА, ААС	УФ-vis (ферментатив.)
Зарин					Фермен.
Зоман					Фермен.
Vx-продукты					Фермен.
N-метилпирролидон					
Спирт изобутиловый					
Спирт изопропиловый					
Соли щелочных, щелочноземельных металлов (сульфаты, карбонаты, фосфаты, фториды, пиррофосфаты)					
Тяжелые металлы: свинец, марганец, железо, хром, цинк					
Углеводороды					
Фосфорный ангидрид					
Капролактамы					
Диоксид азота					
Оксид азота					
Диоксид серы					
Оксид углерода					
Анионы (фториды, хлориды, нитриты, нитраты, фосфаты, сульфаты)					
Продукты деструкции (органические производные метилфосфоновой к-ты)					

Рис. 2. Блок-схема экоаналитических исследований состояния окружающей среды (при утилизации ФОВ методом нуклеофильного замещения)

Примечание: ГХ – газовая хроматография с пульсирующим пламенно-фотометрическим детектированием (ППФД), с пламенно-фотометрическим детектированием (ПФД), пламенно-ионизационным детектированием (ПИД), ГХ-МС – хромато-масс-спектрометрия, УФ (ферментатив.) – ферментативный метод со УФ-спектрофотометрическим окончанием, РФ – рентгенофлуоресцентный метод, ИВА – инверсионная вольтамперометрия, ААС – атомно-абсорбционная спектроскопия, ИХ – ионная хроматография, КЭ – капиллярный электрофорез, ИМ – ионометрия.

строения СГЭЖиМ были реализованы для каждого региона в соответствующем «Проекте СГЭЖиМ», которые были обсуждены на различных совещаниях и утверждены контролирующими территориальными органами. В соответствии с «Проектом СГЭЖиМ» в каждом регионе были построены региональные центры, в состав которых входят экоаналитические лаборатории. Лаборатории аккредитованы в Системе аккредитации аналитических лабораторий (СААЛ, Орган по аккредитации – ОАО ФНТЦ «Инверсия»), а экоаналитические лаборатории ФГУ ГосНИИЭНП прошли аккредитацию на второй срок.

Разработанные методология и основные направления экоаналитического обеспечения СГЭЖиМ объектов УХО могут быть рекомендованы при формировании систем экологического контроля и мониторинга на потенциально экологически опасных предприятиях других отраслей промышленности.

Литература

1. Холстов В.И. Пути решения проблемы безопасности объектов по уничтожению химического оружия // Российский химический журнал. 1995. Т. 39. № 4. С. 65
2. Майстренко В.Н., Хамитов Р.З., Будников Г.К. Эколого-аналитический мониторинг супертоксикантов. М.: Химия, 1996. 317с.
3. Система экологического мониторинга при уничтожении химического оружия в Саратовской области / Под ред. А.Н.Маликова, В.Н.Чуписа. Саратов: ГосНИИЭНП, 2002. 217с.
4. Жданов В.А., Кошелев В.М., Новиков В.К., Шувалов А.А. Методы уничтожения фосфорорганических отравляющих веществ // Российский химический журнал. 1993. Т. 37. № 3. С. 22-25.
5. Чупис В.Н. Экологический мониторинг объектов уничтожения химического оружия – опыт создания и перспективы развития // Теоретическая и прикладная экология. 2007. № 2. С. 35-41.

Некоторые проблемы функционирования систем биологического мониторинга вокруг объектов по уничтожению химического оружия

© 2008. Г.В. Шляхтин, Е.В. Завьялов, Т.В. Перевозникова
Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского,
e-mail: biofac@sgu.ru

Рассматриваются ключевые проблемы внедрения и функционирования систем биологического мониторинга вокруг объектов по уничтожению химического оружия на примере терминала в Саратовской области. На основе опыта эксплуатации системы многоуровневого мониторинга биоты обосновывается принципиальная схема организации подобных систем на других предприятиях по уничтожению химического оружия.

Key problems of biological monitoring systems introduction and functioning in the vicinity of chemical weapon neutralization objects are considered by the example of the terminal at the settlement Gornyi (Saratov region). The principal organization scheme of similar systems at other chemical weapon neutralization enterprises is proven on the basis of our experience of multilevel biota monitoring system operation.

Ключевые слова: многоуровневый биомониторинг, объект пос. Горный Саратовской области

Строительство и функционирование промышленных предприятий, таких как объекты по уничтожению химического оружия (ОУХО), представляют потенциальную экологическую опасность. Основопологающим фактором безопасного уничтожения химического оружия (УХО) является экологический мониторинг. Его многоуровневая система на территориях вокруг ОУХО включает концепцию биологического мониторинга (БМ). Внедрение системы БМ представляет собой важное диагностическое звено по обеспечению экологической безопасности районов расположения ОУХО, а также по минимизации отрицательных воздействий, возникающих в процессе УХО и в последующие после уничтожения периоды. В связи с этим актуальное теоретическое и практическое значение имеет анализ опыта и проблем эксплуатации системы БМ вокруг первого в Российской Федерации ОУХО, расположенного в пос. Горный Саратовской области.

ОУХО в пос. Горный функционирует с 2002 г. Он был построен в соответствии с Конвенцией о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении. К декабрю 2005 г. были уничтожены все запасы иприта и люизита, хранящиеся на его территории, что составило около 3% от общего объема запасов российского химоружия. В настоящее время работа терминала в Саратовской области продлена до 2012 г. с целью уничтожения реакционных масс, получаемых в результате детоксикации люизита на ОУХО в г. Камбарке (Постановление Правительства РФ от 24.10.2005 г.

№ 639 «О внесении изменений в федеральную целевую программу «Уничтожение запасов химического оружия в РФ»). На основе биомониторинговых исследований, выполненных в 2002 – 2007 гг. специалистами Саратовского госуниверситета, обоснована и внедрена в эксплуатацию локальная система мониторинга биоты вокруг ОУХО в п. Горный.

Наиболее актуальной проблемой при подготовке биомониторинговых наблюдений вокруг ОУХО в пос. Горный стала достоверная недостаточность использования системного подхода к организации БМ вокруг предприятий данного целевого назначения. В доступной литературе главным образом освещались общие подходы к проектированию систем экологического мониторинга вокруг промышленных предприятий [1 – 2]. Опыт организации комплексного экологического мониторинга в районах производства химического оружия представлен в работах [3 – 5]. При формировании системы БМ вокруг ОУХО в Саратовской области ключевой задачей было выбрано формирование комплексного подхода к оценке состояния биоты, который объединял бы разнонаправленные биомониторинговые мероприятия. При этом комплексная оценка состояния биологических переменных должна основываться на информации, получаемой по разным подходам и методам, выявляющим состояние живого на различных уровнях организации – от биохимического до экосистемного.

Разработка системы БМ вокруг терминала в пос. Горный включала решение следующих самостоятельных проблем.

1. Определение принципов, структуры, основных этапов и объектов БМ.

2. Анализ основных форм лимитирующих и элиминирующих факторов, определяющих динамику состояния биоты района расположения ОУХО.

3. Обоснование и выбор индикаторных показателей состояния экосистем, а также репрезентативных методов БМ с использованием организменного, видового, популяционного и биоценотического подходов.

4. Инвентаризация и оценка современного фонового состояния растительного и животного мира района расположения ОУХО, особенно популяций редких, исчезающих и уязвимых видов, определение их природоохранного статуса.

5. Разработка и обоснование критериев качества окружающей среды по биологическим показателям.

6. Оценка состояния биоты по разным подходам и методам, а также определение путей по минимизации возможного ущерба биологическому разнообразию и редким видам флоры и фауны района расположения ОУХО.

Учитывая социальную и научную значимость обозначенных проблем, был разработан регламент многоуровневой системы БМ вокруг

ОУХО в Саратовской области, согласно которому проводилось её внедрение. Предложен двухкомпонентный территориальный охват системы мониторинга биоты. Во-первых, мониторинг проводился в непосредственной близости от объекта, во-вторых, наблюдения были приурочены к территории зоны защитных мероприятий (ЗЗМ), протяжённость которой составляет 5 – 7 км вокруг промышленной площадки с общей площадью около 50 км² (посёлки Горный, Октябрьский, Михайловский-4 и Б. Сакма, а также в местах водопользования – реки Б. Иргиз и Сакма). Полевые исследования на сопредельных с ОУХО территориях относились к трём уровням контроля: наблюдения за флорой и фауной на стационарных пунктах, использование подвижных средств регистрации состояния растительного и животного мира, а также мероприятия по биотестированию и биоиндикации.

На различных этапах исследований средствами оперативного и стационарного мониторинга осуществлялось регулярное (в пределах сезонных аспектов) слежение за биологическими переменными (выделение и характеристика основных типов сообществ, изучение биоразнообразия ЗЗМ, картографирование и описание динамических процессов

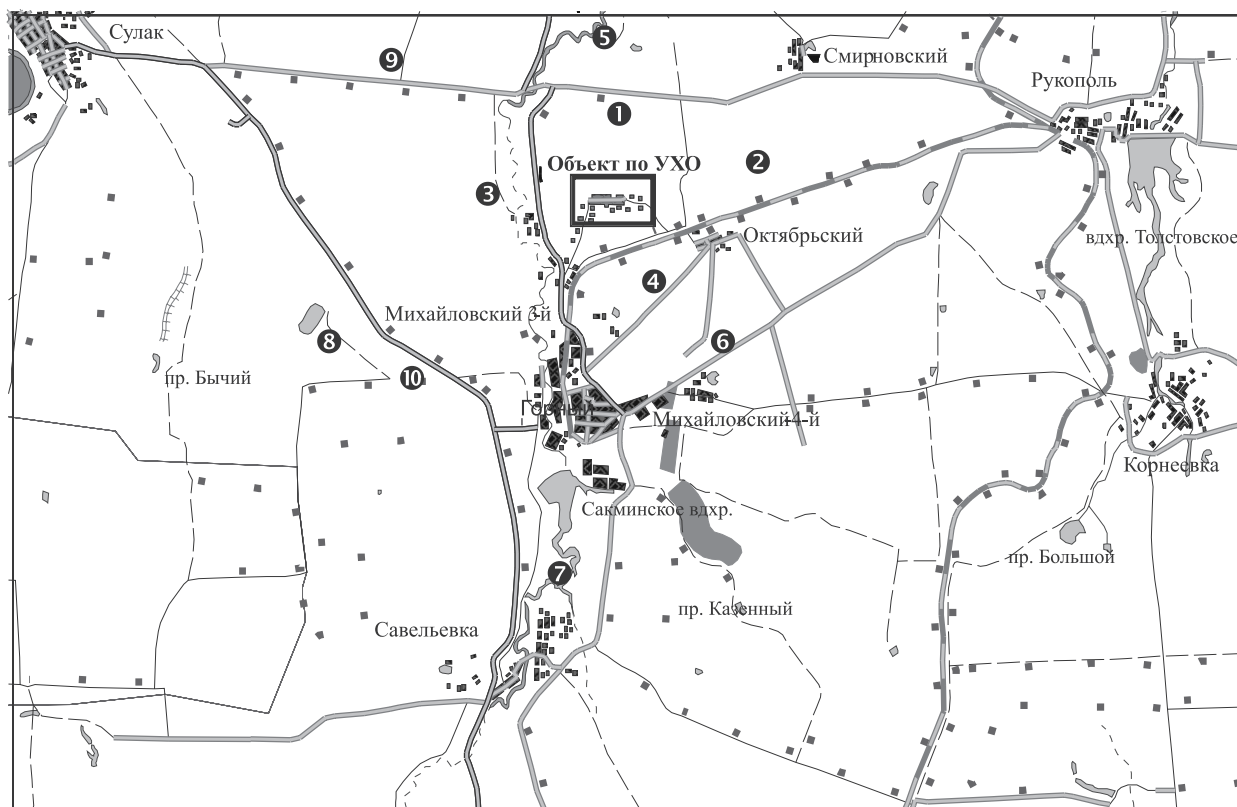


Рис. 1. Места расположения стационарных площадок вокруг ОУХО

(1, 3, 4, 6 и 9 – пастбищные участки на различных сукцессионных стадиях; 2 – целинная степь; 5 – лугово-степной участок; 7 – пойма р. Сакмы; 8 – агроценозы; 10 – полезащитные насаждения)

флоры и фауны, выявление наиболее уязвимых и чувствительных видов (биоиндикаторов) флоры и фауны к техногенному загрязнению, анализ показателей продуктивности продуцентов и консументов наземных экосистем).

Кратность экспедиционных выездов в район исследования составила в среднем через каждые 20 дней в весенне-осеннее время, в зимний период – 1 раз в месяц. Учёты на маршрутах проводились с использованием общепринятых методик, разработанных для различных таксономических групп растений и животных. С учётом основных типов растительности, розы ветров и приуроченности точек химического пробоотбора заложено 10 модельных площадей, а также ряд дополнительных учётных площадок и мест сбора биообъектов, которые выбирались в зависимости от цели исследования (рис. 1).

Заключение о состоянии экосистем района расположения ОУХО ежегодно дополнялось на основе использования интегральной методики оценки среды по показателям морфогенетического, цитогенетического и иммунологического гомеостаза организмов [6, 7]. При этом использовались 4 вида рыб, 1 вид амфибий и 2 вида млекопитающих. Отбор животных проводился в 4 точках (центр пос. Горный; р. Сакма в центре посёлка; около границы с ОУХО; р. Сакма у развилки на ст. Рукополь). Условно контрольные точки для наземных и водных экосистем находились в 25 км от пос. Горный.

В качестве показателя морфогенетического гомеостаза принята величина флуктуирующей асимметрии билатеральных морфологических структур, которая оценивалась по абсолютному и относительному различию между сторонами. Цитогенетический гомеостаз организмов определялся на основе учёта частоты хромосомных aberrаций и микроядер в клетках красного костного мозга. Общая оценка иммунологического гомеостаза получена при исследовании клеточного состава периферической крови модельных видов, а также с помощью метода розеткообразования с теофиллином [6].

Комплексные мониторинговые исследования, выполненные в 2002 – 2007 гг. вокруг ОУХО в пос. Горный Саратовской области, позволили получить заключение об экологическом состоянии биологических компонентов наземных и водных экосистем [8 – 10]. В результате было объективно сформировано мнение о том, что состояние сопредельных с терминалом природных комплексов имеет динамический характер и региональные чер-

ты, определяющиеся совокупностью абиотических и биотических переменных, а также антропогенным воздействием, не связанным со спецификой функционирования ОУХО. Экологическая ситуация вблизи границ терминала является удовлетворительной, дестабилизирующее воздействие на экосистемы ЗЗМ могут оказывать предприятия балаковского промышленного узла, инфраструктуры пос. Горный, а также расширение площадей агроценозов и пастбищная дигрессия.

Важным результатом функционирования системы БМ является научное обоснование принципиальной схемы мониторинга биоты вокруг ОУХО. Предлагаемая схема отражает комплексный характер и последовательность этапов биомониторинговых работ применительно к специфике функционирования предприятия по УХО и может быть рекомендована к использованию на других объектах. Алгоритм БМ объединяет несколько этапов: подготовительный, этап апробации и внедрения, анализа результатов мониторинга, контроля, корректировки и оптимизации системы, этап управления качеством среды и принятия управленческих решений (рис. 2).

На подготовительном этапе проводится определение биоиндикаторных и биомаркерных показателей состояния экосистем вокруг ОУХО. В состав биоиндикаторов включаются виды растений и животных, соответствующие требованиям, предъявляемым к тест-объектам и являющиеся фоновыми в районах расположения ОУХО. При создании системы определяются критерии качества окружающей природной среды по биологическим показателям для конкретного региона. Критерии качества, предлагаемые для использования в биологическом мониторинге, должны относиться к различным уровням организации живых систем – цитогенетическому, организменному, популяционному и экосистемному.

Учитывая расположение основных типов растительности, геотехнических систем и мест химического пробоотбора, в районе расположения ОУХО разрабатывается система стационарных площадок и маршрутов. Проводится их картирование и маркирование для длительного использования. Затем определяются периодичность и сроки выполнения биомониторинговых работ. Этап апробации и внедрения регламента мониторинга биоты заключается в постоянном круглогодичном слежении за состоянием растительного и животного мира средствами оперативного и стационарного мониторинга. Главной тенденцией

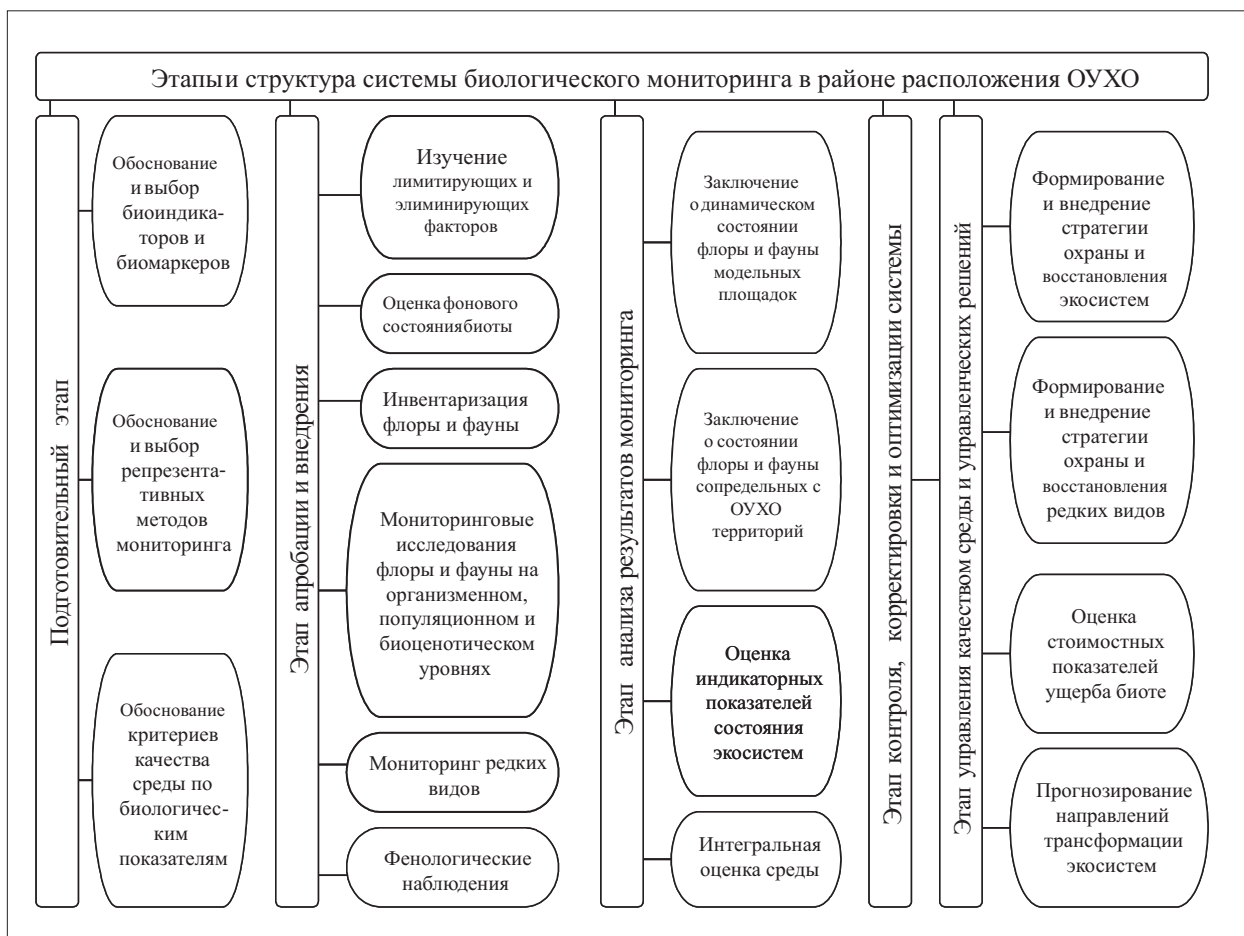


Рис. 2. Принципиальная схема мониторинга биоты на объектах по УХО

данного этапа является оценка современного фоновое состояние растительного и животного мира. При качественном анализе состава флоры оценивается спектр жизненных форм, эндемизм и степень синантропизации. Изучение фауны предполагает определение фаунистических типов, количества и обилия фоновых и редких видов. Особое место в исследованиях отводится выявлению видов животных и растений, занесённых в Красные книги различного ранга.

Одновременно с определением основных типов растительных сообществ анализируются показатели динамики биомассы растительности модельных площадок. Оценивается также динамика зооценозов, в том числе колебания численности фоновых видов животных и особенности образования вторичной продукции в различные периоды наблюдений. Важным компонентом исследовательской деятельности на данном этапе является отбор проб растений и животного материала для последующего анализа содержания в них загрязнителей. Отбор биопроб производится в тех же точках, где отбираются почва, вода и воздух, а также учитывается видовая территори-

альная представительность биообъектов и их транслокационная способность к загрязняющим веществам. На этапе апробации и внедрения целесообразно использовать комплексные тест-системы, в том числе интегральную оценку здоровья среды [6, 7].

Следующий этап биомониторинговых наблюдений является полностью аналитическим. Данные, полученные при реализации предыдущих этапов, предполагают основу для описания состава и структуры фито- и зооценозов, построения индексов, характеризующих видовое разнообразие, полового и возрастного состава популяций, анализа индикаторных показателей состояния экосистем и т. д. Результаты комплексных биомониторинговых работ, выполненных с помощью различных методик на модельных площадках и на сопредельных территориях, способствуют получению интегральной оценки состояния природных комплексов района расположения ОУХО.

Контроль, корректировка и оптимизация алгоритма БМ охватывают все направления биомониторинговых работ. Например, дорабатываются методики унифицированного

описания фенологических процессов, с помощью статистических методов определяются временные границы сезонных аспектов жизнедеятельности растительных и животных сообществ, в пределах которых проводится дальнейшее описание динамических процессов в экосистемах.

Этап управления качеством природной среды заключается в принятии и реализации управленческих решений с учётом информации, полученной на основе анализа результатов БМ. Кроме того, данный этап работ должен закладывать основу для прогнозирования динамики биологических показателей в период функционирования ОУХО и в последующий после УХО период. Используя параметры, характеризующие состав и структурные особенности растительных и животных сообществ, исторические сведения о функционировании биоценозов в прошлом, а также опираясь на сведения о современных динамических процессах в популяциях, формируется модель наиболее вероятного развития биоты. При этом рассматриваются варианты естественной трансформации экосистем и ожидаемые изменения при различной интенсивности воздействия контролируемых факторов, вплоть до последствий техногенной катастрофы. Нормативные документы, основанные на данных о биоразнообразии исследованных территорий и характере антропогенного вмешательства, представляют собой предварительные материалы для определения стоимостных показателей ущерба растительному и животному миру, который может быть нанесен в процессе строительства и функционирования ОУХО.

Результаты мониторинга биоты на сопредельных с ОУХО территориях актуализировали проблему сохранения и восстановления нарушенных человеческой деятельностью экосистем, и особенно редких и исчезающих видов флоры и фауны. С целью определения путей минимизации возможного ущерба в результате штатного и внештатного функционирования в систему БМ должна быть включена стратегия охраны и восстановления экосистем и их разнообразия. Важно, чтобы охраняемые и восстановительные мероприятия на сопредельных с ОУХО территориях начинались с биоремедиации, технической и биологической рекультивации, специализированной территориальной охраны, лесовосстановительных работ и озеленения.

Таким образом, современный этап биомониторинговых исследований на территории вокруг ОУХО в Саратовской области предполагает решение задач по оптимизации входящей разработанной системы БМ в единую систему государственного экологического мониторинга, а также по внедрению современных высокотехнологичных биологических подходов и ГИС-технологий.

Литература

1. Захаров В.Ю. Концепция биомониторинга как составной части комплексного экологического мониторинга // Экологический мониторинг. Москва – Ижевск: Инст. компьютер. исследований, 2002. С. 42-54.
2. Стрельцов А.Б. Региональная система биологического мониторинга. Калуга: Изд. Калужск. ЦНТИ, 2003. 158 с.
3. Ашихмина Т.Я. Комплексный экологический мониторинг объектов хранения и уничтожения в зонах химического оружия. Киров, Вятка, 2002. 544 с.
4. Холстов В.И., Тарасевич Ю.В., Григорьев С.Г. Пути решения проблемы безопасности объектов по уничтожению химического оружия // Российский химический журнал. 1995. Т. XXXIX. № 4. С. 65-72.
5. Шкодич П.Е., Желтобрюхов В.Ф., Клаучек В.В. Эколого-гигиенические проблемы уничтожения химического оружия. Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2004. 236 с.
6. Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Чубинишвили А.Т. Здоровье среды: методика оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000. 68 с.
7. Захаров В.М., Чубинишвили А.Т., Дмитриев С.Г. Здоровье среды: практика оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000. 320 с.
8. Первозникова Т.В. Система биологического мониторинга вокруг объектов по уничтожению химического оружия (на примере терминала в пос. Горный Саратовской области): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Саратов, 2007. 19 с.
9. Шляхтин Г.В., Завьялов Е.В., Первозникова Т.В. Опыт эксплуатации системы биологического мониторинга на объекте по уничтожению химического оружия в Саратовской области // Известия Самарского научного центра РАН. 2007. Т. 9. № 1. С. 259-262.
10. Шляхтин Г.В., Завьялов Е.В., Первозникова Т.В. Некоторые аспекты функционирования системы производственного биологического мониторинга на объекте по уничтожению химического оружия в Саратовской области // Мониторинг природных экосистем в зонах защитных мероприятий объектов по уничтожению химического оружия. Пенза: РИО ПГСХА, 2007. Ч. 1. С. 196-203.

Система биотестов для генетического мониторинга объектов уничтожения химического оружия

© 2008. В.Н. Чупис, Д.Е. Иванов, Л.Л. Журавлёва, В.А. Жирнов, И.Н. Ларин, Н.В. Емельянова, Е.А. Луцкая

Научно-исследовательский институт промышленной экологии,
e-mail: ecovector@sar-ecoinst.org

В статье рассмотрены методы оценки мутагенного фона окружающей среды, которые могут быть применены для экологического мониторинга объектов уничтожения химического оружия. В оценке на генные мутации необходимо использовать минимум три генетические тест-системы, позволяющие регистрировать индукцию различных категорий мутаций (генные, хромосомные и генома). Для генетического мониторинга заводов по уничтожению химического оружия целесообразно использовать цитогенетические тесты и автоматические приборные методы исследования генной токсичности (*Mutatox assay*, *GreenScreen EM*, *Comet assay* и др.).

Methods of genic toxicity estimation are considered applicable to ecological monitoring of chemical weapon destruction objects. In order to estimate genic mutations it is necessary to use at least three genetic test-systems, allowing registering the induction of various categories of mutations (genic, chromosomal and etc.). For genetic monitoring of chemical weapon destruction factories it is expedient to use cellular genetic tests and automatic instrument methods of genic toxicity research (*Mutatox assay*, *GreenScreen EM*, *Comet assay*, etc.).

Ключевые слова: тест-системы, генетический мониторинг, цитогенетические тесты

Известно, что часть загрязнителей среды (около 10% среди биологически активных веществ) являются генотоксикантами или обладают способностью к модификации мутагенных эффектов. Опасные в канцерогенном отношении вещества находятся в окружающей среде, как правило, в незначительных количествах, но действуют совместно; при этом наблюдаются аддитивные эффекты, а также пролонгация и кумуляция их действия. В этих случаях отнюдь не ПДК является показателем опасности, а наличие комбинаций ряда элементов, содержание которых в среде может быть даже ниже установленных ПДК, но обладает повышенной мутагенной активностью [1].

Поиск в окружающей среде факторов генотоксического действия на биоту является важным самостоятельным направлением биологического мониторинга [2].

Для выявления мутагенных и канцерогенных химических веществ разработано руководство по краткосрочным тестам [3]. В России существуют нормативные документы, регламентирующие определение генетической опасности отходов, поступающих в окружающую среду [4,5], а также методические рекомендации, утверждённые Министерством здравоохранения [6]. Отдельные методики оценки генотоксичности иногда используют в процессе мониторинга природных экосистем в зонах защитных мероприятий объектов по уничтожению химического оружия [7, 8]. Однако детальная оценка гено-

токсичности природных сред и отходов с помощью системы генетических тестов в настоящее время практически не проводится.

В данной статье рассмотрены генетические тесты, которые целесообразно внедрять в практику работы лабораторий биомониторинга и биотестирования, осуществляющих экологический контроль объекта уничтожения химического оружия (ОУХО).

Система биотестов для генетического мониторинга ОУХО

Генотоксичность компонентов окружающей среды (почвы, воды, воздуха) в зоне влияния ОУХО и отходов можно оценить с помощью методов биотестирования. Для этого необходимо использовать так называемую «батарею биотестов», в которой тест-объектами являются: прокариоты, низшие эукариоты, растения, насекомые, клеточные культуры млекопитающих и человека, целостные организменные системы (таблица).

Для оценки на мутагенность необходимо использовать минимум три генетические тест-системы, поскольку мутагены могут обладать видовой специфичностью.

Химические вещества индуцируют мутации трёх типов: генные, хромосомные и геномные. Поэтому для изучения мутагенности целесообразно использовать несколько методов, позволяющих регистрировать индукцию различных категорий мутаций.

Перечень наиболее широко используемых краткосрочных тестов для выявления мутагенов и канцерогенов в окружающей среде [1, 3].

Объект	Код теста	Регистрируемые изменения
Бактерии		
<i>Salmonella typhimurium</i>	SAF,SAO,SA2,SA3, SA9 и др.	Генные мутации
<i>Escherichia coli</i>	ECK, ECW, EC2	Генные мутации
<i>Escherichia coli</i>	ECB,ECD,ECL,ERD	ДНК-повреждения
<i>Bacillus subtilis</i>		ДНК-повреждения
Дрожжи и грибы		
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	SCF, SCR	Генные мутации
<i>Schizosaccharomyces pombe</i>	SZF, SZR	Генные мутации
<i>Schizosaccharomyces pombe</i>	SZD	ДНК-повреждения
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	SZG, SCG	Генная конверсия
<i>Aspergillus nidulans</i>	ANN	Анеуплоидия
<i>Neurospora crassa</i>		Анеуплоидия
Растения		
<i>Tradescantia sp.</i> ,	TSM	Генные мутации
<i>Hordeum sp.</i>	HSM	Генные мутации
<i>Vicia faba</i>	VFS	Обмен сестринских хроматид
<i>Tradescantia sp.</i>	TSI	Микроядра
<i>Vicia faba, Allium cera, Hordeum sp.</i>	VFC, ACC, HSC	Хромосомные aberrации
Насекомые		
<i>Drosophila melanogaster</i>	DMG	Рекомбинации
<i>Drosophila melanogaster</i>	DMM,DMX	Генные мутации
<i>Drosophila melanogaster</i>	DMC, DMH, DML	Хромосомные aberrации
<i>Drosophila melanogaster</i>	DMN	Анеуплоидия
Клетки млекопитающих in vitro		
Крысиные гепатоциты	URP	ДНК-повреждения
Клетки яичника хомяка	GCO	Генные мутации
Клетки легких хомяка	GQH, G90	Генные мутации
Мышиная лимфома	G5T	Генные мутации
Культуры клеток грызунов (хомяки, крысы, мыши)	SIC, SIM,SIR, SIS, SIT, MIA CIC, CIM, CIR, CIS, CIT	Обмен сестринских хроматид Микроядра Хромосомные aberrации
Культура клеток мышей	TBM, TCM	Клеточная трансформация

(Окончание таблицы см. на с. 90)

Объект	Код теста	Регистрируемые изменения
Клетки человека in vitro		
Фибробласты, лимфоциты, трансформированные клетки	UHF, UHL, UHT SHF, SHL, SH _T CHF, CHL, CHT	ДНК-повреждения Обмен сестринских хроматид Хромосомные aberrации
Система, опосредованная организмом		
Экскреты человека - бактерии	BFH	Генные мутации
Организм животного - бактерии	HMM	Генные мутации
Организм животных		
Гепатоциты крысы	UPR	ДНК-повреждения
Мыши	MST, SLP	Генные мутации
Мыши, крысы, хомяки	MVM, MVR, MVC	Микроядра
Костный мозг грызунов	CBA	Хромосомные aberrации
Лейкоциты грызунов	CLA	Хромосомные aberrации
Мыши, крысы (доминантные летали)	DLM, DLR	Хромосомные aberrации
Костный мозг in vivo	UBH	ДНК-повреждения
Лимфоциты in vivo	SLH	Обмен сестринских хроматид
Костный мозг in vivo	CBH	Хромосомные aberrации
Лимфоциты in vivo	CLH	Хромосомные aberrации

Для *генетического мониторинга* ОУХО перспективно применять цитогенетические биотесты. С их помощью можно изучить хромосомные aberrации и индукцию микроядер в клетках млекопитающих, рыб и растений. Преимуществом цитогенетических тестов является то, что они выполняются быстро и со сравнительно скромными затратами.

В настоящее время в России для оценки генотоксичности наиболее часто используют *тест Эймса*, биотестирование на дрозофиле и цитогенетические тесты, а за рубежом также SOS Chromotest, Mutatox assay, Green-Screen EM, Comet assay [9 – 14].

Тест Эймса на индукцию мутаций у *Salmonella typhimurium* является бактериальной тест-системой для учёта обратных мутаций от ауксотрофности по гистидину к прототрофности при действии химических соединений и/или их метаболитов, индуцирующих мутации типа замены пар оснований или сдвига рамки считывания в геноме этого организма.

Для определения наличия промутагенных соединений, мутагенная активность которых связана с активностью их метаболитов, используется система метаболической активации in vitro. Если в тестируемом образце содержатся мутагенные или промутагенные хи-

мические соединения, то они будут индуцировать обратные мутации от ауксотрофности к прототрофности по гистидину у гистидин-зависимых штаммов *Salmonella typhimurium*. В работах по выявлению мутагенной активности химических соединений обычно используют тест-штаммы *S. typhimurium* TA: TA1535, TA100, TA1537, TA97, TA1538, TA98, сконструированные в лаборатории Эймса из исходного штамма *S. typhimurium* LT-2 дикого типа. Все эти штаммы содержат различного типа мутации в гистидиновом опероне, что приводит к их ауксотрофности по гистидину.

Метод *анализа единичных клеток* (*Comet assay*) позволяет идентифицировать генетические повреждения и нитевые разрывы ДНК в небольшом числе клеток из любого источника. Суть метода заключается в том, что образцы клеток лизируют в щелочных условиях и подвергают электрофорезу. Клетки, содержащие разрывы ДНК, проявляются в виде «кометы» с хвостом из фрагментов ДНК, отходящих от основного ядра. Технология метода Comet assay достаточно проста и может быть использована для широкого круга ситуаций, когда необходимо определить наличие разрывов и щелочлабильных сайтов в ДНК клеток из различных тканей. При этом ана-

лизируется только небольшое число клеток, что делает метод очень удобным при его использовании для тестирования на генотоксичность.

SOS-хромотест основан на современных представлениях о механизме мутационного процесса как следствия функционирования SOS-репарации. В клетках *E. coli* SOS-ответ включает ряд функций, которые индуцируются в ответ на повреждение ДНК или остановку её синтеза. Одна из SOS-функций, контролируемая геном *sfhA*, выражается в ингибировании клеточного деления и нитевидном росте. В клетках тестерного штамма *E. coli* pQ 37 под контроль промотора гена *sfhA* введён структурный ген – β -галактозидазы. Таким образом, активность β -галактозидазы, определяемая колориметрически по интенсивности цветной окраски на этот фермент, непосредственно зависит от степени экспрессии гена *sfhA* и является показателем индукции SOS-функции.

Анализ имеющихся данных показывает, что SOS-хромотест может дополнить тест Эймса на мутагенез в следующих аспектах:

- обнаружение канцерогенов, проявляющих мутагенность только при активации в жидкой среде;
- для определения антиметаболитных ингибиторов синтеза ДНК.

Главным преимуществом SOS-хромотеста является его практичность. Используется всего один штамм. Это очень важно, так как увеличение числа штаммов, как это делается в тесте Эймса с целью повышения его чувствительности, усложняет и удорожает работу. Количественный колориметрический ответ может быть получен в течение нескольких часов.

Основной недостаток SOS-хромотеста заключается в том, что не обнаруживает активности большинства интеркалирующих в ДНК агентов.

Анализ целостности ДНК в клетках живых организмов можно проводить **флюориметрическим методом** [15].

В **месте** оценки токсичности **Mutatox** используют специальные штаммы бактерий, которые под действием генотоксикантов начинают интенсивнее светиться, и это регистрируется с помощью специальных приборов.

Следует отметить, что батарея тестов должна содержать максимально информативный набор методов, позволяющих регистрировать различные типы генетических изменений. Использование системы биотестов для опре-

деления генотоксичности существенно повысит качество экотоксикологического анализа.

Литература

1. Худoley В.В., Мизгирев И.В. Экологически опасные факторы. СПб. 1996. 186 с.
2. Ашихмина Т.Я. Комплексный экологический мониторинг объектов хранения и уничтожения химического оружия. Киров: Вятка, 2002. 544 с.
3. Руководство по краткосрочным тестам для выявления мутагенных и канцерогенных химических веществ // Гигиенические критерии состояния окружающей среды. Женева: ВОЗ, 1989. № 51. 212 с.
4. Моисеева М.В., Кричевская И.Е., Михеев В.С. и др. Методические основы биотестирования и определения генетической опасности отходов, поступающих в окружающую среду (РД 64-085-89). Министерство медицинской промышленности СССР. Москва. 1990. 45 с.
5. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 16 июня 2003 г. № 144 «О введении в действие СП 2.1.7.1386-03». 20 с.
6. Журков В.С., Красовский Н.Г., Жолдакова З.И. и др. Методические указания по изучению мутагенной активности химических веществ при обосновании их ПДК в воде. МЗ СССР. Главное санитарное управление. М., 1986. 26 с.
7. Быстракова Н.В. Перспективы применения методов цитогенетики для мониторинга мелких млекопитающих в нарушенных местообитаниях // Мониторинг природных экосистем в зонах защитных мероприятий объектов по уничтожению химического оружия: Сборник статей. Всеросс. научно-практ. конф. Ч. 1. Пенза: РИО ПГСХА, 2007. С. 25-30.
8. Титов С.В., Курмаева Н.М., Быстракова Н.В. и др. Молекулярно-генетический анализ популяций мышевидных грызунов зоны защитных мероприятий объекта по уничтожению химического оружия в Пензенской области // Мониторинг природных экосистем в зонах защитных мероприятий объектов по уничтожению химического оружия: Сборник статей. Всеросс. научно-практ. конф. Ч. 1. Пенза: РИО ПГСХА, 2007. С. 182-187.
9. Фонштейн Л.М. Тест-системы для оценки мутагенной активности загрязнений среды на *Salmonella typhimurium*. М., 1977. 126 с.
10. Faibairn D.W., Olive P.L., O'Neill K.L. The comet assay: A comprehensive review // Mutat. Res. 1995. V. 339, P. 37-59.
11. McCann J., Choi E., Yamasaki E., Ames B.N. Detection of carcinogens as mutagens in the Salmonella/microsome test: Assay 300 chemicals // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1975, V. 72. P. 5135-5139.
12. Федорова А.И., Калаев В.Н., Плахотина А.Ю. Биоиндикация мутагенного эффекта радона с использо-

ванием ядрышкового теста в клетках корней традесканции // Вестник ВГУ. Серия: Химия, Биология, Фармация. 2004. № 2. С. 151-156.

13. Daniel M., Sharpe A., Driver J., Knight A.W., Keenan P.O., Walmsley R.M., Robinson A., Zhang T. and Rawson D. Results of a technology demonstration project to compare rapid aquatic toxicity screening tests in the analysis of industrial effluents // Journal of Environmental Monitoring. 2004. V. 6. P. 855-865.

14. Kwan K.K., Dutka B.J., Rao S.S., Liu D. Mutatox test: a new test for monitoring environmental genotoxic agents // Environ Pollut. 1990. V. 65. № 4. P. 323-332.

15. Усольцев М.В., Дурнев А.Д., Середенин С.Б. Применение флюориметрического метода исследования целостности ДНК на примере оценки генотоксичности диоксида // Экспериментальная и клиническая фармакология. 2000. Т. 63. № 2. С. 60-62.

УДК 504.056:574

Методический подход к повышению качества технического мониторинга в зонах влияния химически опасных объектов

© 2008. В.А. Алексеев, М.В. Телегина, М.В. Цапок
Ижевский государственный технический университет,
e-mail: lazer@istu.ru

Рассмотрена структура организации технического мониторинга в зонах влияния химически опасных объектов. С целью повышения оперативности, надёжности и достоверности определения возникновения аварийной ситуации предложена геометрическая расстановка постов наблюдения на местности с использованием принципа «треугольника» и взаимной корреляции во времени аварийных измерительных сигналов.

Structural organization of technical monitoring is examined within the impact of zones of chemically dangerous objects. To increase reaction, reliability and certainty of emergency identification, it is offered to use the geometric arrangement of observation posts at site according to the «triangle» principle and mutual time correlation of emergency signals.

Ключевые слова: химически опасный объект, организация технического мониторинга, посты наблюдения, аварийный выброс, заражённое облако

В настоящее время в России и государствах СНГ эксплуатируются более 1000 крупных химически опасных объектов (ХОО) с большим количеством ядовитых и взрывоопасных веществ [1]. К ним относятся хранилища (склады) токсичных химикатов, места их уничтожения, а также средства их транспортировки. Особое место занимают ХОО, на которых хранится и уничтожается химическое оружие.

Одним из важнейших элементов системы обеспечения безопасного функционирования ХОО является мониторинг.

Данный вывод исходит из понимания его основной роли в системе безопасности, состоящей, прежде всего, в том, что мониторинг является первоисточником для получения информации о состоянии объекта. Фактически система мониторинга определяет необходимые условия для правильной оценки обстановки и принятия своевременных решений в случаях возникновения различных чрезвычайных ситуаций.

С точки зрения вида и объёма информации, требующей мониторингового наблюдения, различают технический, экологический, а также мониторинг здоровья персонала и населения, проживающего в районе размещения ХОО.

Согласно классической терминологии, под техническим мониторингом (ТМ) понимают систему наблюдений за источниками и факторами воздействия на окружающую природную среду [2].

С учётом требований, предъявляемых к ХОО в плане обеспечения их безопасной эксплуатации, ТМ должен представлять собой комплексную систему слежения, оценки и прогноза изменений состояния окружающей природной среды и предупреждения о создающихся критических ситуациях, вредных или опасных для здоровья людей и других живых организмов.

Одной из задач проведения ТМ является обнаружение воздействий токсичных химикатов, возникающих при выбросах в атмосферу

с ХОО. Так как ХОО может занимать большую площадь, то для оперативного и качественного принятия решения по выполнению мероприятий ликвидации и локализации выброса токсичного химиката необходимо фиксировать его координаты. Необходимо учитывать и возможность диверсии в зонах влияния ХОО с выбросом токсичных химикатов.

Для решения этой задачи необходимо разработать методический подход по выбору размещения постов наблюдения, в части касающихся контроля зараженности атмосферного воздуха на локализованной территории с возможностью определения координат аварийного выброса.

Для решения вышеуказанной задачи рассмотрим структуру системы ТМ. На рис.1 изображены информационные № 1, 6, 7 и технические № 2 – 5 блоки организации ТМ. Информацию о содержании токсичных химикатов в различных элементах окружающей природной среды собирают посты наблюдения,

и в зависимости от их технической оснащённости она может передаваться в виде проб в химико-аналитическую лабораторию (ХАЛ) либо уже в виде конкретных цифр по радиоканалам непосредственно в информационно-аналитический центр (ИАЦ). ХАЛ и ИАЦ в совокупности представляют подсистему сбора и обработки информации. В дальнейшем ИАЦ выдаёт обработанную экологическую информацию её потребителям. На основании этих данных и осуществляется выполнение мероприятий по предупреждению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. На наш взгляд, по результатам проведённого анализа имеющейся нормативно-технической, методической и законодательной базы, в организационной структуре недостаёт информационного блока № 6, выделенного на рисунке пунктиром.

Существуют различные методы для фиксации выбросов в системе ТМ. Например, для обнаружения и измерения концентрации опасных газов в местах аварийного или несанк-

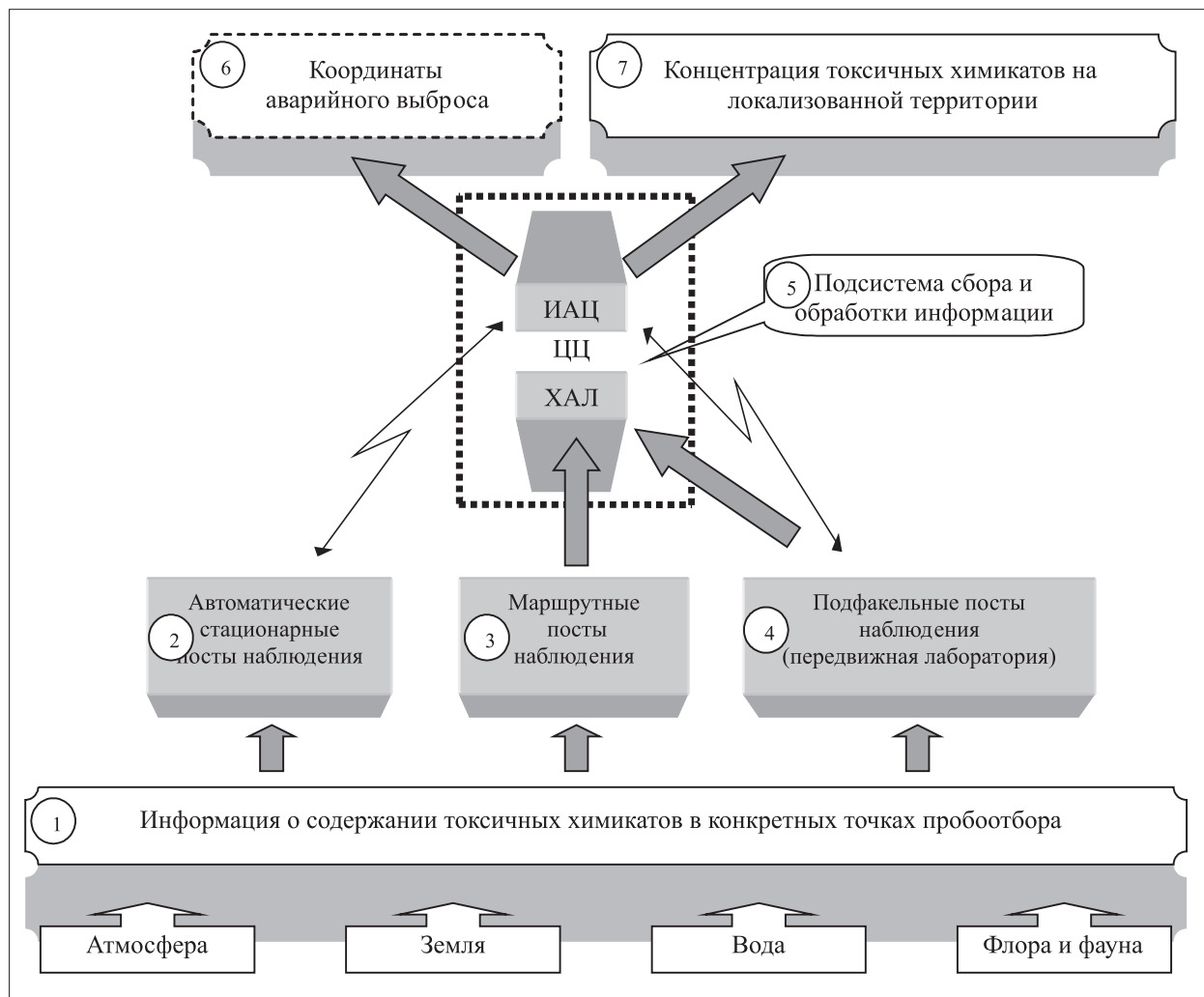


Рис.1. Структура организации технического мониторинга химически опасного объекта

ционированного их появления предложено использовать последовательное облучение места предполагаемого появления опасных газов лазерным излучением, регистрацию отражённого излучения и формирование видеосигналов [3]. Однако данный способ может быть использован лишь на открытой непересечённой местности с одним постом наблюдения.

Для повышения оперативности, надёжности и достоверности определения возникновения аварийной ситуации применяют взаимную корреляцию данных о выбросах с нескольких постов наблюдения [4]. Однако в данном случае отсутствует функция определения координат места выброса.

Таким образом, в настоящее время остается нерешённым вопрос по выбору размещения постов наблюдения, в части касающихся контроля заражённости атмосферного воздуха на локализованной территории с возможностью определения координат аварийного выброса.

Под постами наблюдения понимаются автоматические стационарные, подвижные (маршрутные) и подфакельные посты контроля атмосферного воздуха, предназначенные для получения непрерывной (периодической) информации о метеопараметрах и качестве воздуха во всех зонах влияния ХОО [5].

Полученная постом информация транслируется в ИАЦ системы ТМ для оценки реального состояния воздушной среды на исследуемом участке местности.

Автоматический стационарный (подвижный, подфакельный) пост выполняет следующие функции:

- непрерывное (периодическое) измерение приземных концентраций общепромышленных и специфических примесей, загрязняющих атмосферу;
- непрерывный (периодический) контроль за содержанием в атмосфере населённого пункта и близлежащей территории ХОО токсичных химикатов;
- автоматический отбор проб воздуха для последующего их анализа в ХАЛ на содержание токсичных химикатов, продуктов их деструкции, а также общепромышленных загрязнителей;
- непрерывное (периодическое) измерение метеопараметров в месте установки стационарного поста;
- автоматический сбор зарегистрированной информации с приборно-аналитических средств и средств измерений

метеопараметров, передача информации по каналам связи в ИАЦ.

Количество постов и их расположение можно определить исходя из предположения развития аварийной ситуации на ХОО при взрыве (запроектная аварийная ситуация). При взрыве происходит выброс токсичных химикатов в атмосферный воздух и идёт его распространение преимущественно в направлении ветра с определённой скоростью. Одного поста наблюдения за атмосферным воздухом будет недостаточно для объективной оценки экологической обстановки. Во-первых, для оценки погрешности (точности) результатов измерений, и в отечественной, и в международной практике за действительное значение зачастую принимают общее среднее значение [6] (должно быть несколько постов наблюдения). Во-вторых, если контролируемая местность будет иметь сложно-пересечённый рельеф (высоты, овраги...) для проведения качественного ТМ понадобятся дополнительные посты наблюдения. В-третьих, определить точные координаты выброса токсичных химикатов с использованием одного рассматриваемого поста невозможно.

Установив два поста наблюдения воздушной среды в зоне влияния ХОО и осуществляя контроль возможного выброса даже с использованием корреляции по времени двух параметров, проводимых измерений будет недостаточно для оперативного определения точных координат возможного выброса токсичных химикатов.

Поэтому предлагается в качестве модели для оперативного определения параметров координат возможного выброса токсичных химикатов на местности установить три автоматических поста наблюдения (регистратора), используя геометрический принцип их расстановки «треугольником» (рис. 2).

В общем случае индикаторами возникновения чрезвычайной ситуации, связанной с выбросом токсичных химикатов в воздух при взрыве, могут быть следующие факторы:

- облако заражённого воздуха (фиксируется изменение концентрации токсичного химиката в атмосферном воздухе);
- сейсмическая волна (фиксируется изменение давления в грунте);
- звуковая волна взрыва;
- ударная волна взрыва (фиксируется изменение давления в воздухе) и др.

Рассмотрим пример возможной корреляции по времени двух параметров, характеризующих аварию на ХОО: факт регистрации

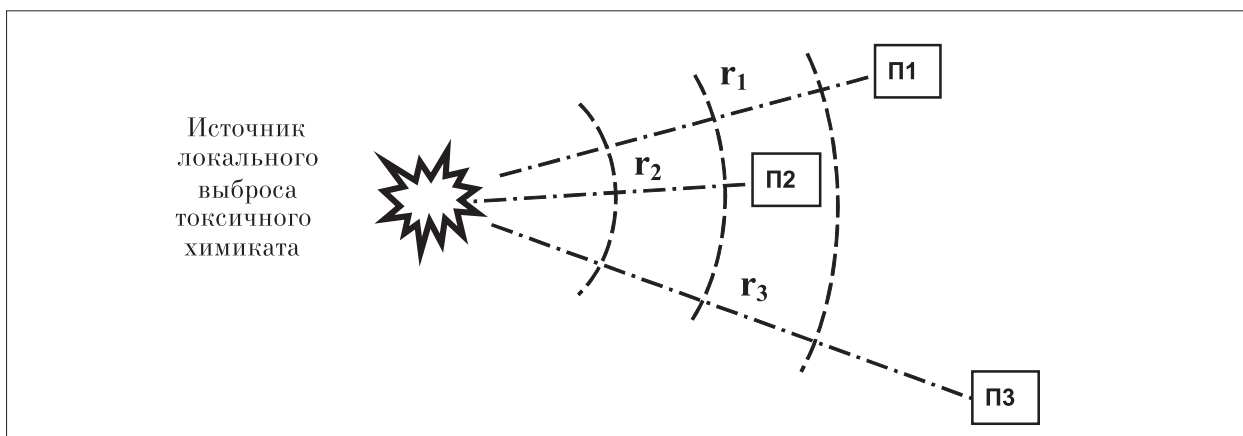


Рис. 2. Схема расположения автоматических стационарных постов контроля атмосферного воздуха (П1, П2, П3 – посты контроля с регистраторами сейсмических и заражённого облака; r – расстояние до поста от источника выброса)

тремя регистраторами сейсмических волн от взрыва на объекте и факт регистрации облака заражённого воздуха.

Для того чтобы система подтвердила достоверность выброса токсичных химикатов, параметры зарегистрированных процессов (концентрация токсичных химикатов в воздухе и изменение давления в грунте от взрыва) должны соответствовать истинным параметрам аварии.

Обозначим R_v – параметры выброса (время выброса, концентрация токсичного химиката в воздухе, мощность взрыва, тип токсичного химиката в выбросе), X_v – координаты выброса, X_i – координаты i -го регистратора (поста наблюдения), R_i – параметры зарегистрированных процессов (время прихода сейсмической волны, время прихода заражённого облака, концентрация токсичного химиката в воздухе, давление во фронте волны, тип токсичного химиката). Тогда для любого i должно выполняться соотношение:

$$R_i = f(R_v X_v X_i), \quad (1)$$

где f – функция, связывающая параметры регистрируемых процессов с параметрами выброса, координатами взрыва и регистратора.

Если все эти соотношения выполняются для всех трёх регистраторов, то можно сказать, что выброс действительно произошёл. Реально для системы распознавания нужно выбрать лишь наиболее существенные, с точки зрения увеличения вероятности правильного решения, соотношения.

Для определения того, выполняется ли то или иное соотношение, нужно знать, кроме координат регистратора (которые нам извест-

ны), также координаты выброса и его параметры.

Координаты выброса можно определить исходя из времени прихода сигналов на регистраторы. Для этого используем тот факт, что скорость распространения сейсмической волны и распространения облака заражённого воздуха различны.

Можно рассчитать расстояние от места выброса до регистратора по интервалу времени между приходом сейсмической волны и заражённого облака, зная примерную скорость их распространения. Расстояние до точки выброса токсичного химиката можно выразить как

$$\begin{cases} r = V_1 \cdot t_1 \\ r = V_2 \cdot t_2 = V_2 \cdot (t_1 + \Delta t) \end{cases} \quad (2)$$

$$(3)$$

где: r – расстояние до точки выброса; V_1 – скорость распространения сейсмической волны; V_2 – скорость распространения заражённого облака; t_1 – время распространения сейсмической волны; t_2 – время распространения заражённого облака; $\Delta t = t_2 - t_1$ – задержка распространения заражённого облака относительно сейсмической волны.

Разрешим эти уравнения относительно известных нам величин:

$$r = \frac{V_1 \cdot V_2 \cdot \Delta t}{\Delta V} \quad (4)$$

Зная расстояние от трёх регистраторов, расположенных в треугольнике, можно однозначно определить координаты выброса токсичного химиката на местности, т. е. X_v (см. рис. 2). Определив координаты выбро-

са, можно проверить выполнение соотношений (1), то есть определить соответствуют ли данные о временных соотношениях вычисленному положению выброса, соответствуют ли параметры всех зарегистрированных данных параметрам выброса, которые определяются на этом же этапе.

Исходя из выполнения или невыполнения этих соотношений, выдается решение о том, что выброс токсичного химиката действительно произошёл (или не произошёл).

Так как скорость распространения сейсмических волн намного больше скорости распространения заражённого облака, то при постановке в выражение (4) выражение (3) примет следующий вид:

$$r = V_2 \cdot t_2, \quad (5)$$

где V_2 – скорость распространения заражённого облака; t_2 – время распространения заражённого облака до регистратора.

Дополнительным признаком корреляции факта взрыва является соответствие расстояний r_i различных регистраторов i до точки взрыва (выброса токсичного химиката) с учётом заданной сетки, в узлах которой установлены регистраторы.

Таким образом, путём геометрической расстановки постов наблюдения на местности с использованием принципа «треугольника» и взаимной корреляции во времени аварийных измерительных сигналов, отражающих параметры сейсмических волн и облака заражённого воздуха, представляется возможным оперативно определять координаты и подтверждать достоверность возможного выброса опасных веществ. Данный подход позволяет осуществлять качественный ТМ в зонах влияния ХОО, расположенных на территориях со сложным рельефом местности.

Предложенный принцип «треугольника» целесообразно использовать:

- на ХОО, размещённых на больших территориях (например, на арсенале хранения химического оружия в пос. Кизнер Удмуртской Республики);
- в случаях возможных чрезвычайных ситуаций, связанных с выбросом токсичных химикатов;
- в случаях, когда облако заражённого воздуха может прийти с другого ХОО, расположенного в непосредственной близости рассматриваемого объекта.

Литература

1. Горский В.Г., Швецова-Шиловская Т.Н., Кирсанов В.В., Терещенко Г.Ф. Анализ аварийного риска и обеспечение безопасности химически опасных объектов // Химическая промышленность. М., 2002. Вып. 4. С. 1-14.
2. Израэль Ю.А. и др. Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометиздат, 1981. Т. IV. 261 с.
3. Пат. 2158423 Российская Федерация, МПК7 G 01 N 21/61. Способ дистанционного обнаружения экологически опасных газов / Н. Андреева, М. Барашков, В. Демкин, Е. Печерский, С. Пшеничников; Государственное унитарное предприятие «НПО Астрофизика». № 99105621/28; Заявл. 22.03.99; Оpubл. 27.10.00
4. Пат. 2271012 Российская Федерация, МПК7 G 01 N 35/00. Способ экологического мониторинга химически опасных объектов / В. Алексеев, Т. Габричидзе, В. Заболотских; Физико-технический институт Уральского отделения Российской академии наук. № 2003132228/28; Заявл. 20.04.05; Оpubл. 27.02.06, Бюл. № 6
5. Толстых А.В., Воронин Б.Н., Капашин В.П., Король Е.Н., Полков А.Б. Система производственного экологического мониторинга – неотъемлемая часть объекта по уничтожению химического оружия // Федеральные и региональные проблемы уничтожения химического оружия. 2000. Вып. 2. С. 115-125.
6. ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений.

Установление размеров (площадей) зон защитных мероприятий для объектов по хранению химического оружия и объектов по уничтожению химического оружия

© 2008. В.Д. Назаров, А.В. Назаров, А.В. Толстых, В.В. Батырев
Федеральное управление по безопасному хранению
и уничтожению химического оружия
Ассоциация «РОСТ»,
e-mail: rost@bk.ru

В статье дано понятие зоны защитных мероприятий (ЗЗМ), устанавливаемой вокруг объектов по хранению и уничтожению химического оружия, рассмотрена методика расчёта размеров ЗЗМ и приведены результаты расчётов размеров (площадей) ЗЗМ для семи объектов по хранению и уничтожению химического оружия в Российской Федерации.

The article presents the concept of a safety work zone is given (SWZ) that is established around chemical weapon storage and destruction objects, as well as methodics of SWZ area calculation and the results of SWZ area estimation for seven chemical weapon storage and destruction objects in Russia.

Ключевые слова: зона защитных мероприятий

2 мая 1997 года вступил в силу Федеральный закон № 76-ФЗ «Об уничтожении химического оружия» [1]. Данным Федеральным законом было введено понятие и дано определение зоны защитных мероприятий, устанавливаемой вокруг объектов по хранению химического оружия и объектов по уничтожению химического оружия. В соответствии со статьей 1 данного Федерального закона: «Зона защитных мероприятий – территория вокруг объекта по хранению химического оружия или объекта по уничтожению химического оружия, в пределах которой осуществляется специальный комплекс мероприятий, направленный на обеспечение коллективной и индивидуальной защиты граждан, защиты окружающей среды от возможного воздействия токсичных химикатов вследствие возникновения чрезвычайных ситуаций; площадь указанной зоны зависит от расчётного или нормируемого безопасного уровня загрязнения окружающей среды и утверждается Правительством Российской Федерации».

Постановлением Правительства Российской Федерации от 21 марта 1998 года № 334 «Об утверждении Плана основных мероприятий по реализации Федеральных законов «О ратификации Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении» и «Об уничтожении химического оружия» [2] на госзаказчика и ряд заинтересованных федеральных органов исполнительной власти Российской Федерации

была возложена задача по разработке и представлении в Правительство Российской Федерации проекта положения о зоне защитных мероприятий. Такая работа была выполнена к установленному сроку.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 февраля 1999 года № 208 было утверждено «Положение о зоне защитных мероприятий, устанавливаемой вокруг объектов по хранению химического оружия и объектов по уничтожению химического оружия» [3]. Данным Положением был определён специальный комплекс мероприятий, направленный на обеспечение коллективной и индивидуальной защиты граждан, защиты окружающей среды от возможного воздействия токсичных химикатов вследствие возникновения чрезвычайных ситуаций, которые принципиально могут возникнуть на объектах по хранению химического оружия либо на объектах по уничтожению химического оружия. Эти мероприятия реализовывались госзаказчиком при разработке проектной документации по созданию объектов уничтожения химического оружия, а также при выполнении заинтересованными федеральными органами исполнительной власти комплекса работ в интересах обеспечения безопасности хранения, перевозки и уничтожения химического оружия.

Данное постановление Правительства Российской Федерации также предписывало госзаказчику: «... по согласованию с заинтересованными федеральными органами исполнительной

власти разработать и утвердить методику определения площади зоны защитных мероприятий, устанавливаемой вокруг объектов по хранению химического оружия и объектов по уничтожению химического оружия».

С использованием Методики госзаказчику предписывалось вначале проведение расчётов размеров (площадей) зон защитных мероприятий, устанавливаемых вокруг объектов по хранению химического оружия. В последующем после утверждения проектной документации на создание объектов по УХО, проведение расчётов размеров (площадей) ЗЗМ, устанавливаемых для данных объектов.

Алгоритм утверждения ЗЗМ предусматривал согласование материалов расчёта в субъектах Российской Федерации, на территории которых расположены объекты по хранению или уничтожению химического оружия, проведение государственной экологической экспертизы материалов и документов по установлению ЗЗМ и представление необходимых документов и материалов по данному вопросу в Правительство Российской Федерации. Последний этап предполагал согласование материалов и документов по установлению ЗЗМ объектов по хранению химического оружия или объектов по уничтожению химического оружия в заинтересованных федеральных органах исполнительной власти, рассмотрение и выдачу соответствующих заключений по проектам постановлений Правительства Российской Федерации Минюстом России.

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации № 208-99 г. госзаказчик разработал «Методику определения площади зоны защитных мероприятий, устанавливаемой вокруг объектов по хранению химического оружия и объектов по уничтожению химического оружия» (далее по тексту – Методика) [4]. Методика была согласована заинтересованными федеральными органами исполнительной власти Российской Федерации, получила положительное заключение государственной экологической экспертизы, и в марте 1999 года была утверждена министром обороны Российской Федерации (на данный период времени госзаказчиком Программы УХО являлось Минобороны России).

Сущность методики определения ЗЗМ

Методика определения линейных размеров зоны ЗЗМ предназначена [5, 6]:

- для решения прямой задачи – определения линейных размеров ЗЗМ;
- для расчёта показателей для системы принятия управленческих решений в случае ликвидации возможных аварийных ситуаций на объекте по хранению химического оружия и на объекте по уничтожению химического оружия.

В основу методики положен подход, реализующий масштабный или вероятностный способ определения линейных размеров ЗЗМ, в зависимости от характера поставленной задачи.

Сущность масштабного способа заключается в определении линейных размеров ЗЗМ через максимальную глубину распространения облака ОВ при задании параметров аварии для конкретных метеорологических условий. Направление ветра при этом не учитывается, а расчёты ведутся по заданным направлениям (румбам).

Максимальной глубиной распространения ОВ принимается расстояние по направлению ветра от объекта УХО до точки со значением концентрации (дозы), соответствующей аварийному пределу воздействия за заданный промежуток времени [7].

Вероятностный способ базируется на оценке индивидуального риска и учитывает вероятность совместной реализации всех случайных факторов, влияющих на реализацию поражающего действия ОВ. Расчёты по вероятностному методу не проводятся, если совместная вероятность наступления события (гипотетической аварии) для наиболее благоприятных условий распространения облака ЗВ (P_0) равна или ниже заданного граничного значения риска ($P_{гр}$).

В общем случае при реализации масштабного метода размеры ЗЗМ для каждого сектора определяются итерационным способом исходя из условия равенства на расстоянии $\Gamma_{ЗЗМ}$ значения расчётной концентрации $C(\Gamma_{ЗЗМ})$ или дозы $D(\Gamma_{ЗЗМ})$ значению концентрации (дозы), равной аварийному пределу воздействия $C_{гр}$ или $D_{гр} = C(АПВ)$ или $D(АПВ)$

$$C(\Gamma_{ЗЗМ}) \text{ или } D(\Gamma_{ЗЗМ}) = C_{гр} \text{ или } D_{гр}. \quad (1)$$

Исходными данными для проведения расчётов являются:

- количество вылитого (выброшенного) ОВ;
- физико-химические характеристики ОВ;
- значения метеорологических параметров: параметр стратификации атмос-

феры (класс вертикальной устойчивости атмосферного воздуха), температуры воздуха и подстилающей поверхности, скорость приземного ветра;

- значения параметра эквивалентной шероховатости для каждого выбранного направления;
- аварийные пределы воздействия (АПВ).

Расчёт производится по следующему алгоритму:

1. Определяется диаметр $d_{пр}$ и площадь зеркала $S_{пр}$ разлившегося ОБ (толщина слоя h принимается равной 0,05 м)

$$d_{пр} = 5,04 \cdot (Q/\rho)^{1/2}, \quad (2)$$

где ρ – плотность ОБ, кг/м³, Q – количество разлившегося ОБ, кг.

$$S_{пр} = (\pi/4) \cdot d_{пр}^2 \quad (3)$$

2. В соответствии с Методикой [4] определяется скорость испарения разлившегося ОБ E .

3. Определяется директивное время на ликвидацию аварии $\tau_{дир}$.

4. Рассчитывается производительность источника q ,

$$q = 3,6 \cdot E \cdot \tau_{дир}. \quad (4)$$

5. Организуется цикл по расчёту значения глубины распространения $\Gamma_{лк}$ для каждого направления.

6. По соотношениям методики рассчитываются параметры, необходимые для расчёта дисперсионных характеристик.

7. С использованием итерационного подхода рассчитывается расстояние X от источника, на котором значение дозы $D(X)$ равно значению $D_{гр}$.

8. Определённое расстояние X является значением глубины распространения $\Gamma_{лк}$ для данного направления и записывается в таблицу, после чего осуществляется переход на расчёт глубин распространения $\Gamma_{лк}$ для различных направлений.

9. Если известны размеры объекта УХО, то рассчитанные значения глубин увеличиваются на радиус окружности R_0 , равновеликий площади объекта S_0 .

$$R_0 = \sqrt{S_0/\pi}. \quad (5)$$

10. После определения линейных размеров ЗЗМ в соответствии с алгоритмом методики осуществляется построение общей площади ЗЗМ.

При использовании вероятностного способа размеры ЗЗМ определяются путём расчёта поля индивидуального риска с последующим построением изолиний. В этом случае ЗЗМ является область, внутри которой выполняется условие: $R_{l,k} \geq R_{пр}$, где $R_{l,k}$ – величина индивидуального риска поражения человека в любой точке области с полярными координатами (α, r) ; $R_{пр}$ – заданный приемлемый уровень риска.

В основе расчётов лежит соотношение (6):

$$R = P_{ав} \cdot P_{сек} \cdot P_{инт} \cdot P_{уст} \cdot P_{доз}, \quad (6)$$

где R – уровень риска; $P_{ав}$ – вероятность возникновения аварийной ситуации; $P_{сек}$ – вероятность направления ветра по данному румбу; $P_{инт}$ – вероятность попадания скорости ветра в заданный интервал; $P_{уст}$ – вероятность заданного класса устойчивости; $P_{доз}$ – вероятность получения человеком дозы не ниже заданной.

Исходными данными для проведения расчётов являются:

- массив данных по характеристике аварий, определённый в начале раздела;
 - количество вылитого (выброшенного) ОБ Q_{ij} и вероятность этого события $P_{ав}$;
- Значения метеорологических параметров:
- ряд распределения направления ветра α_k ($k=1, 2, \dots, N_p$) по N_p румбам ($N_p=8$);
 - скорость ветра U_ϕ на высоте флюгера z_ϕ , задаваемая рядом распределения с группировкой по интервалам скоростей $P(U_\phi)$;
 - класс вертикальной устойчивости воздуха $K_{вув}$ по Паскуилу-Тернеру, задаваемый рядом распределения $P(K_{вув})$;
 - среднесезонные температуры воздуха T_b ;
 - топографические условия вблизи объекта по секторам;
 - параметр эквивалентной шероховатости $Z_{00}(k)$ по каждому k -му направлению ($k=1, 2, \dots, N_k$).

Критериальные значения:

- приемлемый уровень риска $R_{пр}$;
- вероятность события, принятого в качестве маловероятного и исключённого из дальнейшего рассмотрения или учёта $P_{гр}$.

Расчёт производится по следующему алгоритму:

1. Организуются циклы по аварийным ситуациям и по сезонам года. Вероятность возникновения i -й аварийной ситуации равна P_i (если P_i не известна, то она принимается равной 1).

2. Для i -й ситуации определяются показатели:

- площадь зеркала разлившегося ОБ $S_{пр}$;
- скорость испарения разлившегося ОБ E ;
- производительность источника q ;
- директивное время на ликвидацию аварии $\tau_{дир}$.

3. Рассчитывается или определяется значение АПВ = АПВ($\tau_{исп}$) для данного типа ОБ.

4. Организуется цикл по перебору классов устойчивости. Вероятность данного класса устойчивости равна P_j .

5. Организуется цикл по направлениям α . Вероятность данного направления ветра равна P_k .

6. По методике рассчитываются значения метеопараметров для данного класса устойчивости, скорости ветра и значения параметра эквивалентной шероховатости.

7. Организуется цикл по расстоянию r .

8. Для каждой точки с координатами (α, r) по методике рассчитывается значение дозы. Значение дозы определяется как на оси следа ($y=0$), так и для соседних секторов. В этом случае определяется значение y для соседних секторов по соотношению

$$y = r \cdot \sin((k-1) \cdot \Delta\alpha), \quad (7)$$

где k – номер соседнего сектора, считая номер текущего сектора первым; $\Delta\alpha$ – величина центрального угла сектора.

9. Для точки (α, r) рассчитываются значение дозы $D(\alpha, r)$ и токсоеффекта $T(\alpha, r)$

$$T(\alpha, r) = D(\alpha, r) / D_{гр}, \quad (8)$$

где $D_{гр} = \text{АПВ}(\tau) \cdot \tau_{дир}$.

По значению токсоеффекта $T(\alpha, r)$ определяется вероятность получения эффекта не выше АПВ:

$$P_o = 0,5 \cdot [1 + \text{erf}(1,02 \cdot \ln T(\alpha, r))]. \quad (9)$$

10. Определяется частный риск R_o (при реализации всей совокупности исходных данных с вероятностями P_i, P_j, P_k, P_o)

$$R_{(r,\alpha)} = P_i \cdot P_j \cdot P_k \cdot P_o. \quad (10)$$

11. Частный риск R_o суммируется нарастающим итогом с ранее полученными для этой точки частными рисками для других комбинаций исходных данных.

12. Окончание всех организованных циклов.

13. По рассчитанному полю риска $R(\alpha, r)$ или токсоеффектов строятся изолинии равных рисков.

14. Если известны размеры объекта уничтожения химического оружия, то полученные значения увеличиваются на радиус окружности R_o , равновеликой площади объекта S_o :

$$R_o = \sqrt{S_o / \pi}. \quad (11)$$

Сформированная таблица (массив) накладывается на карту, строится огибающая и определяется попадание населённых пунктов в зону. Если населённый пункт попадает в зону хотя бы одной точкой, то не зависимо от размеров совместной области, весь населённый пункт включается в ЗЗМ. После введения уточнений таблица (массив) содержит полярные координаты зоны защитных мероприятий и может быть использована для дальнейшей работы. Наложение данных на карту (схему) и построение огибающей позволяет наглядно представить ЗЗМ для планирования защитных мероприятий.

Следует иметь в виду, что при использовании вероятностного способа особое внимание необходимо было обратить на обоснованное определение вероятностных характеристик, особенно вероятность наступления той или иной аварийной ситуации. Необоснованное завышение данного показателя могло привести к резкому и необоснованному увеличению размеров ЗЗМ. Во всех остальных случаях линейные размеры ЗЗМ, рассчитанные с использованием масштабного способа, были больше таковых, но рассчитанных по вероятностному способу.

При проведении расчётов по вероятностному способу не допускается учёт определенных параметров производить с использованием масштабного способа (например, вводить строго определённые скорости ветра, значения температурной стратификации и т. п.).

Масштабный и вероятностный способы дают примерно одинаковые глубины распространения облака заражённого воздуха, когда вероятность возникновения аварийной ситуации достаточно велика – $PAВ \geq 1 \cdot 10^{-2} \text{год}^{-1}$.

В нашем случае вероятности возникновения аварийных ситуаций были гораздо ниже этой величины. По этой причине глубины распространения облака заражённого, рассчитанные по вероятностному способу, были меньше по сравнению с аналогичными значениями, но рассчитанными с использованием масштабного способа.

Результаты работ по установлению размеров (площадей) ЗЗМ для объектов по хранению и уничтожению химического оружия

Алгоритм работ по установлению размеров (площади) ЗЗМ, а также перечня населённых пунктов, включаемых в указанную зону, для каждого объекта по хранению химического оружия или объекта по уничтожению химического оружия предусматривал:

- обоснование перечня возможных проектных и запроектных аварийных ситуаций, которые могут возникнуть на объекте;
- для возможных аварийных ситуаций в соответствии с утверждённой Методикой проведение расчётов площади зоны защитных мероприятий, устанавливаемой для конкретного объекта, с указанием перечня населённых пунктов, включаемых в указанную зону;
- формирование ЗЗМ для конкретного объекта. Нанесение ЗЗМ на карту-схему. Подготовку проекта решения федеральных и региональных органов исполнительной власти по данному вопросу;
- подготовку проекта постановления Правительства Российской Федерации по данному вопросу;
- проведение согласования: проекта решения представителей госзаказчика и заинтересованных региональных органов исполнительной власти, карты-схемы и проекта постановления Правительства Российской Федерации на региональном уровне;
- проведение согласования проекта постановления Правительства Российской Федерации об установлении ЗЗМ для конкретного объекта на федеральном уровне (в заинтересованных федеральных органах исполнительной власти Российской Федерации);
- проведение государственной экологической экспертизы проекта текста постановления Правительства Российской Федерации,

а также материалов и документов по установлению размеров (площади) ЗЗМ с перечнем населённых пунктов, включаемых в указанную зону;

- выдачу заключения Минюста России по проекту текста постановления Правительства Российской Федерации;
- внесение проекта постановления Правительства Российской Федерации по установлению ЗЗМ с перечнем населённых пунктов, включаемых в указанную зону, на рассмотрение в Правительство Российской Федерации.

Таким образом, работы по утверждению площадей зон защитных мероприятий явились отправной точкой в реализации ряда положений Федерального закона «Об уничтожении химического оружия», направленных на обеспечение безопасности населения и защиты окружающей среды в случае возникновения чрезвычайных ситуаций при хранении и уничтожении химического оружия.

Кроме того, установление площади зоны защитных мероприятий явилось исходной информацией для разработки рабочей документации по созданию объектов по уничтожению химического оружия.

Комплекс работ по установлению размеров (площадей) зон защитных мероприятий для объектов по хранению химического оружия и объектов по уничтожению химического оружия проводился госзаказчиком в период с 1999-го по 2007 г. с привлечением специалистов и учёных из регионов [8].

Двенадцатью постановлениями Правительства Российской Федерации были установлены размеры (площади) ЗЗМ для всех объектов. В таблице приведены итоговые материалы выполненной работы.

Литература

1. Федеральный закон от 7.05.97 г. № 76-ФЗ «Об уничтожении химического оружия».
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 21.03.98 г. № 334 «Об утверждении Плана основных мероприятий по реализации Федеральных законов «О ратификации Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении» и «Об уничтожении химического оружия».
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 24.02.99 г. № 208 «Положение о зоне защитных мероприятий, устанавливаемой вокруг объектов по хранению химического оружия и объектов по уничтожению химического оружия».

Таблица

Перечень постановлений Правительства Российской Федерации об утверждении площадей ЗЗМ, устанавливаемых вокруг комплекса объектов по хранению и уничтожению химического оружия

Дислокация объекта	Постановление Правительства Российской Федерации
п. Горный Саратовской области	Постановление Правительства Российской Федерации от 21 января 2000 г. № 52 «Об утверждении площади ЗЗМ вокруг комплекса объектов по хранению и уничтожению химического оружия в п. Горный Саратовской области». Площадь 77,23 кв. км. 3 населённых пункта.
г. Камбарка Удмуртской Республики	Постановление Правительства Российской Федерации от 5 декабря 2005 г. № 734 «Об утверждении площади ЗЗМ, устанавливаемой вокруг комплекса объектов по хранению и уничтожению химического оружия (г. Камбарка, Удмуртская Республика), и перечня населённых пунктов, включаемых в указанную зону». Площадь 87 кв. км. 3 населённых пункта.
г. Щучье Курганской области	Постановление Правительства Российской Федерации от 7 ноября 2005 г. № 658 «Об утверждении площади ЗЗМ, устанавливаемой вокруг комплекса объектов по хранению и уничтожению химического оружия (г. Щучье, Курганская область), и перечня населённых пунктов, включаемых в указанную зону». Площадь 750 кв. км. 20 населённых пунктов.
п. Марадьковский Кировской области	Постановление Правительства Российской Федерации от 7 ноября 2005 г. № 657 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. № 867». Площадь 891,7 кв. км. 198 населённых пунктов.
п. Леонидовка Пензенской области	Постановление Правительства Российской Федерации от 5 декабря 2005 г. № 735 «Об утверждении площади ЗЗМ, устанавливаемой вокруг комплекса объектов по хранению и уничтожению химического оружия (п. Леонидовка, Пензенская область), и перечня населённых пунктов, включаемых в указанную зону». Площадь 214 кв. км. 8 населённых пунктов.
г. Почеп Брянской области	Постановление Правительства Российской Федерации от 6 июля 2007 г. № 433 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 15 января 2004 г. № 16». Площадь 1060 кв. км. 132 населённых пункта.
г. Кизнер Удмуртской Республики	Постановление Правительства Российской Федерации от 6 июля 2007 г. № 434 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 12 апреля 2000 г. № 329». Площадь 510 кв. км. 32 населённых пункта.

4. «Методика определения площади зоны защитных мероприятий, устанавливаемой вокруг объектов по хранению химического оружия и объектов по уничтожению химического оружия». Минобороны России, 1999. 78 с.

5. Назаров В.Д., Толстых А.В., Назаров А.В. и др. Итоговый отчёт «Определение зоны защитных мероприятий, устанавливаемой вокруг комплекса объектов по хранению, перевозке и уничтожению химического оружия, расположенных в г. Почеп Брянской области. М.: ФУ БХ и УХО. – 2007. Инв. № 554. – 116 с.

6. Назаров В.Д., Толстых А.В., Назаров А.В. и др. Итоговый отчёт «Определение зоны защитных ме-

роприятий, устанавливаемой вокруг комплекса объектов по хранению и уничтожению химического оружия, расположенных в п. Кизнер Удмуртской Республики». М.: ФУ БХ и УХО. – 2007. Инв. № 555. 112 с.

7. Гигиенические нормативы. ГН 2.1.6.1181-02. «Аварийные пределы воздействия отравляющих веществ для атмосферного воздуха населённых мест». – М.: Минздрав России, 2003.

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

Процесс переработки продукта детоксикации люизита – арсенита натрия гидролизного в аспекте охраны окружающей среды и экологической безопасности

© 2008. Д.А. Елисеев, А.Г. Демахин, В.Н. Чупис, В.В. Олискевич
 Научно-исследовательский институт промышленной экологии,
 e-mail: ecovector@sar-ecoinst.org

В данной статье представлены результаты по разработке технических решений, которые в максимальной степени реализуют вопросы промышленной безопасности и предельно снижают нагрузку на окружающую среду в процессе переработки одного из продуктов детоксикации люизита – арсенита натрия гидролизного.

This article shows the results of technical solutions of that maximally solve the industrial safety problems and bring down the hazards impact upon the natural environment to the minimum while processing hydrolytic sodium arsenate – one of lewisite detoxication products.

Ключевые слова: детоксикация люизита, промышленная безопасность, утилизация, детоксикация отходов

В процессе реализации Федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» предполагается осуществить комплекс взаимосвязанных и скоординированных по времени и ресурсам мероприятий.

Разработка технологий переработки, утилизации или уничтожения продуктов детоксикации и отходов, образующихся в процессе уничтожения химического оружия, является одной из ключевых задач.

Особо необходимо отметить, что при выполнении Программы требуется обеспечить внедрение технологий, безопасных в промышленном, пожарном и экологическом отношениях, а также экономически приемлемых для уничтожения химического оружия и полностью исключающих или в максимальной степени снижающих негативное воздействие на здоровье человека и окружающую среду [1].

Цель данного исследования – разработка технических решений для максимального снижения опасности в процессе переработки одного из продуктов детоксикации люизита – арсенита натрия гидролизного.

Арсенит натрия гидролизный (АНГ), как продукт детоксикации люизита, является сложной многокомпонентной системой, содержащей арсенит и арсенат натрия, гидроксид и хлорид натрия, нерастворимые в воде примеси – бентонитовую глину (коллоидная глина, состоящая в основном из минералов группы монтмориллонита $Al_2[Si_4O_{10}](OH)_2nH_2O$).

Указанный продукт необходимо, с одной стороны, разделить на основные базовые компоненты – соединения мышьяка и хлорид натрия, а с другой – трансформировать в товарные продукты [2].

При создании технологической линии переработки АНГ закладывались следующие принципы, обеспечивающие реализацию техпроцесса и охраны окружающей среды:

- проведение основных операций в растворах при мягких условиях осуществления процессов;
- блочный принцип построения линий техпроцесса с осуществлением операций в периодическом режиме;
- независимость работы каждого блока техпроцесса;
- формирование принципа замкнутого цикла по токсичным реагентам;
- минимизация количества твёрдых отходов и жидких стоков с созданием эффективных систем их очистки.

В основе процесса переработки АНГ лежит способ его предварительной подготовки, заключающийся, во-первых, в создании алгоритма перевода базовых компонентов из состава сухой соли в раствор, во-вторых, в отделении от системы части хлорида натрия и, в-третьих, выделения из состава раствора соединений мышьяка. Базовая схема процесса, отвечающая требованиям всех постановочных задач по переработке АНГ при гарантии качества получаемой товарной продукции, приведена на рис. 1.

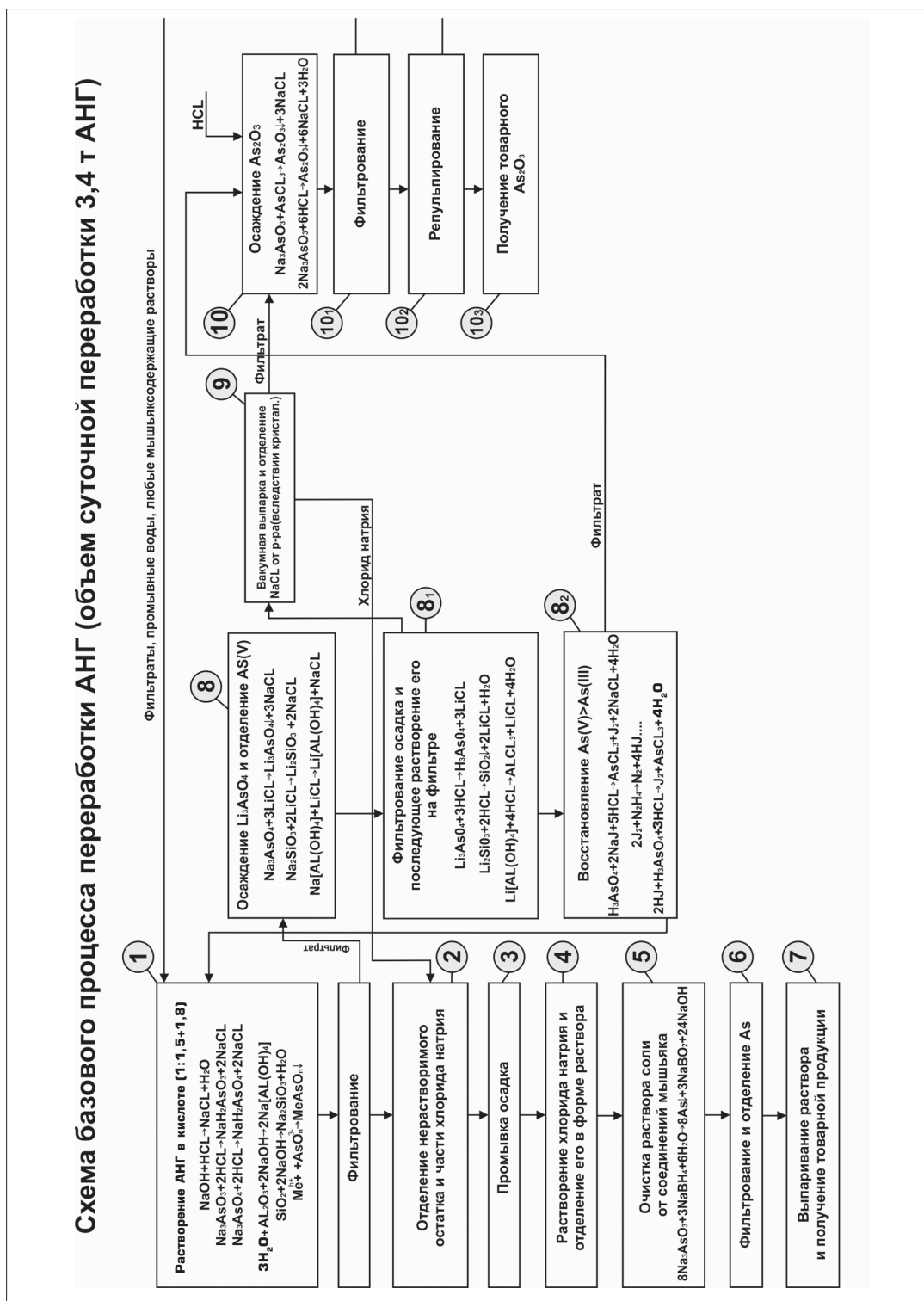


Рис. 1. Схема процесса переработки АНГ в товарные продукты

В техпроцессе переработки АНГ в товарную продукцию (оксид мышьяка и хлорид натрия) можно выделить ключевые стадии, на протекание которых могут влиять состав и свойства арсенита натрия гидролизного:

- отделение из состава АНГ нерастворимых в воде веществ;
- отделение хлорида натрия путём перевода в раствор с последующей его очисткой;

- вывод из состава системы соединений мышьяка (V);
- выпарка раствора до заданной концентрации арсенита натрия;
- репульпирование оксида мышьяка.

Казалось бы, что простое растворение АНГ в воде, с последующей фильтрацией образующейся системы, должно приводить к отделению нерастворимых в воде веществ. Однако многокомпонентный состав АНГ и сильная

щёлочность системы «АНГ-Н₂O» (рН образующего раствора ≥ 12) приводит при перемешивании гетерогенной системы к процессам набухания нерастворимых в воде веществ (независимо от того, сформирован АНГ на основе бентонита или нет) и частичному переходу их частиц в коллоидальную форму, что негативно сказывается на процессах фильтрации на стадии их отделения от гомогенного раствора.

Для ликвидации этого негативного момента был разработан процесс растворения АНГ не в воде, а в водном растворе соляной кислоты, что обеспечивает поддержание рН системы при растворении АНГ на уровне от 8,0 – 9,0.

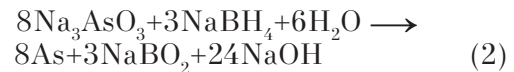
Помимо уменьшения эффекта набухания нерастворимых в воде веществ, процесс контакта АНГ с водно-кислотной системой имеет и другую смысловую нагрузку. В сильно щелочной среде мышьяксодержащие соли присутствуют в системе в форме средних солей, которые позднее придётся переводить в оксид мышьяка (III). Контакт с кислыми растворами приводит к нейтрализации средних солей уже на ранней стадии процесса, с образованием кислых солей и хлорида натрия по схеме:



Экспериментально установлено, что значительные количества хорошо растворимых солей мышьяковой и мышьяковистой кислот приводят к понижению растворимости хлорида натрия на уровень $\approx 13 - 17$ масс. %. Данное обстоятельство приводит к тому, что большое количество хлорида натрия, формируемого в системе АНГ-Н₂O-НСl, остаётся в гетерогенном, нерастворённом состоянии, что позволяет отделять данную соль вместе с нерастворимыми в воде веществами при операции фильтрования.

Образование хлорида натрия, полученного после проведения вышеуказанной технологической операции, опасно для окружающей среды тем, что он, выпадая в осадок, адсорбирует определённое количество соединений мышьяка.

С целью улучшения экологических показателей технологии нами был разработан способ очистки хлорида натрия от соединений мышьяка (III). Хлорид натрия растворяется в заданном количестве воды с формированием 20%-ного раствора, в который далее добавляется заданное количество NaBH₄. При этом процесс восстановления арсенита натрия протекает в щелочной или нейтральной среде:



Далее раствор с выпавшим в осадок мышьяком подвергается операции фильтрования для его отделения. Фильтрат направляется на стадию сорбционной очистки с последующей выпаркой и получением товарного NaCl. Хлорид натрия может быть рекомендован к применению в хлорной промышленности, для приготовления буровых растворов в процессах добычи нефти и газа, а также отраслях, использующих в технологических целях поваренную соль промышленного качества.

Способ получения элементарного мышьяка, применяемый на стадии очистки раствора поваренной соли, является в определённой мере альтернативой электрохимическому процессу восстановления соединений мышьяка (III), осуществляемому на сложном специализированном оборудовании [3]. Разработанный нами способ реализуется в рамках основной (базовой) схемы процесса переработки арсенита натрия гидролизного, в обычном реакторе и практически с любой задаваемой производительностью.

Важно то, что данный способ позволяет получить при переработке АНГ дополнительный товарный продукт – чистый мышьяк.

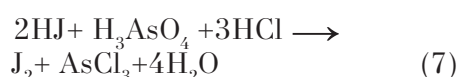
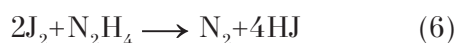
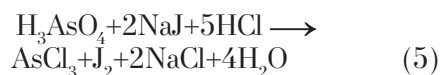
В целях повышения экологичности и безопасности производственного цикла найденное техническое решение используется и для обработки образующихся в технологическом процессе фильтратов, сточных и промывных вод, содержащих остаточные количества соединений мышьяка (III).

Не менее сложной проблемой, решённой при создании технологии переработки АНГ, была задача вывода из технологического процесса арсената натрия и перевод его в соединения мышьяка (III).

Вся сложность обуславливалась отсутствием каких-либо решений, позволяющих вывести арсенат натрия из состава исходной многокомпонентной смеси. Тем не менее целенаправленная работа в этом направлении позволила разработать технологически приемлемый подход, заключающийся в выделении арсенатионов путём их осаждения в виде малорастворимого соединения. При этом присутствующие в исходной системе арсенит и хлорид натрия остаются в растворе, не переходя в труднорастворимые вещества. Искомым осадителем оказался ион лития, в присутствии которого хорошо растворимый арсенат натрия переходит в малорастворимую соль:



Далее арсенат лития растворяется в соляной кислоте последующим восстановлением образующейся мышьяковой кислоты в трихлорид мышьяка комбинированной системой восстановителей (NaJ и $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot 2\text{HCl}$).



Данная операция, помимо вывода из технологического процесса соединений мышьяка (V), важна ещё и тем, что полученные сильноокислые растворы AsCl_3 используются совместно с HCl на стадии получения оксида мышьяка при проведении кислотной нейтрализации щелочного раствора Na_3AsO_3 . А это, в свою очередь, оказывает существенное влияние как на снижение эксплуатационных затрат при переработке АНГ, связанных со значительным уменьшением количества соляной кислоты, используемой на стадии кислотной нейтрализации, так и на повышение выхода оксида мышьяка (III).

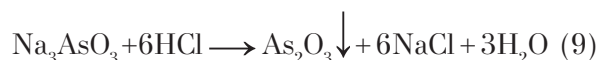
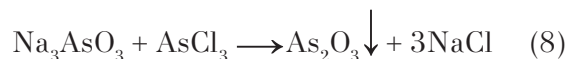
Не менее значимой, по сравнению с приведёнными выше технологическими операциями, является операция упаривания до заданной концентрации по арсениту натрия растворов, идущих на стадию кислотной нейтрализации. Данная операция позволяет снизить время осаждения As_2O_3 при одновременном удалении из состава раствора дополнительного количества хлорида натрия.

Упаривание ведётся с целью до достижения концентрации арсенита натрия до уровня 25,0 – 30,0 масс.%, с охлаждением системы до температуры 10 – 15°C и отделением при этих условиях хлорида натрия. Это приводит к образованию раствора ненасыщенного по отношению к поваренной соли, что положительно сказывается на динамике последующего процесса осаждения мышьяковистого ангидрида.

Выпавший после охлаждения в осадок хлорид натрия отделяется от раствора и выводится на стадию очистки от соединений мышьяка по ранее описанной схеме.

На этом заканчиваются технологические операции разделения АНГ на базовые компоненты, позволяющие получать высококонцентрированный раствор арсенита натрия для его трансформации в оксид мышьяка (III).

Процесс осаждения белого мышьяка проводится путём добавления к раствору арсенита натрия кислого раствора AsCl_3 , полученного на стадии восстановления соединений мышьяка (V), и заданного количества концентрированной соляной кислоты:



Выпавший осадок оксида мышьяка (III) отделяется на фильтре и поступает для очистки на конечную технологическую стадию – репульпирование.

Операция репульпирования заключается в том, что к осадку оксида добавляется рассчитанное количество воды. Получаемая система перемешивается для выведения из состава осадка окклюдированного хлорида натрия и других растворимых примесей.

Проводимая операция позволяет доводить продукт до требований ТУ с получением оксида мышьяка марки технический 1-й сорт (98,0%) или рафинированный 2-й сорт (99,0%).

В заключение необходимо отметить, что все найденные технические решения позволили разработать технологию переработки продукта детоксикации люизита – арсенита натрия гидролизного в товарную продукцию, которая отвечает всем современным требованиям промышленной и экологической безопасности.

Литература

1. Федеральная целевая программа «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации».
2. Демахин А.Г., Олискевич В.В., Сильпягин 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. № 2. С. 27-31.
3. Петрунин В.А. и др. Математическое моделирование процесса щелочного гидролиза люизита // Российский химический журнал. 1995. Т. XXXIX. № 4. С. 15-16.

Эффективность методов биотестирования при оценке состояния почв в зоне локального загрязнения техногенным минеральным фосфором

© 2008. А.С. Олькова¹, Т.Я. Ашихмина²

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

² Вятский государственный гуманитарный университет,
e-mail: ecolab@vshu.kirov.ru

Методами биотестирования определена токсичность растворов пиррофосфата и фосфата натрия: показано, что пиррофосфат натрия сильнее воздействует на тест-объекты. В условиях полевого опыта изучено влияние минерального техногенного фосфора (на примере пиррофосфата натрия) на токсичность почв. Проведена оценка эффективности методик биотестирования, допущенных для целей государственного экологического контроля, при загрязнении почв техногенным фосфором. Сделан вывод о том, что наиболее эффективными оказались методики с использованием тест-системы «Эколюм» и тест-объектов *Paramecium caudatum*.

With the use of biotesting methods natrium pyrophosphate and phosphate solutions toxicity is stated. It is shown that the influence of natrium pyrophosphate on test-objects is stronger. During the field experiment the influence of mineral technogenic phosphorus (by the example of natrium pyrophosphate) on soil toxicity is considered. Efficiency of biotesting methodics accepted for the purpose of state ecological control of technogenic phosphorus soil contamination is estimated. The conclusion is drawn that the most effective methodics are those with the use of the test-system «Ecolym» and the test-objects *Paramecium caudatum*.

Ключевые слова: биотестирование, тест-объекты, техногенный фосфор

Введение

Минеральные фосфорные соединения широко применяются в промышленности и сельском хозяйстве. Их значение трудно переоценить. Однако эти вещества, по воле человека включаемые в биогеохимический круговорот, в зависимости от масштабов использования могут оказать локальное, региональное, а также глобальное воздействие на окружающую среду.

Антропогенные источники фосфорных соединений представлены в основном отвалами руд, удобрениями, ПАВами, промышленными выбросами некоторых предприятий. Соединения фосфора, попадающие в окружающую среду вследствие добывающей, перерабатывающей, сельскохозяйственной и иной деятельности человека, можно назвать антропогенным фосфором.

Антропогенный фосфор выступает как один из индукторов эвтрофикации водоёмов, изменения химических, биохимических, микробиологических свойств почв [1]. В противовес мнению о том, что поступление соединений фосфора антропогенного происхождения не имеет негативных последствий, существует иная позиция. Например, доказано [2], что фосфат-ионы обладают высокой лигандной активностью. Особенно сильными комп-

лексообразователями являются техногенные фосфорные соединения, в том числе пиррофосфаты. Это определяет педохимическую судьбу не только самого фосфора, но и других почвенных элементов.

Следовательно, обоснованно предположение, что промышленные выбросы, содержащие минеральный техногенный фосфор, могут оказать дестабилизирующее действие на окружающую среду.

Этот вопрос актуален для Кировской области, где многие годы хранилось и в настоящее время уничтожается химическое оружие. Масса фосфорорганических отравляющих веществ, подлежащих уничтожению на объекте «Марадыковский» составляет около 7 тысяч тонн. Уничтожение химического оружия осуществляется в два этапа. На первом этапе происходит нейтрализация отравляющего вещества типа-Vx в боеприпасах, а зарина и зомана в реакторах. На втором этапе происходит сжигание образующихся реакционных масс с их деструкцией до минеральных соединений, среди которых фосфат калия, фосфорный ангидрид и пиррофосфат натрия.

Наше внимание в возможных выбросах объекта уничтожения химического оружия (ОУХО) привлёк пиррофосфат натрия (ПФН), который среди твёрдых отходов объекта занимает второе место по массе элиминации после

сажи [3]. Техногенный фосфор предприятия может попасть в окружающую среду преимущественно в виде твёрдых аэрозолей, которые аккумулируются в почве за счёт непосредственной седиментации на её поверхности, либо при биологической деструкции листового опада. Необходимость изучения влияния пирофосфата натрия возникла в силу неоднозначных литературных данных о воздействии данного вещества на окружающую среду и живые организмы. Известно свойство пирофосфатов гидролизываться в среде с образованием фосфатов [4], которые потребляются растениями и почвенной биотой. Однако время жизни и, соответственно, возможность влияния на почву пирофосфатов как экополлютантов не изучены.

Для оптимизации комплексного экологического мониторинга зоны влияния ОУХО нами поставлена цель: определить эффективность методов биотестирования при оценке состояния почв в зоне локального загрязнения техногенным минеральным фосфором. Реализация этой цели обеспечилась путём:

- сравнения токсичности модельных (химически чистых) растворов пирофосфата натрия и фосфата натрия.
- адекватного выбора тест-объектов, чувствительных к загрязнению пирофосфатами.

Объекты и методы исследований

В рамках изучения пирофосфата натрия как компонента возможного техногенного загрязнения зоны влияния ОУХО проводилась оценка степени его влияния на живой организм в сравнении с фосфатами.

Возможная токсичность растворов различной концентрации чистых веществ $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (пирофосфат натрия) и $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (фосфат натрия) оценивалась методом биотестирования. Диапазон исследуемых концентраций пирофосфата натрия для каждого тест-объекта определяли в предварительном эксперименте исходя из условия, что подавление жизнедеятельности тест-организмов, выраженное в индексе токсичности, должно быть значимой величиной, то есть отличной от 0 и 100% подавления. Сравнимые между собой растворы содержали одинаковое количество фосфат- и пирофосфат-ионов. В качестве тест-объектов были выбраны бактерии тест-системы «Эколюм» и инфузории *Paramecium caudatum* [5, 6]. Проводилось тестирование свежеприготовленных растворов,

а также растворов через 48 часов и через 96 часов после их приготовления. Это позволило выявить степень снижения токсичности пирофосфата натрия вследствие гидролиза данной соли в растворе.

Для решения задачи по адекватному выбору тест-объектов, способных дать отклик на техногенный минеральный фосфор, потребовалось моделирование загрязнения почвы пирофосфатом натрия. Был заложен микроделяночный полевой опыт на трёх площадках с типичными для зоны воздействия объекта почвами. Опытная площадка с подзолистыми песчаными почвами (Пп) находилась на расстоянии 1,5 км до объекта и представляла лесной фитоценоз (сосновый лес). Площадка с дерново-подзолистыми супесчаными почвами (П^{чу}) удалена от объекта на 2,8 км, представляла суходольный луг. Опытная площадка с аллювиальными среднесуглинистыми почвами (А) также располагалась на луговом участке 3,5 км от ОУХО.

Выбранные нами почвы характерны для подзоны средней и южной тайги. Например, в Кировской области подзолы занимают 35% территории края, а дерново-подзолистые – 45%. Пойменные почвы (аллювиальные) располагаются по долинам рек – 5,6% площади области [7, 8].

Доза внесения пирофосфата натрия соответствовала уровню предельного выпадения (ПВ) пирофосфата натрия на поверхность почвы, который рассчитывался исходя из предположения, что весь фосфор, входящий в состав ФОВ, будет при сжигании продуктов детоксикации выброшен в атмосферу в форме пирофосфата натрия. Расчёт производился при помощи компьютерной программы, разработанной на основе работы [9] с учётом розы ветров, расстояния и направления от источника выброса до площадки.

Расчётные дозы предельного выпадения (ПВ) пирофосфата натрия следующие: для подзолистой почвы 1 ПВ составило 4,9 г ПФН на 1 м² поверхности почвы, для дерново-подзолистой – 4,5 г/м², для аллювиальной – 5,26 г/м².

Опыт включал 3 варианта: контроль, внесение 1 ПВ и 10 ПВ пирофосфата натрия. Контролем служили пробы почв с делянок без внесения пирофосфата. Размещение вариантов в опыте систематическое. Опыт выполнен в четырёхкратной повторности, заложен в конце мая. Почва находилась под естественной растительностью, скошенной только непосредственно при закладке опыта. Смешанные образцы почвы с опытных

делянок отбирались согласно основным генетическим горизонтам, свойственным каждому типу исследуемых почв. На площадке с подзолистой почвой пробы отбирались по трём горизонтам почвенного профиля: A_0 – лесная подстилка мощностью 2 – 3 см, A_1 – грубогумусовый горизонт мощностью 3 см, A_2 – подзолистый горизонт мощностью до 10 см. На площадках, представляющих дерново-подзолистые и аллювиальные почвы, для исследования были отобраны образцы двух почвенных горизонтов. A_d (A_1) – мощностью 5 – 7 см, A_2 – мощностью 10 – 15 см.

Пробоотбор образцов почвы производили через 10 и 90 дней после внесения поллютанта.

Биотестирование модельных растворов и образцов почв с опытных площадок проводили согласно методикам выполнения измерений, относящихся к биологическим методам контроля, допущенных для целей государственного экологического контроля и внесенных в федеральный реестр [5, 6, 10, 11].

Одна из методик, тест-система «Эколюм» [5], предполагает использование культуры люминесцентных бактерий-биосенсоров серии «Эколюм», содержащихся в среде инертных газов в специальных стеклянных флаконах. Методика основана на определении изменения биолюминесценции бактерий при воздействии химических веществ, присутствующих в пробе, по сравнению с контролем. Данный показатель отражается в значении индекса токсичности T , по величине которого пробу относят к одной из групп токсичности (табл. 1).

В следующей методике в качестве тест-объекта используются инфузории – *Paramecium caudatum* [6]. Метод определения

токсичности основан на установлении параметра поведенческой хемотаксической реакции инфузорий с помощью прибора из серии «Биотестер». Пробы классифицируются по степени токсичности (табл. 2).

Токсичность исследуемых образцов почв определялась по смертности дафний (*Daphnia magna*) в исследуемой почвенной вытяжке, по сравнению с контрольной культурой в пробе, не содержащей токсических веществ [10]. Данный метод биотестирования является одним из наиболее часто используемых в производственной и научной практике.

Кроме того, для определения токсичности проб использовалась тест-культура зелёной одноклеточной водоросли *Chlorella vulgaris* [11]. Критерием токсичности является изменение оптической плотности культуры по сравнению с контрольным вариантом через 22 часа экспозиции в почвенной вытяжке и её разбавленных растворах. Согласно методике качество тестируемой среды устанавливается через величину биологически безопасного разбавления (табл. 3).

Полученные данные обрабатывали общепринятыми статистическими методами. Результаты анализов выражали в виде среднеарифметических значений из n -го числа проб и стандартного отклонения. Достоверность расхождения средних результатов определяли при помощи критерия Стьюдента для уровня значимости $=0,05$.

Результаты и их обсуждение

Биотестирование модельных растворов пирофосфата и фосфата натрия показало, что тест-организмы проявляют различную

Таблица 1

Классификация проб, тестируемых по тест-системе «Эколюм», по группам токсичности

Интервал индекса токсичности T , у.е.	Группа токсичности
$0 < T < 20,00$	Группа I. Проба не токсична
$20,1 < T < 49,99$	Группа II. Проба средне токсична
$T > 50,00$	Группа III. Проба сильно токсична

Таблица 2

Классификация проб, тестируемых по тест-объекту *Paramecium caudatum*, по группам токсичности

Интервал индекса токсичности T , у.е.	Группа токсичности
$0 < T < 0,40$	Группа I. Допустимая степень токсичности
$0,41 < T < 0,70$	Группа II. Умеренная степень токсичности
$T > 0,71$	Группа III. Высокая степень токсичности

Таблица 3

Токсикологические характеристики качества испытуемой водной вытяжки из почвы

Концентрация тестируемой вытяжки (%), при которой превышен критерий токсичности	Качество пробы
100	Слаботоксичная
33	Среднетоксичная
11	Токсичная
3,7	Сильнотоксичная
1,2	Гипертоксичная

Таблица 4

Оценка уровня токсичности растворов пиродифосфата и фосфата натрия по тест-объекту *Paramecium caudatum*

Концентрация пиродифосфата, г/л / Концентрация фосфата, г/л	Индексы токсичности растворов Т, у.е.					
	Свежеприготовленные растворы		Через 48 часов		Через 96 часов	
	1	2	1	2	1	2
0,4 / 0,624	0,89±0,02	0,85±0,03	0,67±0,07	0,80±0,05	0,47±0,06	0,78±0,04
0,35 / 0,546	0,71±0,03	0,58±0,09	0,49±0,05	0,55±0,02	0,38±0,05	0,52±0,02
0,30 / 0,468	0,53±0,06	0,31±0,05	0,40±0,03	0,31±0,04	0,30±0,04	0,25±0,05
0,27 / 0,421	0,44±0,06	0,27±0,05	0,31±0,05	0,25±0,02	0,26±0,04	0,23±0,03
0,25 / 0,39	0,40±0,08	0,22±0,02	0,27±0,05	0,18±0,01	0,23±0,03	0,10±0,01
0,23 / 0,358	0,34±0,05	0,20±0,02	0,21±0,02	0,16±0,01	0,19±0,04	0,10±0,01
0,20 / 0,312	0,32±0,05	0,16±0,02	0,19±0,01	0,11±0,02	0,15±0,03	0
0,15 / 0,234	0,30±0,04	0,12±0,01	0,17±0,01	0	0,07±0,01	0
0,1 / 0,156	0,29±0,04	0	0,16±0,01	0	0	0

Примечание: 1 – пиродифосфат натрия; 2 – фосфат натрия.

реакцию на исследуемые вещества, причём индексы токсичности (индекс Т) растворов пиродифосфата на протяжении всего эксперимента оставались значительно выше в сравнении с растворами фосфатов. Результаты

исследования представлены (табл. 4, 5; рис. 1, 2).

По полученным данным видно, что при первом измерении индексы Т пиродифосфата оказались более чем в 2 раза выше данного

Таблица 5

Оценка уровня токсичности растворов пирофосфата и фосфата натрия по тест-системе «Эколюм»

Концентрация пирофосфата, г/л	Индексы токсичности растворов Т, у.е.					
	Свежеприготовленные растворы		Через 48 часов		Через 96 часов	
	1	2	1	2	1	2
0,02 0,031	41,30±8,09	25,27±4,95	18,74±3,67	13,42±2,63	14,72±2,88	13,51±2,56
0,019 0,029	38,71±7,59	22,51±4,41	15,62±3,06	11,97±2,35	13,35±2,62	11,54±2,26
0,018 0,0279	35,55±6,97	19,82±3,88	12,03±2,36	9,35±1,83	11,14±2,18	9,84±1,93
0,017 0,026	32,47±6,36	17,61±3,45	9,30±1,82	7,00±1,37	9,20±1,80	6,81±1,34
0,016 0,0248	29,12±5,71	15,45±3,03	7,47±1,46	5,72±1,12	6,27±1,13	6,05±1,19
0,015 0,0232	26,88±5,27	12,41±2,43	5,81±1,14	3,08±0,60	4,23±0,83	3,17±0,62
0,014 0,0217	23,77±4,66	10,52±2,06	3,35±0,66	1,22±0,24	1,99±0,39	1,13±0,22
0,013 0,02	21,08±4,13	9,11±1,79	1,43±0,28	0,00	0,96±0,19	0,00
0,012 0,0186	17,96±3,52	9,25±1,62	0,00	0,00	0,00	0,00
0,011 0,017	15,68±3,07	7,11±1,39	0,00	0,00	0,00	0,00
0,01 0,0155	13,77±2,70	6,05±1,19	0,00	0,00	0,00	0,00

Примечание: 1 – пирофосфат натрия; 2 – фосфат натрия.

показателя для фосфата. Это выявили оба используемых тест-объекта. При испытании модельных сред через 48 и 96 часов растворы пирофосфата угнетают тест-организмы значительно, чем растворы фосфата натрия. Различия достоверны.

Следует отметить, что при концентрациях веществ, вызывающих угнетение тест-объектов, близкое к 100%, различия между исследуемыми солями недостоверны. Это явление закономерно, так как при достаточно высоких концентрациях солей в тестиру-

емой среде на первый план выступает не токсичность ионов, а осмотические свойства среды.

Выше отмечалось, что пирофосфат и фосфат подвергаются гидролизу. При биотестировании через определённые промежутки времени это выразилось в уменьшении индексов токсичности, то есть гидролитический распад минеральных фосфорных соединений приводит к снижению негативного влияния на живые организмы. Данный эксперимент показал, насколько быстро идёт этот процесс.

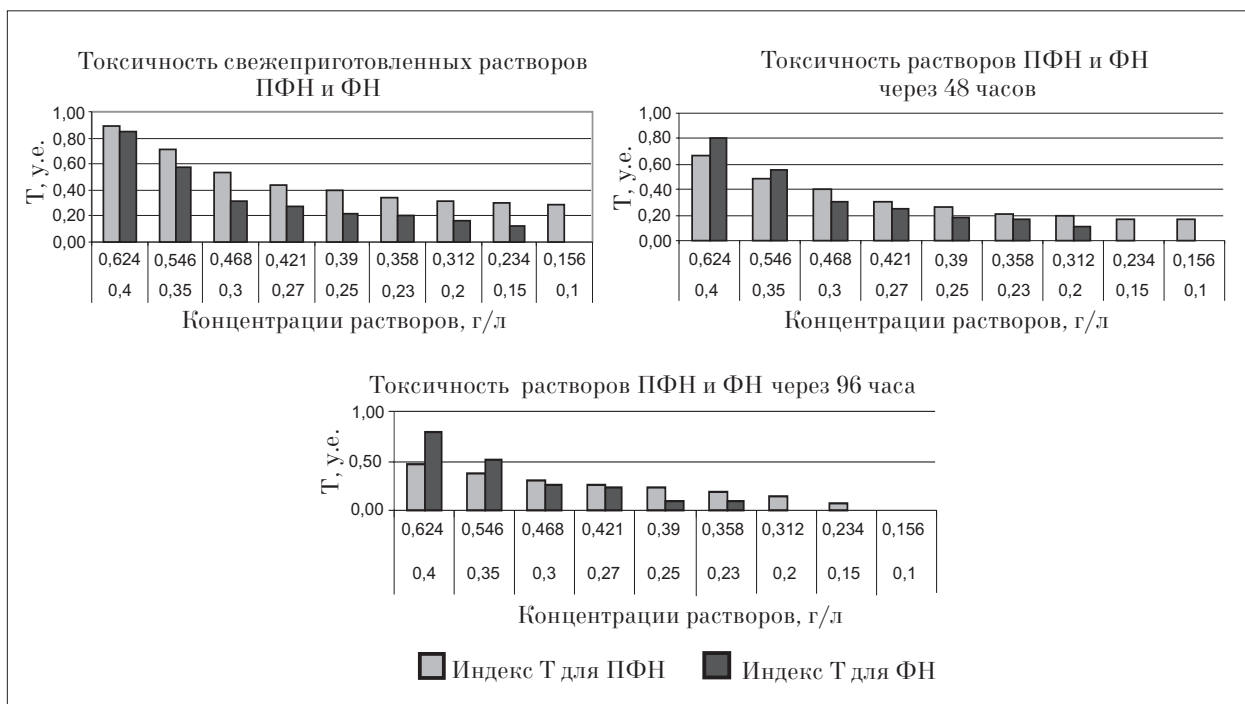


Рис. 1. Различия и изменения токсичности растворов пиррофосфата и фосфата натрия во времени по тест-объекту *Paramecium caudatum*. (По оси абсцисс: верхние значения – концентрации растворов ФН, нижние значения – ПФН)

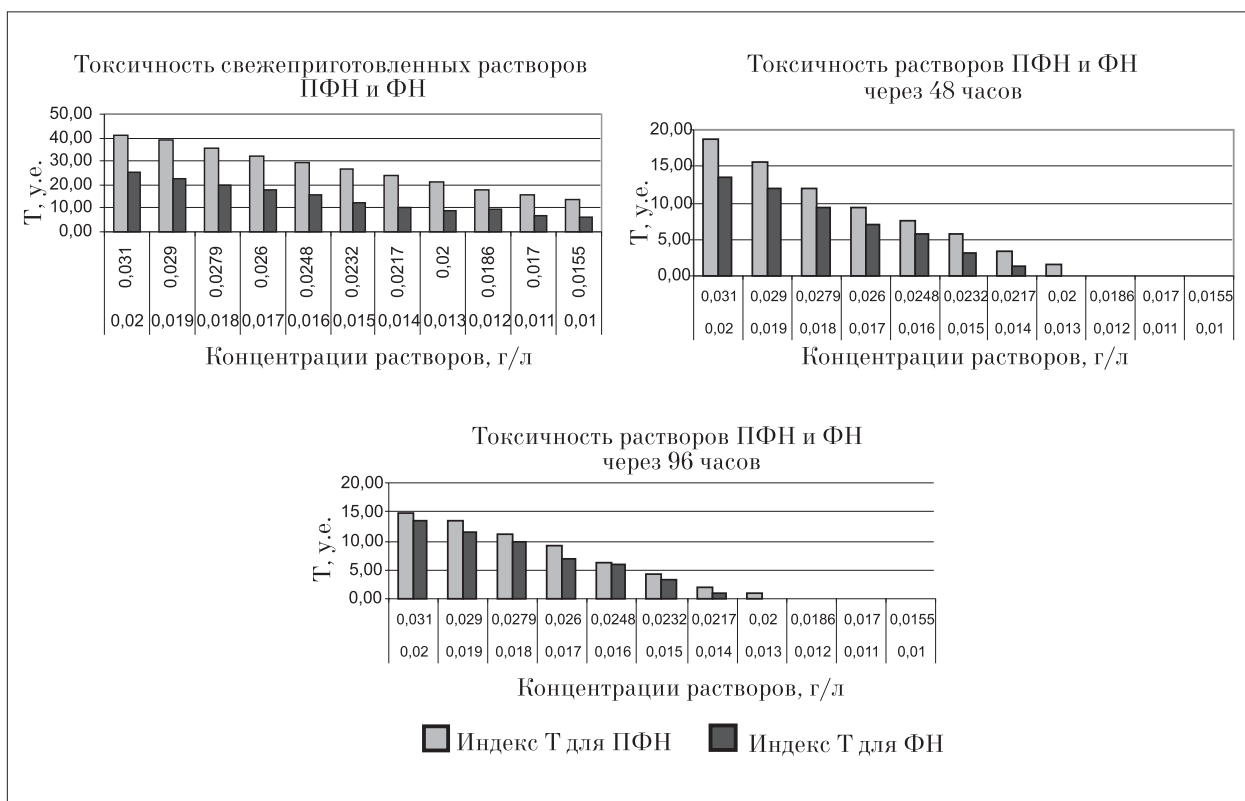


Рис. 2. Различия и изменения токсичности растворов пиррофосфата и фосфата натрия во времени по тест-системе «Эколюм». (по оси абсцисс: верхние значения – концентрации растворов ФН, нижние значения – ПФН)

Тестирование с помощью *Paramecium caudatum* выявило снижение токсичности растворов пирофосфата натрия через 48 часов в 1,3 – 1,8 раз, и через 96 часов сохраняется та же тенденция. Уменьшение значений индекса Т растворов фосфата натрия при тех же условиях не так значительно.

На тест-системе «Эколюм» исследовались растворы с концентрацией действующего вещества практически на порядок меньшей, чем при тестировании на инфузориях, так как бактерии оказались более чувствительны к тестируемым растворам солей. Вещества в меньших концентрациях гидролизуются быстрее, о чём свидетельствует то, что основное снижение токсичности для бактерий произошло через 48 часов. Индексы Т для растворов фосфата через 96 часов не имеют достоверных отличий от значений, полученных через 48 часов, тогда как токсичность растворов пирофосфата натрия продолжает достоверно снижаться. Это говорит о том, что уже через 48 часов процесс гидролиза фосфата натрия практически подошёл к концу, а гидролиз пирофосфата продолжается. Кинетическая устойчивость пирофосфата натрия (в сравнении с фосфатом) по отношению к гидролитическому распаду способствует проявлению токсических свойств в окружающей среде.

Таким образом, установлено, что пирофосфаты действительно могут оказать негативное влияние на окружающую среду, в частности, на микробный комплекс почв.

Результаты изучения воздействия пирофосфата натрия на почвы района эксплуатации ОУХО в условиях полевого опыта подтверждают это предположение.

Биотестирование почвы, загрязнённой минеральным техногенным фосфором, представляет особый интерес, поскольку в системе нормирования загрязнения почвы содержание фосфатов не регламентируется. В связи с этим методы биотестирования могут помочь отразить силу техногенного пресса на экосистемы почв.

Образцы почвы, отобранные нами на опытных делянках, проходили биотестирование по четырём описанным выше методикам [5, 6, 10, 11].

В результате проведённых исследований удалось выяснить, что из трёх тест-объектов, использованных для биотестирования, *Daphnia magna* показала наименьшую чувствительность к пирофосфату натрия. Откло-

нения от контроля обнаружены только в пробах с лесного участка (подзолистая почва): в горизонте A_0 показатель погибших дафний составил $30 \pm 0\%$, в горизонте A_1 – $23,3 \pm 9,3\%$. Согласно используемой методике [10] данные пробы не оказывают острого токсического действия, однако не могут считаться безвредными.

Результаты биотестирования проб почв с использованием тест-объекта хлорелла крайне сложно интерпретировать: все пробы показали стимуляцию роста численности клеток водоросли в опытных вариантах по сравнению с методическим контролем, то есть почва без внесения пирофосфата натрия и с внесением поллютанта по данной методике может быть отнесена к токсичной. Наиболее токсичным (сильнотоксичные и гипертотоксичные пробы по классификации методики) оказался грубогумусовый горизонт подзолистой почвы. Образцы, взятые на загрязнённых и незагрязнённых делянках дерново-подзолистой и аллювиальной почв, оказались токсичными и среднетоксичными. Таким образом, провести достоверное сравнение контрольных и опытных вариантов полевого опыта по данной методике не удалось. Полученные нами данные вполне согласуются с выводами исследователей, работающих с хлореллой: признан факт того, что для характеристики качества водной вытяжки из почвы критерий токсичности по стимуляции некорректен [12]. Объясняется это тем, что содержание в почве подвижных элементов питания, переходящих в водную вытяжку, – дополнительный фактор роста и развития водоросли. В нашем случае внесение минерального техногенного фосфора не только не явилось лимитирующим фактором развития культуры, но даже способствовало стимуляции роста.

В то же время тест-объекты *Paramecium caudatum* и бактерии системы «Эколюм» показали высокую чувствительность к исследуемому загрязнению. Результаты биотестирования представлены (табл. 6, 7; рис. 4, 5, 6).

Почва без внесения исследуемого загрязняющего вещества на всех опытных площадках оказалась не токсичной по тест-объектам *Paramecium caudatum* (группа «допустимая степень токсичности») и бактериям.

Биотестирование почвы (*Paramecium caudatum*), отобранной на делянках с внесением 1 расчётной дозы пирофосфата натрия, показало, что все пробы обладают умеренной степенью токсичности. Однако значения индекса токсичности заметно возросли по срав-

Таблица 6

Оценка уровня токсичности почвы при загрязнении её пиррофосфатом натрия по тест-объекту *Paramecium caudatum*

Вариант		Значения индекса токсичности Т в исследуемых образцах, у.е.		
		Контроль	1 ПВ	10 ПВ
Подзолистая почва	A ₀	0,15±0,04 ¹	0,26±0,07 ¹	0,65±0,04 ²
	A ₁	0,14±0,02 ¹	0,23±0,01 ¹	0,36±0,12 ¹
	A ₂	0,12±0,02 ¹	0,21±0,02 ¹	0,31±0,08 ¹
Дерново-подзолистая	A ₁	0,13±0,08 ¹	0,11±0,05 ¹	0,41±0,05 ²
	A ₂	0,08±0,01 ¹	0,28±0,02 ¹	0,44±0,06 ²
Аллювиальная почва	A ₁	0,17±0,02 ¹	0,37±0,09 ¹	0,44±0,06 ²
	A ₂	0,09±0,01 ¹	0,17±0,04 ¹	0,25±0,06 ¹

Примечание: 1 – Группа I. Допустимая степень токсичности; 2 – Группа II. Умеренная степень токсичности; 3 – Группа III. Высокая степень токсичности.

Таблица 7

Оценка уровня токсичности почвы при загрязнении её пиррофосфатом натрия по тест-системе «Эколюм»

Вариант		Значения индекса токсичности Т в исследуемых образцах, у.е.		
		Контроль	1 ПВ	10 ПВ
Подзолистая почва	A ₀	20,45±2,35 ¹	55,22±10,82 ²	64,00±12,5 ³
	A ₁	19,74±3,87 ¹	54,55±10,69 ²	55,62±10,9 ³
	A ₂	4,70±0,92 ¹	29,97±5,86 ²	48,30±9,47 ³
Дерново-подзолистая	A ₁	1,80±0,35 ¹	16,49±3,23 ¹	30,94±6,03 ²
	A ₂	1,60±0,30 ¹	25,99±5,09 ²	42,02±8,04 ²
Аллювиальная почва	A ₁	16,55±3,24 ¹	30,50±5,97 ²	30,46±5,97 ²
	A ₂	10,30±1,45 ¹	33,89±6,64 ²	41,25±8,08 ²

Примечание: 1 – Группа I, проба не токсична; 2 – Группа II, проба средне токсична; 3 – Группа III, проба обладает высокой токсичностью.

нению с контрольными вариантами. Наибольшее увеличение индекса Т отмечалось в горизонте A₂ дерново-подзолистой почвы – в 3,5 раза по сравнению с контролем. В остальных образцах токсичность по сравнению с пробами без внесения ЗВ увеличивалась в 1,7 – 2,2 раза, кроме образца горизонта A₂ аллювиальной почвы, где значимого изменения токсичности не отмечалось. Это можно объяснить высокой сорбционной способностью горизонта A₁ аллювиальной почвы за счёт преобладания глинистой фракции в гранулометрическом составе и повышенного содержания полуторных окислов железа и алюминия, спо-

собных образовывать комплексы со многими соединениями [7, 13].

Тест-система «Эколюм» оказалась чувствительнее *Daphnia magna* и *Paramecium caudatum* к пиррофосфату натрия. Пробы с делянок, загрязнённых одной расчётной дозой пиррофосфата (1 ПВ), по тест-системе «Эколюм» обладают средней степенью токсичности, кроме одного варианта (дерново-подзолистая почва, горизонт A₁), см. табл. 6. Наибольшее увеличение токсичности (примерно в 16 раз) по сравнению с контролем отмечалось на площадке, представляющей дерново-подзолистую почву, в горизонте A₂. Это

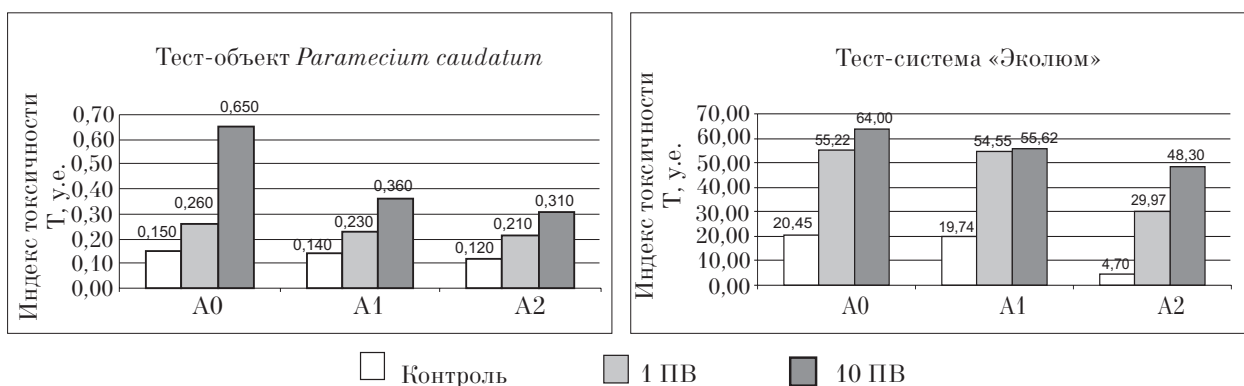


Рис. 3. Изменение уровня токсичности подзолистой почвы через 10 дней после внесения ПФН по тест-системе «Эколюм» и тест-объекту *Parametium caudatum*

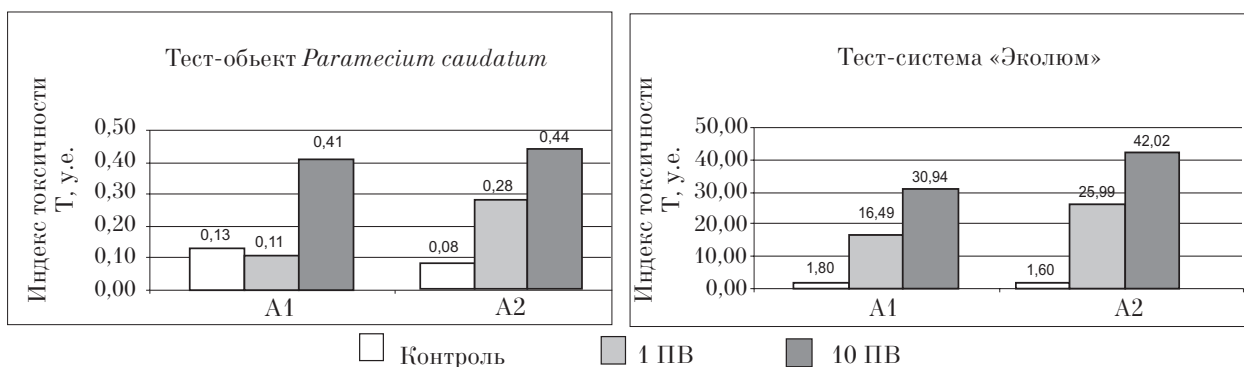


Рис. 4. Изменение уровня токсичности дерново-подзолистой почвы через 10 дней после внесения ПФН по тест-системе «Эколюм» и тест-объекту *Parametium caudatum*

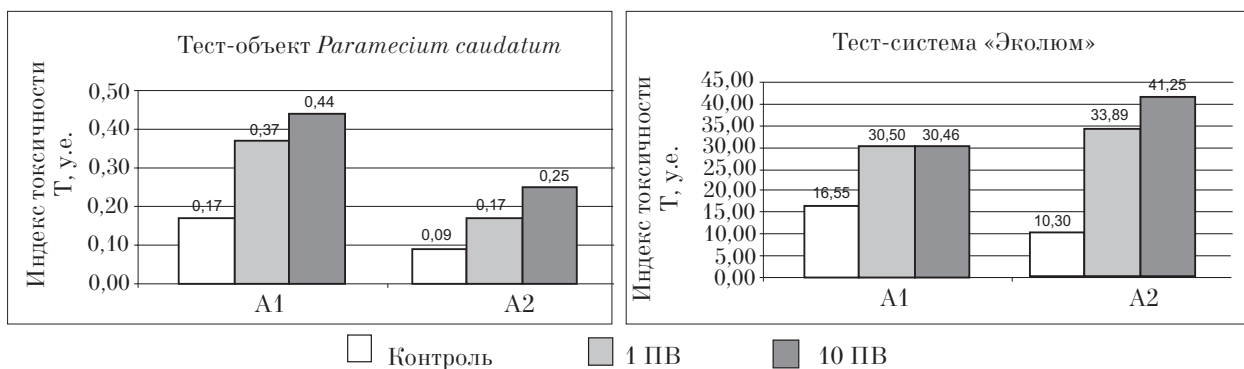


Рис. 5. Изменение уровня токсичности аллювиальной почвы через 10 дней после внесения ПФН по тест-системе «Эколюм» и тест-объекту *Parametium caudatum*

свидетельствует о низкой буферной ёмкости данной почвы: поллютант за 10 дней экспозиции проник в нижележащие почвенные горизонты, что отразилось в большей токсичности горизонта A_2 по сравнению с горизонтом A_1 .

Авторы [14] при исследовании чувствительности различных тест-объектов к арсениту натрия ранее отмечали, что бактерии являются более чувствительным тест-объектом, чем инфузории, что согласуется с полученными нами данными.

При внесении 10 расчётных доз (10 ПВ) пирогената натрия значения индекса токсичности и по тест-системе «Эколюм», и по тест-объекту *Parametium caudatum* значительно отличались от контроля (табл. 6, 7; рис. 3, 4, 5).

По хемотоксической реакции инфузорий нами выявлено увеличение токсичности почвы в 2,6 – 5,5 раз по сравнению с контрольными вариантами. Наибольшее отклонение индекса Т от контроля наблюдалось при тестировании образцов дерново-подзо-

листой почвы, взятых с горизонта A_2 . Тестирование проб подзолистой почвы выявило, что из трёх исследуемых горизонтов после загрязнения наиболее токсичной стала лесная подстилка (A_0). Можно сказать, что это явление закономерно, так как наибольшей сорбционной способностью в профиле подзолистых почв обладают верхние горизонты.

Тестирование проб аллювиальной почвы после внесения 10 расчётных доз исследуемого вещества выявило большее увеличение индекса токсичности в горизонте A_2 (в 2 раза), чем в горизонте A_1 . При внесении 1 расчётной дозы наблюдалась противоположная картина, что также можно объяснить сорбционными свойствами изучаемой почвы: насыщение ионообменного комплекса почвы даёт возможность пирофосфату натрия двигаться вниз по почвенному профилю [4, 7, 13].

Результаты тестирования проб по тест-системе «Эколюм» сходятся с данными, полученными при помощи инфузорий. Горизонт A_2 дерново-подзолистой почвы также оказался наиболее токсичным из всех образцов: индекс Т в варианте с загрязнением 10 расчётными дозами (10 ПВ) равен 42 у. е. против 1,8 у. е. в контрольном варианте.

Аллювиальная почва также проявила в горизонте A_2 большую токсичность по сравнению с пробой горизонта A_1 . Как и при тестировании на инфузориях, эта разница составила около 2 раз.

Следует отметить, что угнетение биолюминесценции бактерий под действием вытяжек из почв, загрязнённых пирофосфатом натрия, оказалось значительнее, чем воздействие тех же проб на хемотаксическую реакцию инфузорий. К примеру, пробы с внесением 10 расчётных доз вещества обладали по тест-системе «Эколюм» средней и высокой степенью токсичности. Тем не менее корреляция между результатами, полученными по этим методикам, оказалась высокой: коэффициент $r=+0,72$.

Исходя из проанализированных данных можно сделать вывод о том, что из всех тестируемых проб наибольшей токсичностью по сравнению с контрольными вариантами обладали образцы горизонта A_2 дерново-подзолистой почвы. Это связано с тем, что данному опытному участку присущ лёгкий механический состав почвы. Как известно, бедность тонкодисперсными механическими элементами (физическая глина и ил) значительно снижает сорбционные свойства почвы [13]. В условиях промывного режима вне-

сённый нами токсикант проникал вглубь почвенного профиля.

При биотестировании почвы, отобранной через 90 дней после внесения ПФН, достоверных различий контрольных и опытных вариантов не удалось выявить. Отсутствие выраженного эффекта в конце вегетационного периода является закономерным, так как за 90 дней пирофосфат натрия существенно гидролизался, образованные в результате фосфаты и гидрофосфаты включились в биологический круговорот.

Выводы

Биотестирование модельных растворов с использованием различных тест-объектов позволило установить следующее:

1. Растворы пирофосфата натрия значительно токсичнее модельных растворов фосфата натрия (соблюдается условие одинакового содержания действующих анионов). Например, токсичность свежеприготовленных растворов ПФН в 2 и более раз больше токсичности растворов ФН.

2. Тест-система «Эколюм» оказалась на порядок чувствительнее тест-объектов инфузорий к пирофосфату натрия, что определило интервал концентраций тестируемых растворов.

3. Среди используемых тест-объектов инфузории и бактерии тест-системы «Эколюм» оказались наиболее чувствительными к загрязнению минеральным техногенным фосфором и дали дифференцированную оценку токсичности изучаемых образцов. Для водоросли хлорелла, по всей видимости, данное загрязнение лимитирующим не оказалось, а стимуляция роста культуры при экспозиции в водной вытяжке тестируемой почвы вызвана не только внесением вещества, но и наличием в почве доступных элементов питания. Причём отсутствие достоверных различий между опытными и контрольными образцами свидетельствует о нивелировании действия вещества за счёт избытка питательных веществ. По тест-объекту *Daphnia magna* большинство исследуемых проб почв острого токсического действия не оказывают. Следовательно, низшие ракообразные обладают низкой чувствительностью к минеральному техногенному фосфору.

4. Среди почв, характерных для зоны влияния ОУХО «Марадыковский», дерново-подзолистые супесчаные являются наименее устойчивыми к загрязнению техногенным фосфором вследствие низкой буферности.

Это качество способствует проникновению поллютанта вниз по почвенному профилю и создаёт возможность загрязнения подземных вод.

5. Наиболее устойчивы к изучаемому фактору аллювиальные среднесуглинистые почвы. Установлено, что при относительно незначительном загрязнении (1ПВ) верхний горизонт таких почв способен сорбировать вещество, не позволяя ему проникать в глубь почвенного профиля.

Таким образом, наиболее эффективными среди рассмотренных методов биотестирования для оценки состояния почв в зоне локального загрязнения техногенным минеральным фосфором оказались методики с использованием тест-системы «Эколюм» и тест-объектов *Paramecium caudatum*.

Литература

1. Гроссман Г.Н. Сукцессия сообщества почвенных микроорганизмов в удобренной и неудобренной лабораторной микроэкосистеме // Микроорганизмы в сельском хозяйстве. Кишенёв, 1988. С. 30-31.
2. Кудеярова А.Ю. Лигандная активность техногенных фосфатов и снижение эффективности барьеров в циклах химических элементов // Экспериментальная экология. М.: Наука, 1991. С. 133-165.
3. Проект нормативов предельно допустимых выбросов для 1205 объектов ХУХО. Саратов, 2007.
4. Гинзбург К.Е. Фосфор основных типов почв СССР. М.: Наука, 1981. 244 с.
5. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению интенсивности бактериальной биоломнессценции тест-системой «Эколюм». МПР РФ. М.: 2004. 16 с.
6. Методика определения токсичности проб вод (природных, хозяйственно-питьевых, промышленных сточных) экспресс-методом с применением прибора «Биотестер». Санкт-Петербург: Спектр-М, 2005. 13 с.
7. Тюлин В.В., Гущина А.М. Особенности почв Кировской области при интенсивном земледелии. Киров, 1991. 92 с.
8. Тюлин В.В. Почвы Кировской области. Киров. 1976. 288 с.
9. Борзилов В.А., Сенилов Н.Б. Модель выпадения загрязняющих веществ промышленного происхождения на почву // Загрязнение атмосферы и почвы: Труды Института экспериментальной метеорологии. М: Гидрометеиздат, 1977. С. 26-36.
10. Жмур Н.С. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний. М.: Акварос, 2001. 48 с.
11. Методика определения токсичности проб поверхностных, грунтовых, питьевых, сточных вод, водных вытяжек их почвы, осадков сточных вод и отходов по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris Beijer*), ФР.1.39.2004.01143, Красноярск: КрасГУ, 2004.
12. Бородина Н.В., Панфилова И.В., Дабах Е.В. Биотестирование проб почв с использованием микроводоросли хлорелла // Проблемы региональной экологии: Матер. Всерос. науч.-практ. конференции в 2 част. Ч. 1. Киров: Изд-во ВятГГУ, 2007. С. 110-116.
13. Ackermann F. Procedure for correcting the grain size effect in heavy metal analyses // Environmental technology. 1980. Lett. 1. N. 518-527.
14. Чупис В.Н., Лушай Е.А., Ларин И.Н., Загреков А.А., Ильина Е.В., Иванов Д.Е. Чувствительность к арсениту натрия тест-организмов, используемых в многокомпонентной системе биотестирования качества природных сред // Теоретическая и прикладная экология. 2007. №1. С. 69-73.

Просвещение и информирование населения Кировской области по вопросам уничтожения химического оружия

© 2008. И.А. Жуйкова¹, П.А. Филёв²

¹Кировский информационно-аналитический центр РЗК,

²Мирнинский информационно-аналитический центр РЗК,

e-mail: ecolab@vshu.kirov.ru

Рассмотрены различные формы и методы работы Кировского и Мирнинского информационно-аналитических центров Российского Зелёного Креста по вопросам информирования различных категорий населения о безопасном функционировании объекта уничтожения химического оружия.

Different forms and methods of work of Kirov and Mirny Information-analytic Centres of Green Cross of Russia are considered, the questions of informing the population of safe functioning of the object of chemical weapon destruction are touched upon.

Одной из основных задач информационно-аналитических центров, созданных в регионах хранения и уничтожения химического оружия, является информирование и просвещение граждан по вопросам безопасного хранения и уничтожения химического оружия, разъяснительная работа среди населения. Основная деятельность Центров заключается в совершенствовании форм информационной работы с различными категориями населения.

В Кировской области с 2001 г. создан Кировский информационно-аналитический центр РЗК и с 2005 г. работает информационно-аналитический центр в пгт. Мирный. Работа Кировского и Мирнинского информационно-аналитических центров направлена на формирование у жителей области и населения, проживающего в ЗЗМ и непосредственно находящегося вблизи объекта хранения и уничтожения химического оружия, позитивного и конструктивного отношения к данной проблеме.

В работе центров практикуется:

- проведение обучающих мероприятий и учебных тренингов с населением по применению средств индивидуальной защиты на тему: «Действия населения при возникновении ЧС на объекте уничтожения ХО»;
- организация круглых столов с участием общественности, военных, учёных, специалистов, медицинских работников, учителей, представителей региональных и муниципальных властей;
- создание передвижных выставок литературы, газет, информационных брошюр по вопросам реализации ФЦП;
- выпуск информационных бюллетеней, которые поступают населению, в при-

родоохранные органы, библиотеки, школы, вузы;

- активная работа со школьниками в виде проведения различных экологических конкурсов;
- участие в проведении традиционных региональных и областных конференций экологического содержания, проводимых в г. Кирове.

С целью информирования населения региональными центрами РЗК уже несколько лет организуются информационные семинары с различными категориями граждан: медицинскими работниками, сотрудниками муниципальных образований, учителями школ, работниками библиотек, представителями СМИ. Эта группа граждан непосредственно работает с населением, проживающим в районе действующих объектов, и имеет возможность информировать широкие слои ответственности о ходе реализации программы уничтожения химического оружия. Такие семинары проводятся ИАЦ РЗК совместно Управлением конвенциональных проблем Правительства Кировской области, Управлением охраны окружающей среды и природопользования Кировской области, Региональным центром государственного экологического контроля и мониторинга по Кировской области и другими организациями. К их проведению привлекаются представители областных и районных органов власти, специалисты экологических служб, представители объекта уничтожения химического оружия, ведущие учёные региона, представители общественности, учителя, журналисты.

В 2008 году Кировским и Мирнинским ИАЦ проведено 6 семинаров.

В мае в п. Оричи организован семинар для руководителей муниципальных органов власти Оричевского и Котельничского районов на тему «Выполнение Федеральной целевой программы по уничтожению химического оружия на объекте «Марадыковский» в 2008 году». В рамках семинара его участники были ознакомлены с ходом уничтожения ХО на действующем объекте, с результатами государственного контроля и мониторинга ОУХО, с информацией о ходе строительства социальных объектов в Оричевском и Котельничском районах, с ходом выполнения мероприятий по защите населения, проживающего в зоне защитных мероприятий. Участники семинара посетили новый поликлинический консультативно-диагностический центр (ПКДЦ).

Вслед за этим семинаром в июне Мирнинским ИАЦ проведён семинар для медицинских работников в п. Оричи по теме: «Обеспечение безопасности и охраны здоровья персонала, населения, окружающей среды при хранении и уничтожении химического оружия на объекте «Марадыковский». Семинар проходил в новом здании поликлинического консультативно-диагностического центра. Участники семинара были ознакомлены с планом работы на 2008 год, лабораториями и новым медицинским оборудованием центра. На семинаре обсуждались вопросы социально-гигиенического мониторинга, включающего обследование питьевой воды, продуктов питания, атмосферного воздуха и почв на территории Оричевского и Котельничского районов Кировской области; мероприятия по осуществлению мониторинга здоровья населения, проживающего на территории ЗЗМ, действующей системе государственного экологического контроля и мониторинга ОУХО.

Ежегодно ИАЦ организуются выездные семинары с учителями учреждений образования Оричевского и Котельничского районов. В июле 2008 г. на базе государственного природного заповедника «Нургуш» прошёл недельный учебно-методический семинар с учителями экологии Оричевского и Котельничского районов на тему «Обеспечение безопасного хранения и уничтожения химического оружия на объекте «Марадыковский», в котором приняло участие 24 педагога. Для участников семинара были проведены практические занятия на базе особо охраняемой природной территории заповедника «Нургуш», являющейся фоновой территорией экологического мониторинга объекта хранения и уничтожения

ХО. Педагоги отрабатывали методики изучения состояния растительного и животного мира, приёмы выявления репрезентативных видов-биоиндикаторов. В ходе экскурсий в природу с опытными специалистами – научными сотрудниками лаборатории биомониторинга и преподавателями ВятГГУ было освоено ряд методик по оценке состояния окружающей среды методами биоиндикации.

В завершение работы на данном семинаре был проведён круглый стол по теме «Вопросы безопасного хранения и уничтожения химического оружия на объекте «Марадыковский» Оричевского района Кировской области». На этом мероприятии президент Кировского отделения РЭК Т.Я. Ашихмина вручила директору Мирнинского ИАЦ П.А. Филёву от Российского Зелёного Креста 30 полностью оплаченных путёвок для оздоровления детей Оричевского и Котельничского районов в оздоровительном лагере «Берёзка».

Информационные центры РЭК тесно сотрудничают с представителями СМИ по вопросам и проблемам безопасного уничтожения химического оружия на вятской земле. В июле 2008 г. Кировским информационно-аналитическим центром в пгт. Мирный Оричевского района был организован в необычной форме семинар для представителей СМИ на тему «Формы и методы организации и проведения мониторинга природных сред и объектов в зоне защитных мероприятий объекта «Марадыковский» в рамках выполнения Федеральной целевой программы по уничтожению химического оружия».

Участники семинара выехали на участки комплексного экологического мониторинга, расположенные в СЗЗ и ЗЗМ ОУХО «Марадыковский». Журналисты в полевых условиях ознакомились с видами и методами работ по оценке состояния окружающей среды и природных объектов, проводимыми в рамках комплексного экологического мониторинга СЗЗ и ЗЗМ объекта «Марадыковский». Также участники семинара были ознакомлены с системой производственного экологического контроля ОУХО «Марадыковский»: автоматическим стационарным постом контроля (АСПК) и передвижной лабораторией контроля состояния атмосферного воздуха.

Специалисты Центральной экоаналитической лаборатории Регионального центра государственного экологического контроля и мониторинга по Кировской области показали методы отбора проб воздуха на участках экологического мониторинга.

Участникам семинара были продемонстрированы приёмы и методы отбора проб, описания лесных и луговых биоценозов, подготовка проб биологических объектов и многое другое. Всё это было зафиксировано на теле- и видеокамеры. После проведения семинара на двух областных телеканалах – ФГУП «Вятка» и ТВ «43 РЕГИОН» вышли информационные сюжеты по проведённому семинару.

В начале ноября 2008 г. Мирнинским ИАЦ РЗК был организован и проведён семинар для библиотечных работников на тему «Реализация третьего этапа Федеральной целевой программы по уничтожению химического оружия в РФ и Кировской области, обеспечение безопасности и информационная работа с населением, проживающим в зоне защитных мероприятий объекта «Марадыковский», который состоялся в помещении Оричевской районной библиотеки. На семинаре присутствовали представители администрации Правительства Кировской области, Роспотребнадзора, Росприроднадзора, войсковой части 21228, РЦГЭКиМ по Кировской области, глава Оричевского района, СМИ, общественность. Участники семинара познакомились с действующим поликлинико-консультационно-диагностическим центром, построенной в пгт. Оричи новой школой и другими объектами социнфраструктуры. Семинар вела президент Кировского отделения Российского Зелёного Креста, д.т.н., профессор Т.Я. Ашихмина. Было отмечено, что во всех библиотеках данных районов организованы выставки литературы, информационных материалов по теме «Уничтожение химического оружия на Вятской земле», спрос на литературу большой, однако поступает её в библиотеки, особенно сельские, крайне недостаточно. Т. Я. Ашихмина вручила руководителю Оричевской районной библиотеки комплект изданий, включающий монографии, книги, журналы, брошюры, которые подготовлены и изданы учёными лаборатории биомониторинга ВятГГУ по теме безопасного уничтожения химического оружия.

В ноябре 2008 г. в г. Кирове состоялся 5-дневный семинар для учителей «Роль образовательных учреждений Оричевского и Котельничского районов в формировании экологической культуры населения». В рамках семинара с учителями занимались специалисты Вятского государственного гуманитарного университета, Управления охраны окружающей среды и природопользования Киров-

ской области, Кировского института повышения квалификации и переподготовки работников образования, специалисты объекта хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский».

В рамках семинара для учителей был организован мастер-класс «Выпускаем экологическую газету», который провела к.б.н., научный сотрудник лаборатории биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ С.Г. Скугорева. Учителям было рассказано, каким требованиям должна соответствовать экологическая газета, как выбрать тему экологической газеты, как правильно подобрать содержание разделов и информацию.

С докладом «Экологическое просвещение и экологическая культура в контексте устойчивого развития в Кировской области» выступила президент Кировского отделения РЗК, д.т.н., профессор Т. Я. Ашихмина. На семинаре проходил обмен опытом работы с учителями средних школ Котельничского и Оричевского районов по вопросам безопасного уничтожения химического оружия в Кировской области: обучение позитивному отношению к проблемам УХО, использованию средств защиты, поведению в случае чрезвычайных ситуаций и др.

Для информирования широких слоёв населения на базе информационных центров РЗК постоянно издаются информационные бюллетени и брошюры, отражающие вопросы безопасной деятельности ОУХО «Марадыковский», результаты государственного экологического контроля и мониторинга окружающей природной среды в районе действующего объекта, содержат ответы на вопросы населения. Весьма востребованным в ИАЦ является специализированный выпуск журнала «Теоретическая и прикладная экология», выпущенный в 2007 г. и посвящённый 10-летию ратификации Россией Международной Конвенции о запрещении химического оружия.

Таким образом, в результате совершенствования различных форм и методов по работе с населением ИАЦ РЗК выполняют свою основную задачу – информируют различные категории граждан по вопросам безопасного уничтожения ХО, обеспечения безопасности и защиты окружающей среды в процессе уничтожения ХО, по санитарно-гигиеническим вопросам и лечебно-профилактическим мероприятиям, развитию социальной инфраструктуры, экологическому образованию и просвещению.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«Государственный научно-исследовательский институт
промышленной экологии» (ФГУ ГосНИИЭНП)**

Государственный научно-исследовательский институт промышленной экологии (сокращённое наименование – ФГУ ГосНИИЭНП) создан в 1997 г. на базе НТЦ «Инженерная экология» Госкомэкологии России как базовый научно-исследовательский центр в сфере инженерной и промышленной экологии. Новый устав ФГУ ГосНИИЭНП утверждён приказом министра природных ресурсов РФ от 12.08.02 № 524. В 2002 году институт прошёл перерегистрацию и внесён в Единый госреестр юридических лиц Российской Федерации (№ 1026402656895 от 10.09.2002 г.).

В соответствии с Уставом основным направлением вида деятельности ФГУ «ГосНИИЭНП» является обеспечение и выполнение федеральных целевых программ по экологической безопасности при уничтожении химического оружия в Российской Федерации, по экологическому мониторингу объектов атомной промышленности (АЭС) и других экологически опасных объектов, обеспечение развития системы научно-технической и информационной поддержки, комплексная оценка и прогнозирование состояния территорий, подверженных антропогенному воздействию. Одним из приоритетных направлений деятельности института является развитие системы экологической регламентации и паспортизации объектов производственной деятельности, а также производимой продукции (создание банков данных и специализированных компьютерных систем, экоаналитической базы для анализа состава сырья и отходов и др.).

Институтом создаются региональные информационные центры для обеспечения государственного контроля и мониторинга природных и антропогенных объектов, информационные системы для государственного контроля в сфере обращения с отходами, экологической паспортизации и др.

В настоящий момент ФГУ ГосНИИЭНП является ведущей исследовательской организацией экологического профиля в Российской Федерации и по ряду показателей не имеет аналогов. В институте в рамках международных программ и по программам Федеральной службы по экологическому, тех-

нологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) создан современный, не имеющий аналогов в системе Росэкологии, лабораторный комплекс, позволяющий вести контроль и мониторинг опасных и особо опасных производственных объектов, разрабатывать и проводить аттестацию методик для экоаналитического контроля в природных средах таких веществ, как иприт, люизит, фосфорорганические ОВ, продукты их трансформации, диоксины и др.

Институт является головной организацией по созданию систем государственного экологического контроля и мониторинга (СГЭ-КиМ) объектов УХО в Российской Федерации в рамках Федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации». В последние годы институт является методическим центром по разработке экологических стандартов и регламентов, нормативно-разрешительной документации, необходимых для экологически безопасного функционирования опасных промышленных объектов.

Институт аккредитован Министерством промышленности, науки и технологий Российской Федерации. В 2003 г. институт аттестован (сертифицирован) по международной системе качества ISO 9001:2000 «Система менеджмента качества», а также в сфере измерений и мониторинга окружающей среды.

В структуре ФГУ ГосНИИЭНП имеются 7 отделов:

- экспертно-аналитический;
- проблем экологической безопасности;
- проблем управления сырьевыми ресурсами и отходами;
- исследования окружающей среды и экологического мониторинга;
- экологической паспортизации и сертификации;
- экономики природных ресурсов и природопользования;
- нормирования природопользования и экоаналитического контроля.

В составе ФГУ «ГосНИИЭНП» также имеется информационно-вычислительный центр и 5 аналитических лабораторий, оснащённых современными компьютеризованными аналитическими комплексами и аккредитованных

в системе Ростехрегулирования на все виды экоаналитического контроля и мониторинга опасных промышленных объектов.

Для подготовки кадров для региональных систем экологического контроля и мониторинга объектов по хранению и уничтожению химического оружия (объектов УХО) в составе ФГУ ГосНИИЭНП создана учебно-методическая экоаналитическая лаборатория.

В лабораториях института используются современные высокочувствительные методы (хромато-масс-спектрометрия, газовая хроматография, жидкостная хроматография, ионная хроматография, пламенная фотометрия, масс-спектрометрия связанной плазмы, рентгеновские методы и др.).

Для обеспечения проведения работ в регионах РФ созданы три филиала ФГУ ГосНИИЭНП (Филиал «Региональный центр государственного экологического контроля и мониторинга по Брянской области», филиал «Региональный центр государственного экологического контроля и мониторинга по Кировской области», филиал «Региональный центр государственного экологического контроля и мониторинга по Пензенской области»).

Численность штатных сотрудников – 93 чел. (с филиалами – 200 чел.), научных работников и инженеров – 72 чел. Из них: докторов наук – 4, кандидатов наук – 17.

За период 1999 – 2008 гг. институтом решён ряд фундаментальных задач, обеспечивших успешное продвижение работ в сфере обеспечения государственного экологического контроля и мониторинга объектов УХО, на базе филиалов ФГУ ГосНИИЭНП созданы региональные центры по обеспечению государственного контроля и мониторинга этих опасных производственных объектов. В составе института создан специализированный учебно-методический центр для развития и сопровождения работ в сфере государственного контроля и мониторинга объектов УХО, на базе которого проводится апробация методического обеспечения и обучение кадров для региональных систем. Организована система информационного обеспечения территориальных органов Ростехнадзора и Росгидромета, где установлены компьютерные терминалы федерального информационного центра по обеспечению государственного экологическо-

го контроля и мониторинга объектов УХО, на которые по согласованным формам поступает текущая и оперативная информация о результатах контроля и мониторинга. Информация передается также в виде справок и отчетов о состоянии окружающей среды на объектах УХО, а также в их санитарно-защитных зонах и зонах защитных мероприятий. В центральный аппарат Ростехнадзора регулярно (ежеквартально) передаётся информация в виде обобщённых отчётов и справок по результатам экологического контроля за деятельностью объектов УХО.

Выполняется программа работ по разработке и внедрению системы государственного контроля и мониторинга АС, разработка и внедрение системы аттестации атомных электростанций в соответствии с современными экологическими стандартами. В рамках ФЦП «Отходы» институтом разработана система регламентации и экологической паспортизации в сфере обращения с отходами, создана принципиально новая компьютерная технология для управления отходами, предназначенная для контроля за движением отходов как на предприятиях (производственный экологический контроль), так и на региональном и федеральном уровнях. Разработана и внедряется компьютерная технология, предназначенная для управления потоками отходов и вторичных ресурсов. Одна из важных проблем, решаемых институтом, – загрязнение отходов и природных систем тяжёлыми металлами. ГосНИИЭНП в рамках совместных работ с рядом организаций впервые в России создана принципиально новая реагентная технология детоксикации отходов и земель, основанная на избирательном связывании, превращении тяжёлых металлов в их неактивные формы. Технология получила сертификат Минздрава России и рекомендована к использованию в промышленности. Технология апробирована на крупных промышленных предприятиях для детоксикации загрязнённых кадмием и никелем земель и отходов.

В плане консолидации усилий научной общественности на решение экологических проблем, а также широкого освещения и распространения наработанного опыта, институтом регулярно проводятся Всероссийские экологические конференции и совещания. В 1999 г. на институт были возложены обязанности головной организации по проведению в г. Саратове 2-го Всероссийского съезда по охране природы.

Институтом проводится значительный объём производственных работ природоохранного назначения. Основное направление работ – совершенствование методов контроля за экологически безопасным функционированием промышленных предприятий и хозяйственных объектов (разработка нормативной экологической документации, экологическая паспортизация промышленных отходов, разработка и внедрение системы экологического управления на предприятиях, постоянно действующих программ экологизации хозяйственной деятельности, разработка и внедрение новых природозащитных технологий). Научная тематика института, материально-техническая база

и кадровый потенциал позволяют вести работы практически по всем направлениям промышленной экологии. Основная стратегия института – ставка на долговременные, перспективные программы работы с промышленностью. Институт работает непосредственно с природоохранными органами, что позволяет защитить предприятия от необоснованных санкций и штрафов. Достоинством реализуемого подхода является объединение в рамках специализированного экологического института основных направлений исследований в области фундаментальной и прикладной экологии, обеспечение непосредственного внедрения научных разработок в практику.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

**«Государственный научно-исследовательский институт
промышленной экологии» (ФГУ ГосНИИЭНП)**

Директор д.ф.-м.н., проф. Чупис Владимир Николаевич

Адрес: 410026, г. Саратов ул. Московская, 66,

Тел.: (845-2) 48-96-56, 29-43-17, факс: (845-2) 48-96-54.

К публикации принимаются статьи в соответствии с тематикой журнала, объемом (включая подписи к рисункам, таблицы, аннотацию и список литературы) до 16 машинописных страниц.

В предлагаемых для публикации научных статьях должно содержаться:

- обоснование актуальности,
- четкая постановка целей и задач исследования,
- методика, результаты и их обсуждение, заключение или выводы.

Заглавие должно быть кратким (8-10 значащих слов), информативным и по возможности точно отражать содержание статьи.

Статья должна иметь индекс УДК.

К статье прилагается аннотация на русском и английском языках (объемом до 400 знаков), **ключевые слова (до 6 слов и словосочетаний)**. В английском переводе перед текстом аннотации помещается английское название статьи, инициалы и фамилия автора в английской транскрипции, название учреждения и почтовый адрес на английском языке.

Все материалы должны быть набраны в текстовом редакторе Word книжным шрифтом (14 кегль) с одной стороны листа бумаги стандартного формата (А4). На странице рукописи должно быть не более 30 строк, отпечатанных через 1,5 интервала, в каждой строке не более 65 знаков, включая пробелы между словами. Все поля рукописи должны быть не менее 20 мм. Размер абзацного отступа – 5 знаков.

Ссылки на литературу даются цифрами в квадратных скобках по порядку упоминания в тексте.

Список литературы прилагается в конце статьи. Приводятся фамилии всех авторов и полное название цитируемой работы. Следует строго соблюдать следующий порядок библиографического описания.

Для журнальных статей:

1. Кабиров Р.Р., Сагитова А.Р., Суханова Н.В. Разработка и использование многокомпонентной тест-системы для оценки токсичности почвенного покрова городской территории // *Экология*. 1997. № 6. С. 408-411.

2. Gautret P., De Wit R., Camoin G., Golibic S. Are environmental conditions recorded by the organic matrices associated with precipitated calcium carbonate in cyanobacterial microbialites? // *Geobiology*. 2006. V. 4. № 2. P. 93-107.

Для сборников научных трудов, материалов конференций и тезисов докладов:

1. Левин С.В., Гузев В.С., Асеева И.В., Бабьева И.П., Марфенина О.Е., Умаров М.М. Тяжелые металлы как фактор антропогенного воздействия на почвенную микробиоту // *Микроорганизмы и охрана почв*. М.: Изд-во МГУ, 1989. С. 5-46.

2. Мишарин С.И., Колесниченко А.В., Антипина А.И., Войников В.К. Влияние низких температур на синтез белков озимой ржи и пшеницы // 2-й съезд Всерос. о-ва физиологов раст.: Тез. докл. Ч. 2. М. 1992. С. 139.

3. Ханисламова Г.М. Использование коллембол для лабораторной оценки токсичности загрязняющих почву соединений // *Проблемы охраны окружающей среды на Урале*. Уфа. 1995. С. 152-157.

Для авторефератов диссертаций:

1. Ступникова И.В. Термостабильные белки злаков в период низкотемпературной адаптации: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Иркутск: СИФИБР СО РАН. 2001. 20 с.

Для монографий:

1. Гублер Е.В., Генкин А.А. Применение непараметрических критериев статистики в медико-биологических исследованиях. Л.: Медицина, 1973. 141 с.

Таблицы не должны быть громоздкими. Каждая таблица должна иметь порядковый номер и название. Табличный материал приводится в тексте. Нумерация таблиц сквозная. Не следует повторять и пересказывать в тексте статьи цифры и данные, приведенные в таблицах.

Рисунки предоставляют с приложением подписанных подписей для всех рисунков на отдельной странице. Рисунки снабжаются всеми необходимыми цифровыми или буквенными обозначениями, пояснениями в подписях к ним. На обороте каждого рисунка карандашом указывается его номер и фамилия авторов.

Иллюстративные материалы выполняются в программах Corel DRAW, Adobe Photoshop, Adobe Illustrator. Электронный вариант каждой таблицы и рисунка записывается в отдельный файл в формате программы, в которой они были созданы. Подписи к иллюстрациям следует давать отдельным списком.

Фотоснимки (размером не менее 9x12 см) представляются с четким, контрастным изображением и хорошо проработанными деталями. На обороте иллюстрации необходимо указать фамилию автора, название статьи и номер рисунка. Ксерокопии не принимаются.

Направляемая в редакцию статья должна быть подписана всеми авторами с указанием **фамилии, имени и отчества (полностью) и содержать следующие данные: наименование организации, в которой выполнена работа, должность, учёная степень и звание, почтовый адрес, телефоны (рабочий и домашний), факс, адрес электронной почты автора (соавторов)**, отпечатанные на отдельном листе. В названиях учреждений не следует использовать сокращения.

Для публикации представляется электронный вариант (на магнитном носителе или пересылкой по электронной почте) и распечатка статьи в двух экземплярах. К статье прилагается экспертное заключение о возможности публикации материалов в открытой печати.

При несоблюдении этих требований статья не рассматривается редакцией и возвращается авторам на доработку.

Статьи проходят обязательное рецензирование. **Рецензия авторам предоставляется.** Решение о принятии их для публикации в журнале принимается на заседании редколлегии.

Экземпляр журнала с опубликованной статьёй авторам не высылается и распространяется только по подписке. Гонорар не выплачивается. **Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.**

Электронный вариант и бумажная копия статьи автору не возвращаются.