

УДК 623.459.84:623.459.86

## Методические аспекты проведения работ по подготовке объектов хранения и уничтожения химического оружия к мероприятиям по выводу их из эксплуатации

© 2014. Ю. В. Новойдарский<sup>1,3</sup>, командир объекта, Т. Я. Ашихмина<sup>2,3</sup>, д.т.н., зав. лабораторией биомониторинга, зав. кафедрой химии, И. Г. Широких<sup>2,4</sup>, д.б.н., ведущий научный сотрудник, Л. И. Домрачева<sup>2,5</sup>, д.б.н., ведущий научный сотрудник, С. Ю. Огородникова<sup>2,3</sup>, к.б.н., с.н.с.,

<sup>1</sup>Объект по хранению и уничтожению химического оружия «Кизнер», Удмуртская Республика,

<sup>2</sup>Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

<sup>3</sup>Вятский государственный гуманитарный университет,

<sup>4</sup>Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого РАСХН,

<sup>5</sup>Вятская государственная сельскохозяйственная академия,  
e-mail: ecolab2@gmail.com

Уничтожение запасов химического оружия в нашей стране находится на завершающем этапе. После уничтожения на арсеналах всех имеющихся запасов отравляющих веществ планируется проведение комплекса мероприятий по приведению в безопасное состояние территорий, где хранилось и уничтожалось химическое оружие. Мероприятия по ликвидации последствий деятельности объектов хранения и уничтожения химического оружия должны проводиться как на промышленной площадке, так и в санитарно-защитной зоне объекта. Выбор наиболее эффективных методов санации (рекультивации) должен базироваться на сборе и анализе информации о территории, на которой расположен перепрофилируемый объект, уровне и характере химического загрязнения всех расположенных на его территории зданий, сооружений, конструкций, оборудования и коммуникаций, а также о состоянии компонентов природной среды. В данной работе отражены приёмы, методы и технологии санации оборудования, зданий и сооружений, почвогрунтов, предложены методические рекомендации по подготовке к проведению реабилитационных мероприятий на объектах хранения и уничтожения химического оружия.

Decommission of chemical weapons in our country is at its final stage. A special complex of events is planned in order to make safe the territories of the former chemical weapons store and destruction plants after decommissioning all existing stockpiles of chemical agents stored there. Special measures of eliminating the effects of chemical weapons storage and destruction should be performed on-site and in the buffer zone of the object. Choosing the most effective methods of rehabilitation should be based on information collection and analysis on the territory of the converted plant, on the level and nature of chemical contamination of the buildings, equipment, communications, and the environment on the whole. This paper presents techniques, methods and technologies of rehabilitation of the equipment, buildings, soil, the guidelines proposed for rehabilitation measures at the chemical weapons storage and destruction plants are offered.

**Ключевые слова:** ликвидация последствий деятельности, реабилитационные мероприятия, санация, ремедиация.

**Keywords:** elimination of the effects, rehabilitation measures, rehabilitation, remediation.

Завершающийся процесс уничтожения химического оружия в Российской Федерации ставит вопросы перепрофилирования действующих объектов по хранению и уничтожению химического оружия (ХО) и возможного использования занятых ими территорий по любому из возможных предназначений. Однако использование производственных мощностей и помещений, технологического оборудования, задействованных площадей станет возможным только после проведения

мероприятий по выводу объектов по хранению и уничтожению химического оружия из эксплуатации, а также приведению в безопасное состояние территорий, на которых были расположены данные объекты, включая места бывшего хранения и уничтожения ХО [1, 2].

Перепрофилирование и ликвидация подобных особо опасных химических производств влечёт за собой образование большого количества отходов, представляющих собой неоднородные по химическому и количественному

составу сложные поликомпонентные системы, включающие широкий спектр органических и неорганических соединений, обладающих различными физико-химическими и токсическими свойствами, способствующими миграции компонентов в окружающую среду [3].

Мероприятия по ликвидации последствий деятельности объектов хранения и уничтожения химического оружия при необходимости должны быть проведены и в отношении объектов окружающей среды на промышленной зоне объекта, на территории хранения запасов химического оружия, а также в санитарно-защитной зоне объекта. Использование земельных участков, на которых располагались объекты по хранению и уничтожению химического оружия, в будущем под промышленные объекты подразумевает углублённое обследование почв и грунтов, для их дальнейшей реабилитации с последующей оценкой возможности использовать эти земли под строительство и эксплуатацию других объектов.

Относительно реабилитации почв и грунтов на сегодня разработан ряд мероприятий, включающих: создание геохимических барьеров, обваловок и устройств, снижающих миграционную способность загрязняющих веществ; нанесение изолирующих бетонных или асфальтовых слоёв, смешивание с незагрязнёнными субстратами; организация подземных барьеров, горизонтальных экранов, понижающих уровень грунтовых вод; рекультивация земельных участков после возвращения обезвреженного грунта (засыпка плодородным слоем почвы, засеивание травой, посадка кустарников).

Наряду с этим при санации (реабилитации) территорий могут использоваться и различные физико-химические методы обработки почв и грунтов; осушение территорий и отсос воздуха из грунта; экстракция, адсорбция, окисление или восстановление загрязнённого грунта, обезвреживание почв на загрязнённых участках; сжигание, коксование, обработка высокими температурами; нейтрализация загрязнителя посредством связывания его в реагенте (капсуле), не пропускающем загрязняющее вещество в окружающую среду [4–6].

Известны способы электрохимической и биологической очистки почв и грунтов от радиоактивных и токсичных веществ, основанные на использовании потенциалов напряжения постоянного тока, и растений, накапливающих в вегетативной массе токсические вещества [7, 8].

Если раньше при более низких уровнях загрязнения достаточно было использовать физические меры снижения влияния химического загрязнения на почвы, то при значительно больших масштабах химического загрязнения и специфических загрязняющих веществах, например, мышьяксодержащими загрязнителями, на первый план выходят химические методы: обезвреживание земельных участков без выемки грунта методом взрыхления с одновременной обработкой рецептурой при перемешивании в местах загрязнений; выемка почвы и грунта, их химическая дегазация и термическая обработка с последующим возвращением обезвреженного грунта в места изъятия [2].

Большая роль отводится за последнее время биологическим методам очистки почв, грунтов путём применения для этих целей препаратов на основе гуминовых кислот [9], окисления или восстановления микроорганизмами загрязняющих веществ, которые они используют в качестве субстратов [8, 10–13]. Проводятся работы по изучению протекторных свойств цианобактерий в отношении растений, произрастающих в условиях загрязнения метилфосфонатами [14, 15].

Перспективным в ремедиации почв является метод детоксикации (снижение токсического действия) путём образования малотоксичных комплексных соединений, а также основанный на поглощении и удержании влаги с растворёнными в ней токсическими веществами, природными и химическими мелиорантами [16, 17].

Безусловно, вывоз, захоронение поверхностного слоя почвы и все перечисленные методы санации почв является крайне сложными в исполнении процедурами и весьма затратными как с экономической, так и экологической точки зрения. В связи с этим необходимо выбирать наиболее оптимальные из них с учётом особенностей каждого объекта и территории. Целесообразно предусмотреть несколько способов (технологий) приведения в безопасное состояние почвогрунтов, оборудования, зданий и сооружений.

Выбор наиболее эффективных методов санации должен базироваться на сборе и анализе информации о территории, на которой расположен перепрофилируемый объект, уровне и характере химического загрязнения всех расположенных на его территории зданий, сооружений, конструкций, оборудования и коммуникаций, а также о состоянии компонентов природной среды.

С учётом данных требований разработаны мероприятия по санации загрязнённых зданий (сооружений) и территорий [18], принадлежащих объектам хранения и уничтожения химического оружия, включающие:

- комплексное обследование территорий (зданий, сооружений) с целью оценки загрязнённости на наличие отравляющих веществ и продуктов их деструкции;
- разработка комплекса мероприятий по санации загрязнённых территорий при выводе из эксплуатации промышленных зданий и сооружений и ликвидации последствий деятельности объектов в целях репрофилирования;
- создание необходимых мощностей для утилизации загрязнённого грунта и непригодного для дальнейшего применения промышленного оборудования, а также строительных конструкций зданий и сооружений;
- обезвреживание (санация) почв на загрязнённых участках территории объектов;
- рекультивация земельных участков после возврата обезвреженного грунта, засыпка плодородным слоем почвы.

Методические рекомендации: по осуществлению федерального государственного санитарно-эпидемиологического надзора при выводе из эксплуатации и ликвидации последствий деятельности объектов по хранению и объектов по уничтожению химического оружия; по организации санитарно-химического контроля за состоянием производственной и окружающей среды при выводе из эксплуатации объектов по хранению и объектов по уничтожению разработаны специалистами Федерального государственного унитарного предприятия «Научно-исследовательский институт гигиены, токсикологии и профпатологии» Федерального медико-биологического агентства, утверждены заместителем руководителя Федерального медико-биологического агентства, Главным государственным санитарным врачом по обслуживаемым организациям и территориям и введены в действие 21 октября 2012 г. [19, 20].

Таким образом, к настоящему времени имеются подходы, разработки, технологии и методы по санации зданий, сооружений, конструкций, оборудования и коммуникаций при выводе из эксплуатации объектов по хранению и объектов по уничтожению химического оружия. Однако пока отсутствует полноценный методологический подход к выполнению оценочных мероприятий состояния компонентов природной среды (почвенного покрова, водных объектов, донных отложений, иловых

осадков, растительности) для подготовки и проведения реабилитационных мероприятий на территориях действующих объектов по хранению и уничтожению химического оружия.

С целью выявления наиболее эффективных методов реабилитации природного комплекса в районе объектов хранения и уничтожения химического оружия, приведения в безопасное состояние загрязнённых территорий нами рекомендуется проведение следующих мероприятий.

Выбору способа и принятия решения о необходимости проведения реабилитационных мероприятий должен предшествовать определённый этап, в рамках которого проводится технико-экономическое обоснование на проведение работ по ликвидации последствий деятельности объекта по хранению и уничтожению химического оружия на окружающую среду, анализируется имеющаяся база данных.

Используя накопленную базу данных производственного экологического мониторинга объектов окружающей среды на предприятиях по хранению и уничтожению химического оружия, необходимо провести анализ по всему перечню образующихся загрязнителей, за весь период эксплуатации объекта. При этом особое внимание уделяется приоритетным загрязнителям. Кроме того, выбираются вещества, по которым были зафиксированы превышения естественного фона на объектах окружающей среды. Рассматривается динамика изменения концентрации загрязнителей по всем объектам окружающей среды. С учётом гидрогеологических особенностей и рельефа местности в местах расположения объектов по хранению и уничтожению химического оружия рассматриваются пути возможной миграции загрязняющих веществ с последующим прогнозом их предполагаемого следа загрязнения.

Наряду с этим рекомендуется проанализировать все проекты нормативов предельно допустимых выбросов в атмосферный воздух за весь период работы объекта по хранению и уничтожению химического оружия. Особое внимание следует обратить на изолинии расчёта по загрязнителям. Эти изолинии можно использовать для определения возможных концентраций на прогнозируемых зонах.

С использованием базы данных метеорологического наблюдения имеющихся на объектах метеопостов, составляется метеорологическая карта, на которую наносится роза ветров, выделяются направления, которые были наиболее часто подвержены ветровому воздействию.

На основании многолетних данных, полученных в рамках экологического мониторинга, проводится анализ состояния растительности, животного мира и микроорганизмов почвенных и водных экосистем. Эти данные сравниваются с фоновыми показателями с целью выявления возможных изменений на контролируемых участках мониторинга. Особое внимание следует обратить на динамику развития, угнетения или на исчезновение присутствующих в почве микроорганизмов, сравнить эти значения с фоном с целью выделения устойчивых микробных изолятов к имеющимся загрязнителям.

На следующем этапе работ рекомендуется провести комплексное обследование территории промплощадки и СЗЗ объектов хранения и уничтожения химического оружия с целью оценки загрязнённости, выявления наличия отравляющих веществ и продуктов их трансформации. Одновременно проводится обследование состояния водных, почвенных, лесных и луговых экосистем на территории санитарно-защитной зоны с целью оценки экологического состояния компонентов природной среды. По результатам обследований создаются карты-схемы, на которых фиксируются точки с фоновыми превышениями по выявленным веществам с целью установления существующих границ распределения специфических загрязняющих веществ на исследуемых территориях, выявления ореолов загрязнения и определения границ возможных участков проведения реабилитационных мероприятий.

На основании анализа фондовых материалов и комплексного обследования территории проводится разработка исходных данных для выполнения комплекса мероприятий по приведению в безопасное состояние загрязнённых территорий. Принимается решение о способах проведения реабилитационных мероприятий по каждому выявленному участку. Составляется план проведения реабилитационных мероприятий, который согласовывается с органами государственного контроля в области природоохранной и санитарной деятельности.

Обязательным действием для оценки состояния компонентов природной среды при разработке и выполнении мероприятий по рекультивации (санации) территорий на промплощадке и СЗЗ объектов является организация системы мониторинга, по результатам которого можно сделать вывод об эффективности проводимых мероприятий и необходимости внесения корректировок в проект рекультивации территории.

Таким образом, предлагаемые нами рекомендации по подготовке к проведению реабилитационных мероприятий на объектах хранения и уничтожения химического оружия ориентированы на выявление участков возможного воздействия загрязняющих веществ на объекты окружающей среды, с целью оптимизации планируемых работ по рекультивации и их финансирования.

### Литература

1. Федеральная целевая программа «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации». Постановление Правительства РФ от 21.03.1996 г. № 305, от 05.07.2001 г. № 510, от 24.10.2005 г. № 639, от 21.06.2007 г. № 392, от 29.12.2007 г. № 969, от 12.09.2008 г. № 679, от 09.12.2010 г. № 1005, от 29.11.2011 г. № 988 и от 27.12.2012 г. № 1420.
2. Лякин А.С. Способы приведения в безопасное состояние территорий и объектов инфраструктуры при выводе из эксплуатации объекта по хранению и уничтожению химического оружия «Горный» (пос. Горный Саратовской области) // Теоретическая и прикладная экология. 2012. № 4. С. 17–20.
3. Филатов Б.Н., Британов Н.Г., Клаучек В.В., Крылова Н.В., Доброшенко Л.А. Гигиенические аспекты безопасности полигонов захоронения отходов от ликвидации объектов по уничтожению химического оружия // Теоретическая и прикладная экология. 2013. № 4. С. 104–109.
4. Методические рекомендации по оценке экологического состояния высвобождаемых промышленных площадок и разработке плана санации. Комитет по природопользованию, ООС и обеспечению экологической безопасности Правительства Санкт-Петербурга. СПб.: Российский геоэкологический центр. 2015. 53 с.
5. Липанов А.М., Петров В.Г., Трубочёв А.В. Решения по снижению количества и обезвреживанию промышленных отходов в Удмуртской Республике // Вести. ИжГТУ. 2006. № 4. С. 9–17.
6. Набокова О.С. Мероприятия на объектах по уничтожению химического оружия после решения конвенциональных задач / Вестник Удмуртского университета / Физика. Химия. Вып 2. 2011, С. 60–62.
7. Патент на изобретение РФ № 2211493. Способ электрокинетической очистки грунтов от радиоактивных и токсических веществ / А.С. Баринов, Л.Б. Прозоров, В.Б. Николаевский и др. / 27.08.2003.
8. Патент на изобретение РФ № 2231944. Способ биологической очистки почв / А.С. Лукаткин, Д.И. Башмаков / 10.07.2004.
9. Загребин Е.М., Соснов А.В., Садовников С.В., Землягова М.А., Пуцыкин Ю.Г., Шаповалов А.А. Новые высокотехнологичные сорбенты и сорбенто-биодеструкторы на основе гуминовых кислот в качестве

средств ремедиации и рекультивации загрязнённых почв // Теоретическая и прикладная экология. 2012. № 4. С. 21–29.

10. Ефременко Е.Н., Завьялова Н.В., Гудков Д.А., Лягин И.В., Сенько О.В., Гладченко М.А., Сироткина М.С., Холстов А.В., Варфоломеев С.Д., Холстов В.И. Экологически безопасная биodeградация реакционных масс, образующихся при уничтожении фосфорорганических отравляющих веществ // Российский химический журнал. 2010. № 4. С. 19–24.

11. Стяжкин К.К., Петров С.В., Туманов А.С., Завьялова Н.В., Воробьёв К.А., Тетерин В.В., Погорельский И.П., Лещенко А.А., Лазыкин А.Г., Менухова В.С. Биопрепарат для ремедиации почвы в пределах зоны защитных мероприятий объекта уничтожения химического оружия «Марадыковский» // Теоретическая и прикладная экология. 2013. № 4. С. 41–48.

12. Ашихмина Т.Я., Кондакова Л.В., Домрачева Л.И., Огородникова С.Ю. Метилфосфоновая кислота как регулятор биологических процессов в экологических системах: действие на микроорганизмы, ферментативную активность и высшие растения // Теоретическая и прикладная экология, 2007. № 2. С. 78–87.

13. Товстик Е.В., Огородникова С.Ю., Домнина Е.А., Широких И.Г. Динамика актиноциетных комплексов в почвах лесных фитоценозов вблизи объекта по уничтожению химического оружия «Марадыковский» // Теоретическая и прикладная экология. 2013. № 4. С. 88–92.

14. Коваль Е.В., Огородникова С.Ю. Влияние цианобактерии *Nostoc muscorum* на устойчивость растений ячменя к действию метилфосфоновой кислоты // Теоретическая и прикладная экология. 2014. № 2. С. 61–66.

15. Коваль Е.В., Огородникова С.Ю. Влияние цианобактерии *Nostoc linckia* на показатели жизнедея-

тельности растений ячменя, выращенных в модельных опытах в присутствии метилфосфоновой кислоты // Агрoхимия. 2014. № 12. С. 65–70.

16. Растегаев О.Ю., Субботин В.Е., Ченцов А.М., Рыжков В.А. Практические направления экологической реабилитации почв при их химическом загрязнении // Теоретическая и прикладная экология. 2012. № 4. С. 30–33.

17. Патент на изобретение РФ № 2329882. Способ рекультивации земель / А.И. Иванов, П.А. Иванов, А.П. Стаценко / 20.06.2006.

18. Шевченко А.В., Никифоров Г. Е., Лякин А.С., Акишин Р.О., Ферезенов А.С. Научно-технические решения по санации загрязнённых территорий, зданий и сооружений при выводе объектов по хранению и уничтожению химического оружия из эксплуатации и их перепрофилирования // Российский хим. журнал (Ж. Рос. Хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). 2010. Т. LI. № 4. С. 77–79.

19. МР 45-12 «Осуществление Федерального государственного санитарно-эпидемиологического надзора при выводе из эксплуатации и ликвидации последствий деятельности объектов по хранению и объектов по уничтожению химического оружия» (Утверждены и введены в действие заместителем ФМБА, Главным государственным санитарным врачом по обслуживаемым организациям и обслуживаемым территориям 21 сентября 2012 г.).

20. МР 46-12 «Организация санитарно-химического контроля за состоянием производственной и окружающей среды при выводе из эксплуатации объектов по хранению и объектов по уничтожению химического оружия» (Утверждены и введены в действие заместителем ФМБА, Главным государственным санитарным врачом по обслуживаемым организациям и обслуживаемым территориям 21 сентября 2012 г.).