

**Создание и оптимизация системы
государственного экологического контроля и мониторинга
объекта «Марадыковский» в Кировской области**

© 2013. Т. Я. Ашихмина, д.т.н, зав. лабораторией, научный руководитель,
Региональный центр государственного экологического контроля
и мониторинга по Кировской области,
Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН,
Вятский государственный гуманитарный университет,
e-mail: ecolab2@gmail.com

В статье представлен материал по созданию и совершенствованию системы государственного экологического контроля и мониторинга на объекте уничтожения химического оружия в Кировской области. Особое внимание обращается, в связи с отсутствием утверждённых методик, на оптимизацию и научно-методическое обеспечение биологического мониторинга – важнейшей составляющей системы государственного экологического мониторинга.

The article presents the material on establishing and improving the system of state environmental control and monitoring of chemical weapons decommission facility in Kirov region. Particular attention is paid to lack of approved methodologies to optimize scientific and methodological support of biological monitoring, the most important component of the state environmental monitoring.

Ключевые слова: государственный экологический контроль и мониторинг, мониторинг почв, водных объектов, атмосферного воздуха, биотестирование, биоиндикация, картографирование, ранжирование

Keywords: state environmental control and monitoring, monitoring of soil and water bodies, and air, biological testing, bioindication, mapping, ranking

С 1998 г. лабораторией биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и Вятского государственного гуманитарного университета (ВятГГУ) в рамках научного сопровождения работ по строительству объекта хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский» в Кировской области проводилось экологическое обследование территории Оричевского района с целью определения площадки размещения проектируемого объекта.

Проектом строительства объекта рассматривалось три альтернативных участка для его строительства: рядом с объектом, в районе д. Денисьенки и около д. Пищалье. В ходе полевых и лабораторных исследований выполнено комплексное обследование всех трёх участков, проведены расчёты возможных рисков и вероятного ущерба, нанесённого окружающей среде и проживающему населению по всем трём альтернативным участкам. Сделано описание состояния растительности и животного мира, водных и почвенных биоценозов, определены фоновые участки мониторинга [1, 2].

Полученные результаты исследований использованы при выборе участка строительства объекта уничтожения химического оружия, при разработке проекта оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС), обосновании размера площади зоны защитных мероприятий объекта хранения и объекта уничтожения химического оружия, разработке программы биологического мониторинга природных сред и объектов на территории санитарно-защитной зоны и зоны защитных мероприятий объекта «Марадыковский» [1 – 3].

Для строительства объекта «Марадыковский» был принят первый вариант, выбрана площадка рядом с арсеналом хранения химического оружия. Основной причиной отклонения двух других альтернативных вариантов явилась транспортировка боеприпасов через железнодорожную магистраль федерального значения и наибольший риск аварийных ситуаций населению, окружающей среде при перевозках боеприпасов от объекта хранения к объекту уничтожения [2].

18 января 2005 г. на выбранной площадке рядом с территорией объекта по хранению химического оружия «Марадыковский» Оричевского района Кировской области была заложена памятная капсула в фундамент будущего объекта по уничтожению химического оружия (ОУХО). С этого момента началось строительство объекта, и в течение 20 месяцев в ходе интенсивного строительства на выбранной площадке был построен высокотехнологичный комплекс по уничтожению химического оружия с мощной инфраструктурой.

В рамках реализации федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в РФ» во всех шести регионах под руководством головной организации ГосНИИЭНП (г. Саратов) начали создаваться Региональные центры государственного экологического контроля и мониторинга (РЦГЭКиМ) объектов хранения и уничтожения химического оружия. В Кировской области первым подразделением РЦГЭКиМ стала созданная в 2004 г. на базе Вятского государственного гуманитарного университета (ВятГГУ) хорошо оборудованная приборами и укомплектованная специалистами-биологами лаборатория биотестирования и биоиндикации, которая уже в мае 2005 г. была аккредитована на техническую компетентность и независимость на проведение экотоксикологического анализа природных сред по 11 аттестованным методикам [4].

С целью научно-методического обеспечения проведения исследований по программе биологического мониторинга коллективом лаборатории биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ было разработано «Научно-методическое руководство по организации биологического мониторинга природных сред и объектов в рамках государственного экологического контроля и мониторинга объектов хранения и уничтожения химического оружия». Данная научно-методическая разработка руководством ГосНИИЭНП (г. Саратов) была принята за основу и рекомендована к использованию при создании систем биологического мониторинга в рамках государственного экологического контроля и мониторинга РЦГЭКиМ всех шести регионов.

Учёными лаборатории биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ совместно со специалистами лаборатории биотестирования и биоиндикации РЦГЭКиМ по Кировской области при поддержке и непосредственном участии специалистов ГосНИ-

ИЭНП (г. Саратов) был проведён обучающий научно-методический семинар сотрудников всех РЦГЭКиМ других регионов, где также шла активная подготовка к проведению работ в рамках государственного экологического контроля и мониторинга объектов хранения и уничтожения ХО. Отрабатывались технологии проектирования сети мониторинга на территориях СЗЗ и ЗЗМ ОУХО, методики определения 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 микробиоте почв. В полевых условиях проведено обучение по отбору проб, описанию фито- и зооценозов. В лабораторных условиях проводилось обучение по проведению камеральной обработки проб, выполнялись модельные испытания, анализировались полученные результаты с построением карт-схем и диаграмм по результатам исследований.

В течение двух лет (2004–2005 гг.) сотрудниками РЦГЭКиМ по Кировской области, учёными ВятГГУ совместно со специалистами ГосНИИЭНП (г. Саратов) были проведены полевые работы на территориях санитарно-защитной зоны и зоны защитных мероприятий ОУХО «Марадыковский» по привязке и закреплению на местности сети пробоотбора – неотъемлемой части системы экологического мониторинга. В ходе работ было выбрано и зафиксировано на территории СЗЗ и ЗЗМ расположение 155 постоянных пунктов пробоотбора почвы, воды, донных отложений, атмосферного воздуха и мониторинга биоты. Кроме того, для контроля и мониторинга природных вод было определено местоположение 11 наблюдательных скважин, 7 колодцев, 4 водных постов, 14 эксплуатационных скважин. Все участки закреплены на местности путём установки опознавательных знаков, определены их географические координаты. Параллельно с проектированием сети мониторинга на территории СЗЗ и ЗЗМ объекта хранения химического оружия проведено фоновое обследование. На каждом участке мониторинга были выполнены геоботанические описания, отобраны для химического и токсикологического анализа пробы воздуха, почвы, воды, донных отложений. В лабораторных условиях проведена камеральная обработка проб. Химические анализы выполнены в химико-аналитических лабораториях Кировского областного природоохранно-

го центра и в сетевой лаборатории анализа и мониторинга Ростехнадзора. Токсикологический анализ проб проведён научными сотрудниками лаборатории биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ совместно с сотрудниками РЦГЭКиМ по Кировской области. По материалам исследований и химико-биологических анализов составлены экологические паспорта на 155 участков мониторинга, из них на 32 водных участка [2, 4, 5].

Одновременно в 2005–2006 гг. на базе РЦГЭКиМ по Кировской области создавалась центральная экоаналитическая лаборатория контроля и мониторинга. В рамках ФЦП «Уничтожение химического оружия в РФ» для создания данных лабораторий на базе Региональных центров государственного экологического контроля и мониторинга были приобретены оборудование, приборы, программное обеспечение, реактивы, необходимые комплекты методик для осуществления измерений физических, химических, биологических и других показателей, характеризующих качество окружающей среды в СЗЗ и ЗЗМ по программе государственного экологического мониторинга ОХУХО.

В короткий срок экоаналитическая лаборатория РЦГЭКиМ по Кировской области получила от головной организации ГосНИИЭНП (г. Саратов) современные приборы: газовые хроматографы СР-3800 GC -Varian, «Кристалл»-2000М; газоанализаторы: С-310А, Р-310А, К-100; концентратомер КН-2; аппарат рентгеновский для спектрального анализа спектроскан МАКС-GF2E, спектрофотометр UNICO-1200; фотометр фотоэлектрический КФК-3-01, анализатор вольтамперометрический ТА-4, необходимое испытательное и вспомогательное оборудование, реактивы, методики выполнения измерений содержания специфических и общепромышленных загрязняющих веществ в объектах окружающей среды. К началу функционирования объекта уничтожения химического оружия центральная экоаналитическая лаборатория контроля и мониторинга прошла аккредитацию в ОАО ФНТЦ «Инверсия» и получила подтверждение соответствия её деятельности критериям системы СААЛ Ростехрегулирования на техническую компетентность в проведении 202 методик КХА объектов, входящих в заявленную область аккредитации.

С первых дней деятельности РЦГЭКиМ по Кировской области на его базе был создан информационно-аналитический центр информационного взаимодействия и обмена для опе-

ративного и компетентного анализа получаемой информации, обработки, учёта, хранения информации о соблюдении объектом экологических нормативов, информационного обеспечения федеральных, региональных органов исполнительной власти, органов местного самоуправления и общественности [6 – 11].

В 2006 г. были проведены работы по созданию зашифрованного канала передачи данных между РЦГЭКиМ по Кировской области и ФГУ ГосНИИЭНП на базе аппаратно-программного комплекса шифрования данных «Континент». Установлен выделенный сервер баз данных, обеспечен доступ к глобальной сети Internet с помощью выделенной линии типа sHDSL, получены «белые» (статические, прямые) IP-адреса. Создана сеть терминалов для обеспечения информационного обмена с заинтересованными ведомствами (Росгидромет по Кировской области, Ростехнадзор по Кировской области, управление конвенциональных проблем правительства Кировской области). Сотрудниками Федерального информационного центра совместно со специалистами ГосНИИЭНП (г. Саратов) и на их базе был разработан и запущен в эксплуатацию программно-информационный комплекс «Форпост» [7].

Программно-информационный комплекс «Форпост» был создан в рамках выполнения Федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации», согласно требованиям, представленным в «Положении об информационном обмене Федерального информационного центра по проблемам обеспечения экологической безопасности, государственного экологического контроля и мониторинга окружающей среды при хранении, перевозке и уничтожении ХО с Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору и Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». Данный комплекс «Форпост» установлен на базе РЦГЭКиМ всех шести регионов. Он предназначен для передачи аналитической информации по состоянию окружающей среды в ЗЗМ ОХУХО от региональных центров (далее – РЦ) системы государственного экологического контроля и мониторинга (далее – СГЭКМ) на терминалы СГЭКМ в контролирующие организации и ведомства в соответствии с руководящими документами, а именно «Положением об информационном обмене» [7, 8].

С помощью данного комплекса проводится обработка поступающих результатов

химико-аналитических исследований, строятся ситуационные и аналитические карты-схемы распространения загрязняющих веществ, а также обеспечивается оперативное оповещение пользователей об экологической обстановке на объектах хранения и уничтожения ХО [6 – 11].

Кроме того, сотрудниками информационно-аналитического центра РЦГЭКиМ по Кировской области совместно со специалистами группы по работе и связям с общественностью войсковой части 21228 активно проводилась разъяснительная информационная работа с населением (а это около 50 тысяч жителей Оричевского и Котельничского районов, проживающих в 196 населённых пунктах ЗЗМ объекта «Марадыковский») и общественностью о решаемых проблемах и принимаемых мерах по уничтожению химического оружия в Российской Федерации. На базе ИАЦ РЦГЭКиМ начала работу общественная приёмная, проводятся встречи с населением, стали издаваться информационные бюллетени, брошюры, установлены постоянные связи с 12 печатными изданиями. Сотрудники РЦГЭКиМ по материалам исследований активно участвуют в теле- и радиосюжетах, посвящённых вопросам экологической безопасности, повседневной деятельности войсковой части, проблемам хранения и уничтожения химического оружия и социальным вопросам [10, 11].

Таким образом, к началу эксплуатации объекта уничтожения химического оружия «Марадыковский» в Кировской области (8 сентября 2006 г.) здесь была уже создана необходимая база для функционирования системы государственного экологического мониторинга объекта хранения и уничтожения химического оружия.

С начала пуска объекта уничтожения химического оружия в Кировской области прошло более 7 лет. В настоящее время на объекте уничтожено более 98 % ОВ, при этом зарин, ипритно-люизитные смеси уничтожены полностью, завершаются работы по уничтожению зомана и ОВ типа V-икс. Ведётся строительство корпуса по уничтожению боеприпасов (изделий) сложной конструкции. В 2015 г. планируется обеспечить завершение работ по уничтожению всех запасов ХО на объекте «Марадыковский». 7 лет деятельности объекта свидетельствуют о слаженной, скоординированной работе всех систем и служб, обеспечивающих процесс безопасного уничтожения отравляющих веществ на объекте.

На объекте создана и оперативно действует система производственного экологического контроля и мониторинга [9, 12, 13].

Государственный экологический контроль за деятельностью ОХУХО и экологический мониторинг окружающей природной среды осуществляются в соответствии с Программой государственного экологического контроля источников загрязнения и мониторинга окружающей среды в санитарно-защитной зоне и в зоне защитных мероприятий и Планом оказания услуг, согласованными с территориальными органами Росприроднадзора, Ростехнадзора, Росгидромета [14, 15].

Программа проведения государственного экологического контроля за ОХУХО «Марадыковский» включает порядок контроля:

- за промышленными выбросами в атмосферный воздух;
- эффективности работы очистных сооружений и газоочистных установок;
- за содержанием ЗВ в атмосферном воздухе на границе СЗЗ и ЗЗМ объекта;
- за сбросом сточных вод в окружающую среду;
- за размещением реакционных масс, специфических и общепромышленных отходов, их влиянием на окружающую среду;
- поверхностных ливневых сточных вод перед локальными очистными сооружениями;
- подземных вод наблюдательных скважин на промплощадке объекта;
- почвы на промплощадке, границе СЗЗ и ЗЗМ объекта;
- атмосферных осадков (снежного покрова) на границе СЗЗ и ЗЗМ объекта.

Контроль за соблюдением нормативов выбросов загрязняющих веществ (зарин, зоман, вещество типа V-икс, эфиры метилфосфоновой кислоты, изопрпиловый и изобутиловый спирты, фтористый водород, моноэтаноламин, пирофосфат натрия и др.) в атмосферу осуществляется посредством прямых измерений (аналитических исследований) характеристик газовой воздушной смеси. При контроле за соблюдением нормативов предельно допустимых выбросов обеспечивается одновременность замеров параметров газовой воздушной смеси и концентраций в ней ЗВ. Все измерения (скорость, температура, давление, концентрация ЗВ) проводятся в установившемся потоке газа. На основании выполненных измерений параметров пылегазовых потоков определяются объёмы газовых потоков ($\text{м}^3/\text{с}$) и количество загрязняющих веществ, выбрасываемых

мых в атмосферу (г/сек). Полученные величины выбросов (ПВВ) сравниваются с установленными нормативами предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ (ПДВ ЗВ) в атмосферный воздух.

Экоаналитической лабораторией РЦГЭ-КиМ ежеквартально проводятся измерения содержания загрязняющих веществ по 3 физическим, 13 химическим показателям и по показателю острой токсичности в хозяйственно-бытовых сточных водах очистных сооружений, с учётом контрольных створов на р. Погиблицца, расположенных на расстоянии 500 метров выше и ниже сброса, и по 12 показателям проводится анализ ливневых сточных вод. Мониторинг поверхностных вод обеспечивается по 19 показателям, воды наблюдательных скважин по 18, воды эксплуатационных скважин по 17, атмосферных осадков (снег) по 17, почвы по 9, донных отложений по 8 показателям.

За период после пуска объекта и до настоящего времени сотрудниками РЦГЭКиМ по Кировской области выполнен большой объём работ, отобрано более 7 тыс. проб атмосферного воздуха, промышленных выбросов, почв, природных, сточных и ливневых вод, донных отложений, снежного покрова, проведено около 46 тыс. компонентоопределений.

Одновременно с проведением работ в рамках государственного экологического контроля и мониторинга РЦГЭКиМ по Кировской области совместно с учёными лаборатории био-

мониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ на постоянной основе осуществляется деятельность, направленная на развитие и совершенствование научно-методического сопровождения Программы (Порядка) государственного экологического контроля и мониторинга. В течение ряда лет ведутся исследования, направленные на создание новых методов биологического мониторинга и на выявление наиболее информативных биоиндикаторов лесных, луговых, и водных экосистем, а также почвенной флоры и фауны. В лабораторных условиях проводится отработка методик биотестирования природных сред и атмосферного воздуха на техногенное загрязнение. Разрабатываются методы и подходы всесторонней оценки, анализа и прогнозирования влияния производственной деятельности объекта на окружающую среду.

В оценке состояния атмосферного воздуха хорошо зарекомендовали себя следующие биоиндикаторы: *сосна обыкновенная (Pinus sylvestris L.)*; *пыльца ряда древесных растений*, таких как *сосна обыкновенная, берёза бородавчатая, липа, сирень обыкновенная; лишайнофлора* по обилию, проективному покрытию, видовому составу; *снеговой покров* по токсичности, накопитель большинства загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух [16].

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris L.*) широко распространена на территории Киров-

Таблица 1

Содержание общего фосфора в хвое сосны на территории СЗЗ и ЗЗМ объекта «Марадыковский»

Номер площадки мониторинга	Удаление от ОУХО, км	Содержания общего фосфора в хвое сосны, $\times 10^2$, мкг/г			
		2008 г.	% от контрольного значения	2009 г.	% от контрольного значения
8	1,63	4,25 ± 0,85	324	4,39 ± 0,75	305
16	1,53	4,94 ± 0,99	377	4,55 ± 0,95	316
19	1,49	4,71 ± 0,94	360	4,58 ± 0,76	318
25	0,96	4,51 ± 0,9	344	4,25 ± 0,92	295
28	1,09	4,76 ± 0,95	363	4,84 ± 0,68	336
30	1,36	4,55 ± 0,91	347	–	–
34	3,12	3,22 ± 0,64	246	3,49 ± 0,78	242
45	2,62	3,78 ± 0,76	289	3,72 ± 0,81	284
46	2,71	3,96 ± 0,79	302	3,52 ± 0,83	244
47	2,16	3,87 ± 0,77	295	3,77 ± 0,54	262
48	2,64	3,93 ± 0,79	300	–	–
57	4,0	2,92 ± 0,58	223	2,75 ± 0,74	191
63	4,0	2,86 ± 0,57	218	–	–
65	3,86	2,77 ± 0,55	211	1,71 ± 0,78	119
112 (фон)	9,63	1,31 ± 0,26	100	1,44 ± 0,56	100

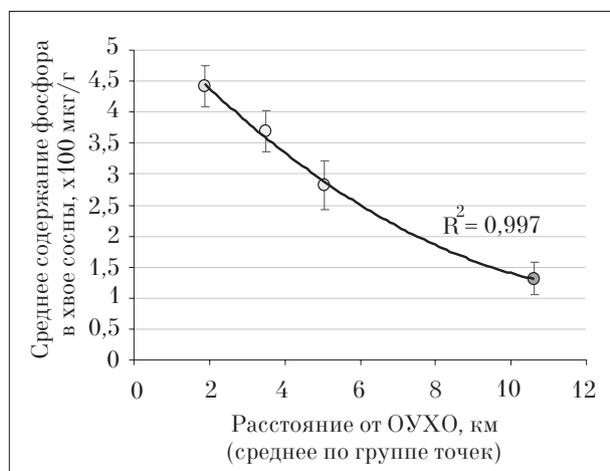


Рис. 1. Корреляция содержания фосфора в хвое сосны с расстоянием от ОУХО

ской области. Реакции сосны на наличие загрязняющих веществ в воздухе, а также в почве неспецифичны и отражают общий уровень загрязнения среды веществами различной природы. Для оценки химической нагрузки на этот фитоиндикатор используются разные признаки: годовой прирост основного побега, длина хвои, размеры генеративных органов [17, 18], изменение окраски и преждевременное усыхание хвои, наличие хлорозных и некротических пятен, морфологические и анатомические характеристики хвои, а также содержание фосфора в хвое сосны.

В таблице 1 и на рисунке 1 приведены данные по изучению содержания фосфора в хвое сосны в 2008 и 2009 гг., в период, когда на объекте уничтожались фосфоротравляющие вещества. Исследования проводились в 2008 г. на 15 площадках мониторинга, а в 2009 г. – на 11.

Анализ полученных данных (табл. 1, рис. 1) свидетельствует о том, что и в 2008 г., и в 2009 г. проявляется чёткая тенденция повышенного содержания общего фосфора в хвое сосны по мере приближения исследуемого участка к объекту [19].

Для анализа корреляции содержания фосфора в лишайниках с расстоянием от объекта «Марадыковский» (первого круга на расстоянии 1,8 км, второго – 3,5 км, третьего – 5 км, контрольного (фонового) участка на расстоянии 11 км от объекта «Марадыковский») были рассчитаны средние результаты для всех участков, проанализированных в круге. В первом круге анализировали хвою из шести точек, во втором из пяти, в третьем – из трех. По полученным данным был построен график представленный на рисунке 1.

Анализ корреляции содержания фосфора в хвое сосны с расстоянием от ОУХО (сред-

ним по группе точек в круге) (рис. 1) показывает достоверное увеличение содержания этого элемента по мере приближения к источнику загрязнения. Данная тенденция отмечена как в 2008 г., так и в 2009 г.

По индикаторным видам биологического мониторинга (лишайники, хвойные) удаётся выявить тенденцию накопления общего фосфора по мере приближения к объекту ХУХО.

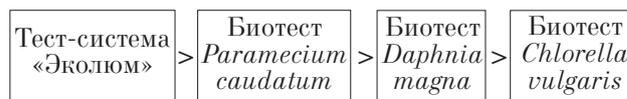
В целях оптимизации государственного экологического мониторинга и реализации принципа комплексного подхода в оценке состояния почв в районе действующего объекта уничтожения химического оружия проведены исследования по изучению устойчивости почв, выявлению информативных показателей мониторинга, включающих химические, экотоксикологические и биоиндикационные показатели [20].

В ходе исследований отмечено, что среди отслеживаемых химико-аналитических показателей загрязнения почв наиболее информативными являются следующие:



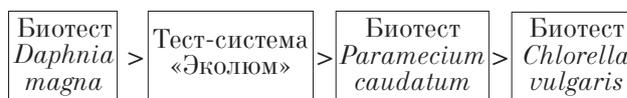
Информативность показателей экотоксикологического блока представлена двумя рядами, так как тест-объекты проявляют разную чувствительность по отношению к минеральным и органическим токсикантам.

1. Для минерального загрязнения почв соблюдается следующий порядок:



В оценке минерального загрязнения почв к наиболее информативным показателям следует отнести тест-систему «Эколюм» и биотест *Paramecium caudatum*. Наименее информативным в оценке минерального загрязнения проявляет себя биотест *Chlorella vulgaris*.

2. Для выявления органического загрязнения в почвах нами установлен следующий ряд биотестов:



3. Среди большого количества используемых в экологическом мониторинге биоиндикационных показателей проведено исследование по изучению их информативности для оценки состояния почв. Установлен ряд информативности по следующим биоиндикаторам:

Видовое разнообразие почвенных фототрофов	Активность каталазы почвы
Активность уреазы почвы	Целлюлозо-разлагающая активность и активность инвертазы почвы

Проведено изучение пространственного анализа распространённости различных почв в санитарно-защитной зоне ОУХО «Марадыковский» с использованием программных средств геоинформационной системы (ГИС) MapInfo 7.5, данных полевых исследований, картографических материалов и космического фотоснимка изучаемой территории с сервера Google Earth, имеющего пространственное разрешение 2 м (дата съёмки 2 июня 2007 г.).

В результате анализа комплекса имеющихся материалов составлена векторная карта-схема почвенного покрова СЗЗ объекта ХУХО «Марадыковский» в формате ГИС MapInfo. Выявлено, что в районе исследования большая часть территории СЗЗ объекта «Марадыковский» занята слабо- и среднеподзолистыми песчаными почвами и дерново-слабоподзолистыми супесчаными почвами, относящимися к неустойчивым и малоустойчивым, площади таких почв достигают 67% [20].

В оценке состояния почвы весьма эффективным является комплексный альго-микологический (водорослево-грибной) анализ. Отклонения от нормального функционирования микроскопических водорослей и грибов в загрязнённых почвах проявляются в снижении видового разнообразия водорослей, преобладании численности грибной биомассы над водорослевой, нарастании доли грибов с тёмно-окрашенным мицелием, появлением фитопатогенных комплексов, вызывающих угнетение роста и развития высших растений [21 – 25].

Для оценки состояния техногенных территорий отработывался метод микологического анализа почвенных образцов, основанный на анализе структуры грибных популяций. К настоящему времени аттестована в УНИИМ

(г. Екатеринбург) методика определения токсичности проб почв методом биоиндикации по соотношению микромицетов с окрашенным и бесцветным мицелием (Свидетельство № 224.03.13.048/2009 от 07.07.2009) Разработчиком данной методики является профессор, д.б.н ВГСХА Л. И. Домрачева.

В качестве экспрессного метода оценки токсичности почвы использован биотест на жизнеспособность семян высших растений, произрастающих на контролируемой почве. Жизнеспособность семян злаковых (пшеница), крестоцветных (горчица) в почвенной вытяжке, а также на почвенных образцах, обработанных модельными токсикантами [21, 26], оценивалась по окрашиванию их раствором 2, 3, 5-трифенил тетразолий хлорида. Модификация данной методики впервые использована для определения уровня токсичности сред с помощью цианобактерий [26].

Отрабатывается метод альгоиндикации для выявления групп водорослей, наиболее чувствительных к загрязнению почв. К ним относятся представители отдела жёлтозелёных (*Xanthophyta*): *Eustigmatos magna*, *P. pyrenoidesa*, *Botrydiopsis eriensis*, *Polyedriella helvetice*, *Ellipsoidion oocystoides*, *Monodus chodatii*. Изучен отклик почвенной микрофлоры на загрязнение соединениями мышьяка. Накопление мышьяка в почве вызывает резкие изменения в структуре, видовом составе и количественных характеристиках фототрофных микробных сообществ. Одноклеточные зелёные водоросли являются наиболее стабильным компонентом фототрофных микробных сообществ на всех стадиях развития почвенных микробценозов и при любых концентрациях мышьяка [21, 27].

Для биотестирования структурных изменений микробценозов при химическом загрязнении почвы [27] использован метод стеклообращения. Данный метод показал высокую чувствительность фототрофных микроорганизмов к загрязнению почвы мышьяком. В почве с повышенной концентрацией мышьяка размножаются безгетероцистные цианобактерии, которые образуют комплексы с мицелием грибов, формируя лишайниково-подобную псевдоткань. Способность данной группы цианобактерий выживать и размножаться в почве, содержащей повышенные количества соединений мышьяка, делает их перспективными объектами для разработки биопрепаратов, предназначенных для биоремедиации загрязнённых почв.

Выявлены организмы, являющиеся конечным звеном в трансформации метилфосфоновой кислоты в почве. К ним относятся

цианобактерии, которые нуждаются в фосфоре для своего питания. Данные организмы поглощают метилфосфоновую кислоту и переводят её в другие формы [21, 28].

Оценка состояния водных систем на территории зоны защитных мероприятий объекта «Марадыковский» проводится по гидробионтам с использованием биоиндикационных методов, основанных на регистрации видового состава сообществ и обилия водорослей, позволяющих дать интегральную оценку всех природных и антропогенных процессов, протекающих в водном объекте с использованием биотического индекса Вудивисса, олигохетного индекса, индекса Балушкиной, индекса видового разнообразия Шеннона и др. [21, 29].

В оценке состояния растительности всё большее значение за последние годы приобретают методы картографирования и зонирования растительного покрова. Крупномасштабные универсальные и оценочные карты растительности занимают важное место в системе управления природными ресурсами и качеством окружающей среды. Вместе с другими картами природных компонентов они являются важной частью систем экологического мониторинга. Эффективным методом управления системой мониторинга является структуризация информации и зонирование территории с помощью ГИС-технологий.

На территории санитарно-защитной зоны объекта ХУХО «Марадыковский» было проведено картирование устойчивости лесного покрова к атмосферному загрязнению при помощи программных средств геоинформационной системы (ГИС) MapInfo 7.5 с использованием данных полевых исследований, картографических материалов и космического фотоснимка изучаемой территории со спутника QuickBird, имеющего пространственное разрешение 0,63 м (дата съёмки 2 июня 2007 г.).

В зависимости от соотношения хвойных и лиственных пород на исследуемых участках мониторинга СЗЗ проведено ранжирование лесного покрова по степени устойчивости к атмосферному загрязнению (табл. 2) и составлена карта-схема устойчивости лесов (рис. 2). Легенда к карте-схеме устойчивости лесного покрова СЗЗ приведена в таблице 3 [30, 31].

Из таблицы 3 следует, что более 23% лесов на территории СЗЗ можно отнести к неустойчивым или малоустойчивым к регулярно атмосферному загрязнению.

При изучении влияния токсикантов на фотосинтетический комплекс растений выявлено, что под действием загрязнителей снижается содержание фотосинтетических пигментов, что приводит к снижению продуктивности фитоценозов.

Выявлены ответные реакции на воздействие поллютантов фосфорорганической природы. Установлены летальные концентрации метилфосфоновой кислоты (0,1 моль/л для растений на первых этапах онтогенеза и сублетальные концентрации ($5 \cdot 10^{-3}$ моль/л) для последующих этапов) [32]. Проводится изучение влияния растворов малых и сверхмалых концентраций ряда солей на выживаемость тест-объектов [33].

Использование новых современных биологических методов экологической оценки природных сред и объектов с данными химического анализа позволяет комплексно оценить экологическое состояние в районах хранения и уничтожения химического оружия.

Год от года обеспечивается постоянное совершенствование действующей системы государственного экологического контроля и мониторинга на ОХУХО. Определение содержания специфических загрязняющих веществ (ОВ и продуктов их деструкции) в малых дозах в различных компонентах природной среды до-

Таблица 2

Устойчивость лесов в зависимости от процентного содержания хвойных пород

Содержание хвойных пород, %	Устойчивость, балл
90–100	1
80–89	2
70–79	3
60–69	4
50–59	5
40–49	6
30–39	7
20–29	8
10–19	9
0–9	10

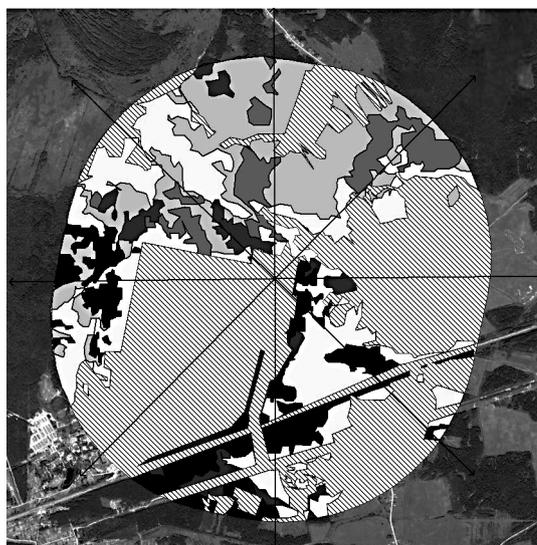


Рис. 2. Карта-схема устойчивости лесного покрова СЗЗ объекта ХУХО «Марадыковский» к атмосферному загрязнению, М 1:70000.

Таблица 3

Легенда к карте-схеме устойчивости лесного покрова СЗЗ объекта ХУХО «Марадыковский»

Раскраска	Категория устойчивости	Баллы устойчивости	Площадь	
			Всего, км ²	% от общей площади лесов СЗЗ
	Высоко устойчивые	9–10	3,153	36,52
	Относительно устойчивые	7–8	2,526	29,27
	Средней устойчивости	5–6	0,888	10,28
	Малоустойчивые	3–4	0,635	7,35
	Неустойчивые	1–2	1,431	16,58

Примечание: территория без лесного покрова и объекта ХУХО обозначена на карте-схеме штрихом.

вольно сложная задача в экспериментальном исполнении. Из литературных источников [34 – 36] известно, что при попадании в окружающую среду ОВ и продукты их деструкции подвергаются различным гидролитическим реакциям с образованием новых устойчивых и малоустойчивых компонентов. Поэтому одной из составляющих сопровождения работ по ликвидации ХО является химико-аналитический контроль, обеспечивающий количественное определение ОВ и продуктов их деструкции в окружающей и техногенной средах [37]. Разработкой и корректировкой методик количественного определения специфических ЗВ в воздухе рабочей зоны, в смывах с поверхностей оборудования, помещений и определением содержания отравляющих веществ и продуктов их деструкции в природных средах для всех объектов хранения и уничтожения химического оружия занимаются специализированные лаборатории ГосНИИОХТ (г. Москва), ОАО ФНТЦ «Инверсия», НИИГПТ (г. Волгоград), Саратовского военного института РХБ защиты, ООО «Проманалитика», ГосНИИЭНП (г. Саратов). К настоящему времени разработаны и имеют-

ся аттестованные методики выполнения измерений количественного содержания всех ОВ и большинства продуктов их деструкции в природных и техногенных средах, используемые в системе химико-аналитического контроля при проведении работ по ликвидации химического оружия [37].

По материалам исследований природного комплекса в районе объекта «Марадыковский» научными сотрудниками лаборатории биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ подготовлено и издано 4 монографии: «Марадыково на Вятке» (2005, 164 с.); «Комплексный экологический мониторинг объектов хранения и уничтожения химического оружия» (2002, 540 с.); «Биоиндикаторы и биотестсистемы в оценке окружающей среды техногенных территорий» (2008, 336 с.); «Биологический мониторинг природно-техногенных систем» (2011, 388 с.). Защищено шесть кандидатских диссертаций и одна докторская диссертация. В журнале «Теоретическая и прикладная экология», включённом в перечень журналов ВАК и издаваемом на базе лаборатории биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ

на постоянной основе публикуются научные статьи сотрудников всех шести Региональных центров государственного экологического контроля и мониторинга. Ежегодно при поддержке Департамента конвенционных проблем Министерства промышленности и торговли, Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия, ГосНИИ-ЭМП (г. Саратов) издаётся тематический спецвыпуск журнала «Теоретическая и прикладная экология», посвящённый проблемам безопасного уничтожения химического оружия на территории Российской Федерации.

Создание и реализация системы государственного экологического контроля и мониторинга позволили обеспечить научное сотрудничество специалистов региональных центров государственного экологического контроля и мониторинга по вопросам разработки и корректировки методик анализа, программных продуктов, подготовки кадров, проведения научных семинаров и конференций.

С 1996 г. в нашей стране реализуется Федеральная целевая программа «Уничтожение запасов химического оружия в РФ». За этот период сложилось тесное сотрудничество органов власти, природоохранных служб, общественности, органов и управлений в лице военных, обеспечивающих безопасное уничтожение всех запасов ХО, из которых сформировалась команда единомышленников-профессионалов, учёных, нацеленных на успешное завершение процесса химического разоружения. И результат осязаемый – к 2013 г. уничтожено более 76% всех российских запасов отравляющих веществ. Процесс уничтожения химического оружия в нашей стране выходит на финишную прямую, реализуется 4-ый завершающий этап федеральной целевой программы.

Литература

1. Корольков Ю.Б., Трегубов В.М., Канзюба В.Н. Технично-экономическое обоснование строительства объекта уничтожения химического оружия (ОУХО) на территории Оричевского района Кировской области: Отчёт Т. 1–41. М.: «СОЮЗПРОМНИИПРОЕКТ», 1999.
2. Ашихмина Т.Я., Сюткин В.М., Кантор Г.Я. и др. Инженерно-экологические изыскания для проектирования ОУХО по программе уничтожения химического оружия в Кировской области: Отчёт о НИР, Т.1-12. Киров.: ВГПУ, 1999. Деп. ВНИИЦ, инв № 02.20.0005316, 02.20.0005317, 02.20.0005318, № гос.рег. 01.20.0000044, 274 с.
3. Ашихмина Т.Я. Комплексный экологический мониторинг объектов хранения и уничтожения химического оружия. Киров: Вятка, 2002. 544 с.

4. Ашихмина Т.Я. Научно-методологические основы комплексного экологического мониторинга окружающей среды в районе объектов хранения и уничтожения химического оружия // Теоретическая и прикладная экология. 2007. № 2. С. 23–34.

5. Ашихмина Т.Я., Кантор Г.Я., Дабах Е.В. Организация экологического мониторинга окружающей природной среды в районе объекта уничтожения химического оружия в Кировской области // Вестник Института биологии, Сыктывкар. 2008. № 6 (128). С. 6–12.

6. Чупис В.Н. Экологический мониторинг объектов уничтожения химического оружия – опыт создания и перспективы развития // Теоретическая и прикладная экология. 2007. № 2. С. 35–41.

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

8. Капашин В.П., Кутын Н.Г., Мартынов В.В., Фережанова М.В., Чупис В.Н. Экологический мониторинг опасных производственных объектов: опыт создания и перспективы развития / Под ред. В.Н. Чуписа. М.: Научная книга, 2010. 526 с.

9. Холстов В.И. О состоянии работ по уничтожению химического оружия в Российской Федерации в 2008 году // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 4. С. 5–10.

10. Новикова Е.А., Ашихмина Т.Я. Аксиологический подход как основа информационного сопровождения экологического мониторинга окружающей среды вблизи объектов хранения и уничтожения химического оружия // Теоретическая и прикладная экология. 2009. № 3. С. 27–31.

11. Новикова Е.А., Лосева А.В., Филёв П.А., Ашихмина Т.Я. Динамика информационного спроса населения Кировской области по проблемам уничтожения химического оружия // Теоретическая и прикладная экология. 2010. № 1. С. 96–99.

12. Толстых А.В. Опыт создания систем экологической безопасности объектов уничтожения химического оружия // Теоретическая и прикладная экология. 2007. № 2. С. 42–49.

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

14. Ашихмина Т.Я., Менялин С.А., Мамаева Ю.И., Новикова Е.А., Кантор Г.Я. Экологический контроль и мониторинг окружающей природной среды в районе объекта уничтожения химического оружия «Марадьковский» Кировской области // Теоретическая и прикладная экология. 2010. № 1. С. 57–64.

15. Капашин В.П. Экологическая безопасность уничтожения химического оружия – основа государственной политики по защите населения и окружающей среды. // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 4. С. 11–15.
16. Мониторинг природных сред и объектов / Под ред. Т.Я. Ашихминой. Киров: Старая Вятка, 2006. 252 с.
17. Захаров В.М. и др. Здоровье среды: методика оценки // Оценка состояния природных популяций по стабильности развития: методическое руководство для заповедников. М.: 2000. 28 с.
18. Селянкина К.П., Шкарлет О.Д., Мамаев С.А. Загрязнение атмосферного воздуха предприятиями черной и цветной металлургии и меры по его защите. Челябинск. 1972. С. 23–28.
19. Отчёт по теме «Обеспечение проведения мониторинга растительного и животного мира (биологического мониторинга) на территории санитарно-защитной зоны и зоны защитных мероприятий 1205 объекта по хранению и уничтожению химического оружия в Кировской области (составная часть работы «Обеспечение проведения государственного экологического контроля и мониторинга окружающей среды при уничтожении химического оружия». Киров, 2009. 153 с.
20. Олькова А.С., Дабах Е.В. Оценка устойчивости почв и прогноз их состояния в районе уничтожения химического оружия // Теоретическая и прикладная экология. 2010. № 1. С. 73–80.
21. 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 // РХЖ. 2007. Т. LI. № 2. С. 59–63.
22. Домрачева Л.И. Использование цианобактерий в биоиндикации состояния почв. Кн. Биологический мониторинг природно-техногенных систем / Под общ. ред. Т.Я. Ашихминой, Н.М. Алапыкиной. Сыктывкар. 2011. С. 105–113.
23. Домрачева Л.И., Кондакова Л.В., Дабах Е.В., Плетнёва А.Ю. Принципы диагностики состояния почвы с использованием количественных характеристик альго-микологических комплексов // Вестник Института биологии. 2008. № 6 (128). С. 12–15.
24. Домрачева Л.И., Кондакова Л.В., Фокина А.И., Огородникова С.Ю., Кантор Г.Я. Кн. Биомониторинг и биотестирование почв. Биоиндикаторы и биотест-системы в оценке окружающей среды техногенных территорий / Под общ. ред. Т.Я. Ашихминой, Н.М. Алапыкиной. Киров: О-Краткое, 2008. С. 68–105.
25. Кондакова Л.В., Домрачева Л.И. Относительное обилие альго- и микофлоры в почвах луговых фитоденосов // Теоретическая и прикладная экология. 2009. № 3. С. 89–93.
26. Домрачева Л.И., Кондакова Л.В., Огородникова С.Ю., Олькова А.С., Фокина А.И. Применение тетразолюно-топографического метода определения дегидрогеназной активности цианобактерий в загрязнённых средах // Биологический мониторинг природно-техногенных систем / Под общ. ред. Т.Я. Ашихминой, Н.М. Алапыкиной. Сыктывкар. 2011. С. 113–120.
27. Домрачева Л.И. «Цветение» почвы и закономерности его развития. Сыктывкар. 2005. 336 с.
28. Огородникова С.Ю., Головки Т.К., Ашихмина Т.Я. Реакции растений на фосфорорганический ксенобиотик – метилфосфовую кислоту. Сыктывкар. 2004. 24 с. (Научные доклады. Коми научный центр УрО РАН. Вып. 464).
29. Кочурова Т.И. Бентофауна реки Вятки и её притоков в зоне защитных мероприятий комплекса объектов хранения и уничтожения химического оружия «Марядыковский» // Вестник Института биологии. Сыктывкар. 2008. № 6 (128). С. 18–23.
30. Новинова Е.А., Ашихмина Т.Я. Геоэкологическая оценка влияния строительства объекта уничтожения химического оружия на природный комплекс в районе его расположения // Теоретическая и прикладная экология. 2010. № 4. С. 26–31.
31. Новинова Е.А., Ашихмина Т.Я., Кантор Г.Я. Оценка состояния лесов санитарно-защитной зоны объекта хранения и уничтожения химического оружия по данным спутниковых наблюдений // Известия высших учебных заведений. Сер. Геодезия и аэрофотосъёмка. 2010. № 2. С. 36–41.
32. Огородникова С.Ю., Головки Т.К., Влияние метилфосфоновой кислоты на растения пелюшки // Агротехника. 2005. № 4. С. 37–41.
33. Захаров С.М., Иванов Д.Е., Емельянова Н.В., Ларин И.Н., Чупис В.Н., Губина Т.И. Особенности влияния растворов малых и сверхмалых концентраций солей меди и свинца на выживаемость дафний (*Daphnia magna*) // Теоретическая и прикладная экология. 2009. № 3. С. 43–47.
34. Франке З. Химия отравляющих веществ. Т. 1-2. М.: Химия, 1973.
35. Александров В.Н., Емельянов В.И. Отравляющие вещества. М.: Воениздат, 1990. 268 с.
36. Woolson E.A. Arsenical pesticides. Wash. (D.C.): Amer. Chem. Soc., 1975. P. 97–107.
37. Новиков С.В. Аналитическое сопровождение работ по ликвидации химического оружия // РХЖ. Т. LI. № 2. 2007. С. 109–118.