

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., Головки 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.