

ИТОГИ БИОМОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ СРЕД НА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТАХ (БРЯНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Л.Н. Анищенко

ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет»,
Россия, 241036, Брянск, ул. Бежицкая, 14; eco_egf@mail.ru

Резюме. Отражены итоги многолетних комплексных исследований на территории химически опасного техногенного объекта (Брянская область, РФ). Использован комплекс методик, предложенный для организации экомониторинга инженерно-экологическими изысканиями в ОВОС. Составлены карты прогнозных воздействий на ландшафтные комплексы, лесные биоценозы, почвенную мезобиоту, герпетофауну и лишенобиоту. Биомониторинговые изыскания, проведённые с учётом фоновых данных, подкреплены импактными экоаналитическими работами с определением 32 химических элементов в почве, биоте. Экоаналитические и биоиндикационные исследования компонентов сред обитания химически опасного техногенного объекта позволили выявить прогнозную зону воздействия неблагоприятных факторов, определить состояние почв и воздуха как соответствующее норме (условно фоновое).

Ключевые слова. Биомониторинг, экоаналитические исследования, химически опасные техногенные объекты, прогнозирование, Брянская область.

RESULTS OF BIOMONITORING OF THE STATE OF ENVIRONMENT ON CHEMICALLY DANGEROUS TECHNOGENIC OBJECTS (BRYANSK REGION)

L.N. Anischenko

Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky
14, Bezhihsckay st., 241036, Bryansk, Russia; eco_egf@mail.ru

Abstract. The results of long-term complex studies on the territory of a chemically dangerous man-made facility (Bryansk region, Russia) are reflected. A set of techniques was used to organize the environmental monitoring by engineering and environmental surveys in the EIA. The maps of predicted impacts on landscape complexes, forest biocoenoses, soil mesobiota, herpetofauna and lichen biota are compiled. Biomonitoring surveys, carried out taking into account background data, are backed up by impact eco-analytical work with the determination of 32 chemical elements in soil and biota. Ecoanalytical and

bioindication studies of the components of the habitats of a chemically dangerous man-made object made it possible to identify the predicted zone of the influence of unfavorable factors, to determine the state of soils and air as corresponding to the norm (conditionally background).

Keywords. Biomonitoring, ecoanalytical studies, chemically dangerous anthropogenic objects, forecasting, Bryansk region.

Введение

Комплексная система экомониторинга с последующей организацией экоконтроля – обязательное условие функционирования химически опасных техногенных объектов, в том числе и объектов по утилизации химического оружия (ОУХО).

В Брянской области на территории Почепского района с 1967 г. функционировал объект по хранению химического оружия (ОХХО) – авиационных боеприпасов различного калибра, в наполнении зарином, зоманом, VX-газами (воинская часть 21225), с 2009 г. – объект 1204 (ОУХО), начавший цикл утилизации боеприпасов и к декабрю 2015 г. обезвредивший значительную массу опасных веществ. Для создания комплексной системы мониторинга, оговорённой для ОУХО в инженерно-экологических изысканиях проекта ОВОС, в 2006 г. образована центральная эколого-аналитическая и биоиндикационная лаборатория в системе регионального центра экоконтроля и мониторинга окружающей среды. Были реализованы блоки экоаналитического и биологического мониторинга в соответствии с методической концепцией, предложенной Т.Я. Ашихминой и соавторами, с дополнениями, учитывающими эколого-географические условия южного Нечерноземья РФ (Ашихмина, 2002; Растегаев, Чупис, 2008; Ашихмина и др., 2010).

До начала уничтожения запасов химического оружия основной задачей мониторинговых исследований, проводимых в зоне защитных мероприятий (ЗЗМ), оставалось получение фоновых характеристик состояния среды, впоследствии – диагностика возможных негативных последствий эксплуатации объекта по хранению и объекта по уничтожению химического оружия на 123 реперных точках, 16 наблюдательных скважинах в ЗЗМ, санитарно-защитной зоне (СЗЗ). За 11 лет накоплен обширный материал мониторинговых исследований за содержанием маркерных элементов распада опасных химических веществ в компонентах сред обитания и биоте. Особенно актуально объединение экоаналитических и биоиндикационных данных для составления комплексного прогноза состояния природных сред (Анищенко и др., 2013).

Цель работы – определить границы зоны воздействия химически опасного техногенного объекта (ОУХО) по компонентам окружающей среды как итога блока биомониторинговых исследований в юго-западном Нечерноземье РФ.

Территория ОУХО в геоморфологическом отношении связана с Деснинской частью Приднепровской низменности Восточно-европейской (Русской) равнины. В ботанико-географическом отношении – с Сарматской подпровинцией лесной зоны и широколиственно-еловой подзоной. Почепский район в

котором расположен объект 1204 имеет особое значение для поддержания экологического баланса территории Брянской области, особенно после аварии на Чернобыльской АЭС, поскольку является одним из условно «чистых» районов (Природные ресурсы и окружающая среда..., 2007).

Поскольку химически опасный техногенный объект – источник повышенной опасности для человека, флоры, фауны, необходим непрерывный комплексный экологический мониторинг состояния экосистем и отдельных их компонентов в районе его расположения.

Материалы и методы

В работе использован маршрутный метод, метод лишеноиндикации, проведены геоботанические описания (заложено 400 учетных площадок) (Бязров, 2002). Основной объект обследования биоценозов лесов – таксационный выдел, маршрутные ходы планировались с учётом необходимости захода во все подлежащие осмотру участки с максимальным использованием просек, дорог, визиров (Инструкция по проведению лесоустройства..., 1995; Демаков, 2000; Методические рекомендации по инвентаризации лесов..., 2006). Выполнены учёты герпетофауны методами ловчих канавок и изучения на постоянных маршрутах. Характеристика флоры и фауны, а также микробиоты дана с привлечением фоновых данных и полевых исследований (Руководство ЕМЕП по отбору проб..., 2001). Экоаналитические исследования направлены на диагностику в почве, водной среде и биоте 32 элементов, в том числе 12 элементов группы тяжёлых металлов (ТМ), маркерных – фосфора, серы, зарины, зомана, некоторых из них – в надёжных биоиндикаторах (ГОСТ 26490-85; МВИ № 031-03-183-05, 2004; Методика выполнения измерений массовой доли металлов..., 2004; Анищенко и др., 2015). С учётом региональных биоиндикаторов, а также необходимости комбинирования результатов биологического и экоаналитического мониторинга осуществлено картирование территории (представлены карто-схемы) химически опасного объекта с использованием программы MapInfo 11.0.

Результаты исследований

Природно-территориальные комплексы в районе ОУХО испытывают значительный антропогенный пресс: естественные (природные) ландшафты занимают чуть более половины площади (51.4%) обследуемой территории (зона вокруг ОУХО радиусом 5 км), представлены лесами, болотами, лугами, реками и ручьями. Доля природно-технических систем останется низкой (2.8% от общей площади района обследования). С 2008 г. площадь селитебных ландшафтов увеличилась за счёт территории вахтового посёлка, общая площадь лесов сократилась в среднем на 150 га, сократилась площадь антропогенных сельскохозяйственных ландшафтов на 35 га за счёт отвода части сельскохозяйственных земель под полосу отчуждения и заболачивания сенокосов в лесном фонде. В общем антропогенная нагрузка на ландшафты рай-

она исследования зарегистрирована как умеренная, по степени антропогенного изменения данные ландшафты, по-прежнему, будут относиться к категории среднеизменённых (рис. 1).

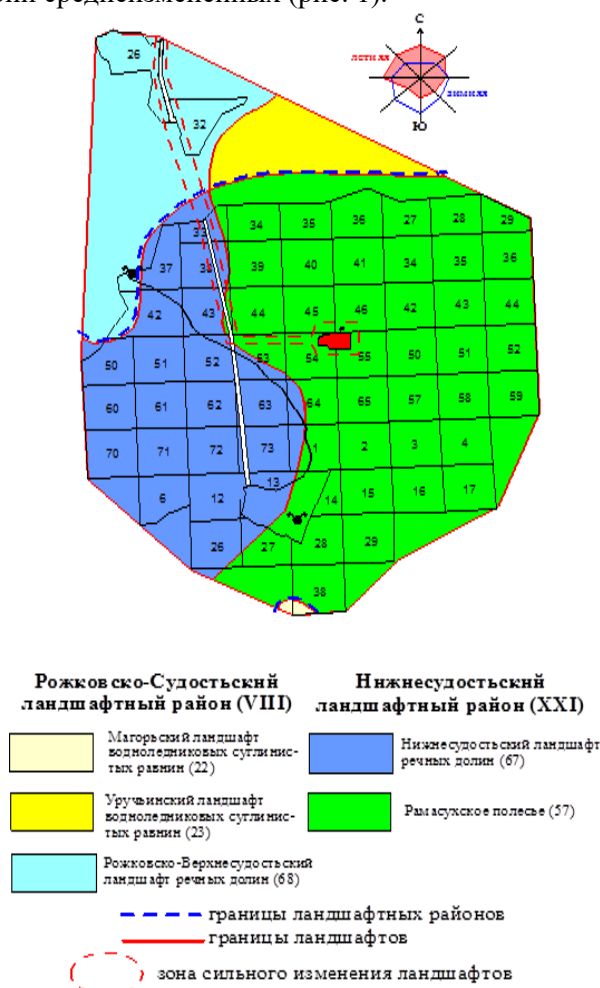


Рисунок 1. Карта-схема зон влияния ОУХО на ландшафты

Все условия деятельности техногенного объекта соблюдены, сильноизменённых и деградированных природно-территориальных комплексов за пределами промышленной зоны не зарегистрировано.

В блоке биологического и комплексного мониторинга сред обитания в ЗЗМ и СЗЗ особое внимание уделено наиболее уязвимым и информативным с точки зрения биоиндикационных возможностей элементам биоты. Вымываемые и седиментирующие из атмосферного воздуха загрязнения поступают на поверхность почвы, приводят к изменению химического состава почвенных растворов. Мезофауна реагирует на состав растворов изменением показателей встречаемости и численности. В составе выбросов ОУХО преобладают кислые газообразные соединения, при вымывании из воздуха кислые компоненты могут подкислять почвенную среду: однако прямого влияния объёмов выбросов на расселение мезофауны не выявлено.

Факторы, которые могут повлиять на плотность поселения и видовой состав мезофауны, не относятся к загрязнителям: это изменение уровня грунтовых вод вблизи промышленной площадки из-за строительства подъездных путей, насыпи; изменение состава и количества древесного опада при ослаблении насаждений. Снижение устойчивости древостоев на удалении до 1.5 км от источника выбросов приведёт к увеличению опада и возрастанию в составе мезофауны доли сапрофагов и фитофагов.

На участках, где произойдет изменение уровня грунтовых вод (прилегающая к территории промплощадки и насыпям технологических подъездных транспортных путей 10-20-метровая полоса) произойдет снижение плотности поселения мезофауны в годы с количеством осадков выше среднесуточной нормы. Поступление в почву соединений ТМ, при малом объёме выбросов (концентрация на границе СЗЗ на уровне 0.01-0.0005 предельно-допустимых концентраций (ПДК)), не привело к накоплению соединений в почве, и не повлияло на плотность размещения мезофауны.

Таким образом, воздействие выбросов на мезофауну – слабое, размер зоны воздействия объекта не превышает 1.0-1.5 км. Расстояние возможного воздействия загрязнений на мезофауну не выходит за пределы СЗЗ предприятия (рис. 2).

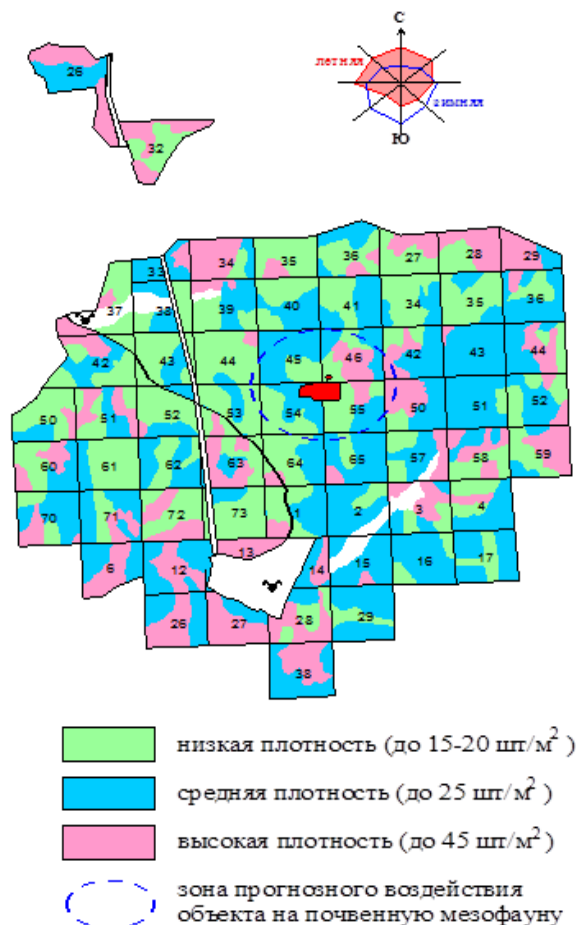


Рисунок 2. Карта-схема зон воздействия ОУХО на почвенную мезофауну

Влияние объекта на фауну земноводных и пресмыкающихся сказалось в изменении среды обитания из-за проведения строительных работ (перемещение грунта, уничтожение естественной растительности, изменение увлажненности), усиления прямого воздействия человека, интенсивной работы транспорта и строительной техники (в зоне воздействия ОУХО).

Химическое загрязнение не сказалось существенно на этих животных из-за сравнительно небольшого количества выбросов, их распределения на значительной территории и мобильности самих животных (рис. 3).

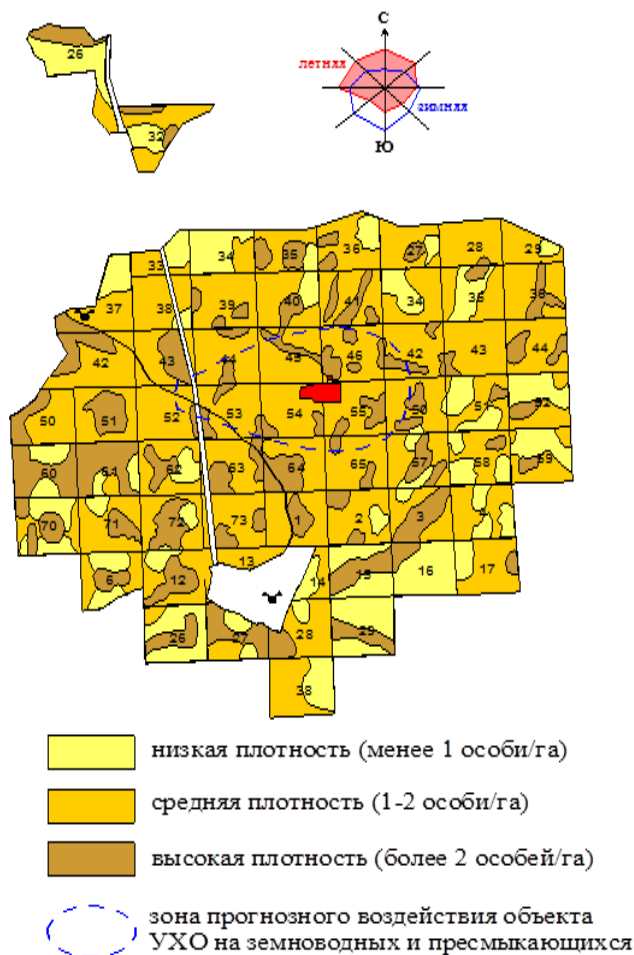


Рисунок 3. Карта-схема зон воздействия ОУХО на земноводных и пресмыкающихся

Работы, связанные со строительством ОУХО, привели к изменению лесной среды на площади 34 га в районе промышленной площадки. Из-за резкого изменения среды обитания (сплошная рубка леса, планирование участка и т.п.) произошло локальное исчезновение типично лесных древесных видов, кустарников, в том числе и редких растений. По завершению строительства объекта природные ценозы обогатились синантропными видами: появление антропогенного объекта усилило фрагментацию местообитаний и обеспечило проникновение несвойственных для лесных биотопов видов. При умеренном

техногенном воздействии на леса, последующего усыхания отдельных деревьев увеличивается мозаичность местообитаний. Невысокая токсическая нагрузка на биоценозы в ходе эксплуатации ОУХО, согласно представленным данным, при распространении выбросов, видимо, напрямую не сказывается на биоте лесов.

Основные фитотоксиканты в выбросах (организованных и неорганизованных) – H_2SO_4 ($5 \cdot 10^{-5}$ т год⁻¹; C_m на границе СЗЗ – 0.002 ПДК), HF ($1.3 \cdot 10^{-3}$; $C_m = 0.0002$ ПДК), SO_2 (до $5.4 \cdot 10^{-5}$; $C_m = 0.02$ ПДК), оксиды азота NO_x – до 23.3 т год⁻¹ ($C_m = 0.13$ ПДК), фториды ($8.8 \cdot 10^{-5}$; $C_m = 0.001$ ПДК). Наибольшую массовую долю из фитотоксикантов имеют оксид и диоксид азота, выбрасываемые котельной зимой при производстве тепла на отопление. Относительная фитотоксичность оксидов азота ниже, чем у сернистого газа. Другие фитотоксиканты выделяются в малых количествах, равномерно в течение года, и повышенных концентраций в слое воздуха, где расположены кроны древостоев, не создадут.

Максимальные концентрации загрязнений в приземном слое воздуха, определённые в натурных условиях с использованием экоаналитического оборудования (ГАНК-4, фирмы НПО «Прибор», поверка до 2015 г.), наблюдаются на расстоянии 17-20 высот источника выбросов, то есть, учитывая высоту трубы (40 м) – это 600-800 м от неё (Методика расчёта концентраций в атмосферном воздухе ..., 1987). Промплощадка окружена СЗЗ, занятой лесонасаждениями из устойчивых к загрязнению лиственных пород – берёзы, дуба черешчатого, тополя дрожащего, с фрагментарным включением лесных культур хвойных пород I класса возраста. В молодом возрасте культуры ели и сосны проявляют достаточно высокую устойчивость к воздействию аэрополлютантов.

Учитывая объёмы выброса токсичных ингредиентов, сезон года с максимальным выбросом (отопительный период), направление и повторяемость ветров в зимний период (преимущественно южных румбов), породный и возрастной состав лесонасаждений, модель рассеивания загрязнений в атмосфере, зона воздействия выбросов объекта на древесные растения имеет вытянутую в северном направлении форму. Граница зоны находится в пределах СЗЗ на расстоянии 0.9-1.6 км от источника выбросов (рис. 4).

В пределах указанной зоны воздействия кислых токсикантов на биохимические процессы в ассимиляционных органах фитобионтов не произошло снижения площади листовой поверхности, некоторого ускорения разложения древесины поражённых деревьев дереворазрушающими грибами из-за снижения их устойчивости.

Эпифитные лишеносинузии наиболее чувствительные к изменению состава атмосферного воздуха и осадков, избраны как наиболее информативные биоиндикаторы. Учитывая существующее состояние лишенобиоты (зарегистрировано 57 видов), высокую встречаемость всех жизненных форм лишайников с высоким покрытием ствола, можно констатировать отсутствие загрязнений воздуха в районе ОУХО (Анищенко и др., 2014).

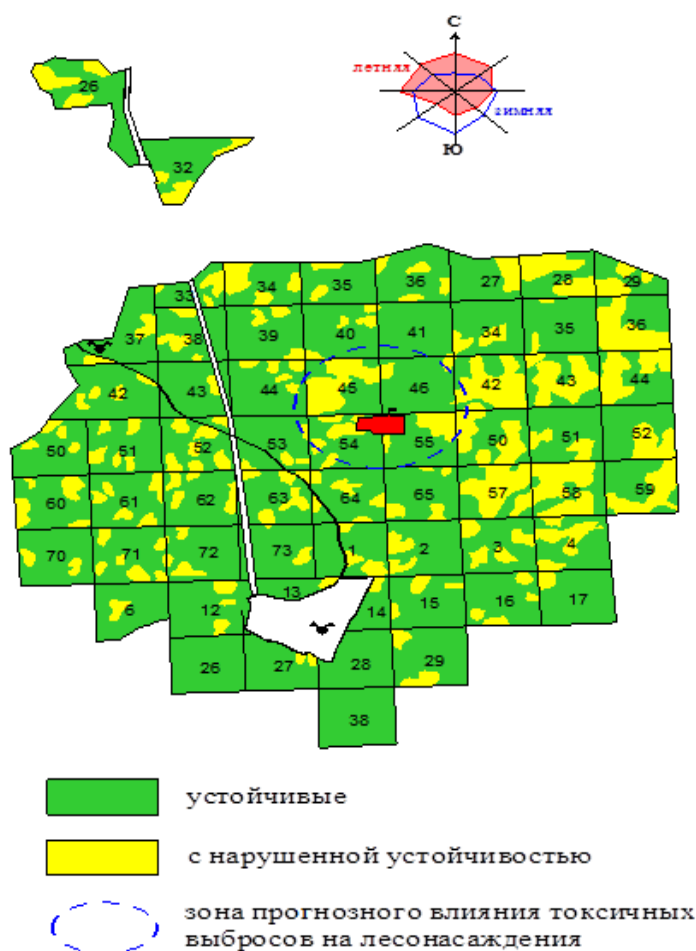


Рисунок 4. Карта-схема прогнозной зоны воздействия ОУХО на древесную растительность

Прогнозируемое изменение проективного покрытия кустистых жизненных форм с учётом химического состава выбросов, их объёмов, распределения по сезонам года и сторонам горизонта в зависимости от направлений ветра, было зарегистрировано к 2013 г. Кустистые формы отмечены только в насаждениях с преобладанием дуба в возрасте выше 40 лет (Анищенко и др., 2014).

Более высокая чувствительность лишайников, по сравнению с высшей растительностью, к влиянию на их популяционные показатели загрязнений в малых концентрациях, обуславливает возможность изменения покрытия стволов кустистыми лишайниками в зоне на расстоянии до 1.2-2.0 км от источника выбросов, с наибольшим изменением показателей на расстоянии 0.6-0.8 км в зоне максимального задымления (рис. 5). Также на основании количественной лишеноиндикации (с использованием синтетических лишеноиндикационных индексов) подтвердили, что состояние воздуха на обследованных реперных точках благоприятное.

Значения индекса полеотолерантности (ИП) изменялось от 1.50 до 4.50, зарегистрированы благоприятная и смешанная зоны. Показатели индексов

атмосферной чистоты (ИАЧ) менее информативны. Они позволили установить наличие нормальной зоны по общему состоянию атмосферы (рис. 6-7). Биоиндикационные исследования подтверждены фактическими инструментальными исследованиями: измеренные концентрации общепромышленных загрязнителей во всех точках фиксировались менее нижнего предела определения.

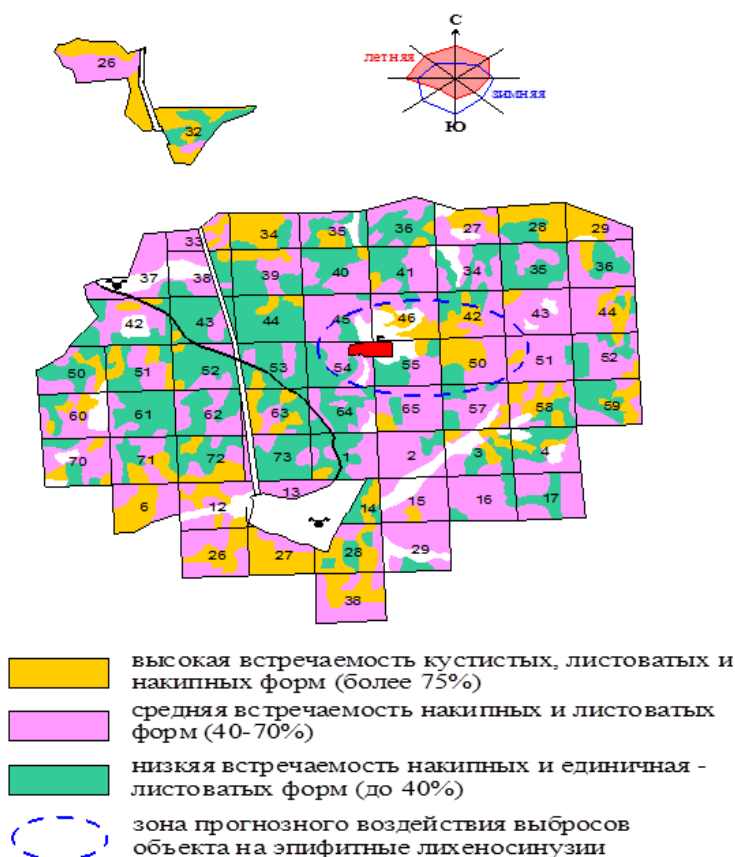


Рисунок 5. Карта-схема зон воздействия ОУХО на эпифитную лишайнофлору

За годы наблюдений зонирование территории по синтетическим ИП осталось неизменным. Это объясняется отсутствием влияния ОУХО на состояние атмосферного воздуха (Анищенко и др., 2014; Балясников и др., 2015).

Содержание серы общей в слоевищах эпифитных лишайников стабильная величина. Для ОУХО более информативно будет сравнение данных по точкам, расположенным непосредственно на границе промплощадки, на границе СЗЗ и границе ЗЗМ (рис. 8).

Фосфор в составе слоевищ лишайников определялся с 2008 года как маркер присутствия ФОВ (Балясников и др., 2015). Результаты имеют общую тенденцию к увеличению, однако с момента пуска завода по уничтожению химического оружия в 2011 г. не произошло скачкообразного роста его концентраций (рис. 9). Следовательно, прогнозируемого «плохого сценария» развития экологической ситуации с момента сжигания отходов не произошло. Содержание фосфора в коре деревьев меньше в 2-4 раза.

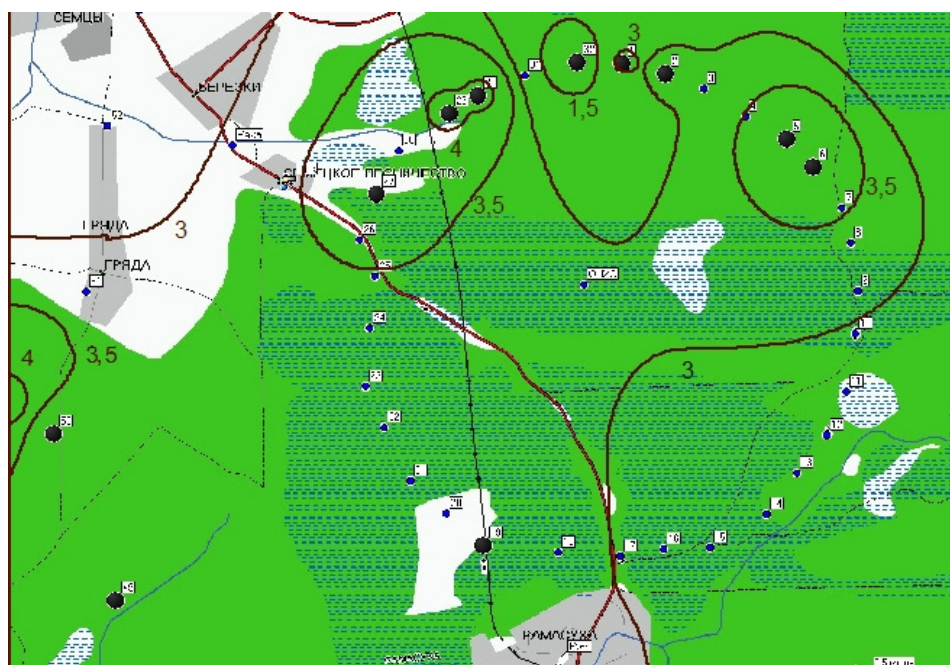


Рисунок 6. Карта-схема зон по значениям ИП, показывающее состояние воздуха на мониторинговых реперных точках ОУХО

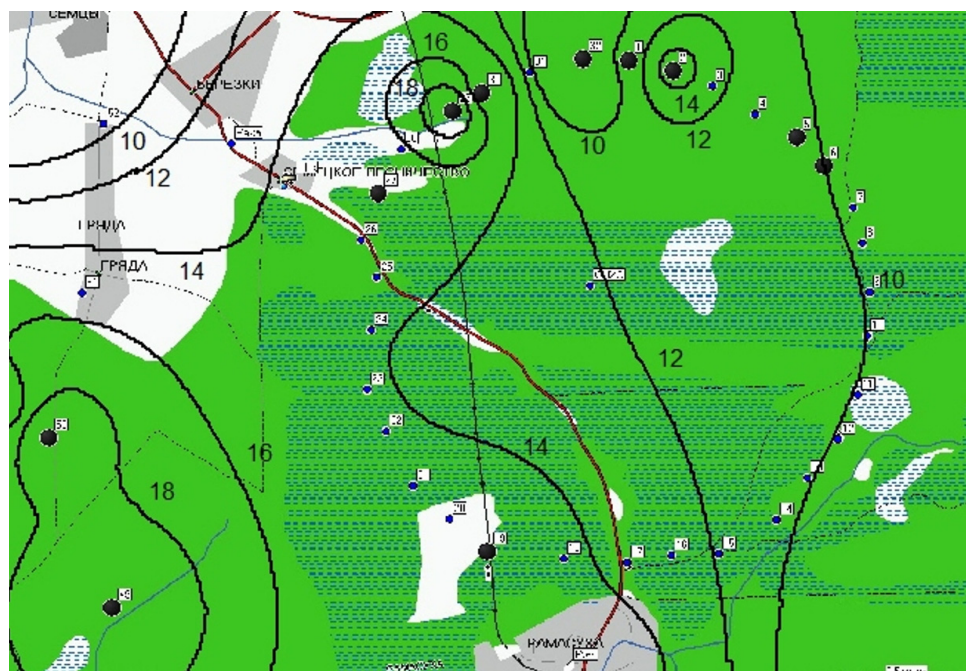


Рисунок 7. Карта-схема зон по ИАЧ, показывающее состояние воздуха на мониторинговых реперных точках ОУХО

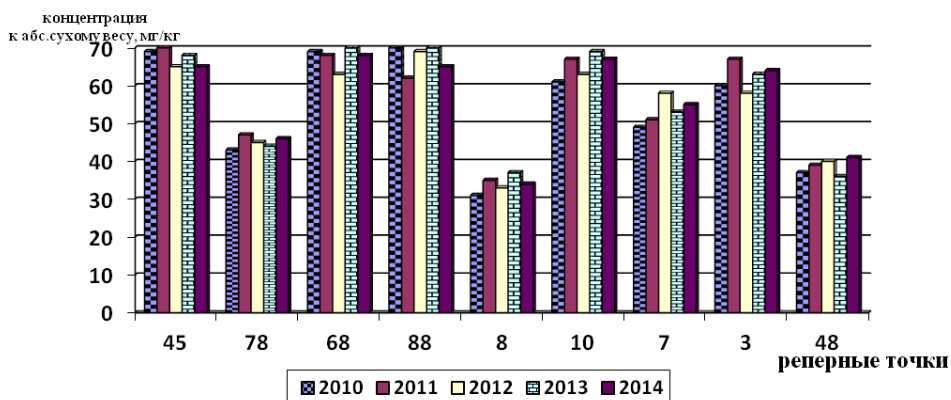


Рисунок 8. Валовая концентрация серы общей (мг/кг) в слоевищах *Hypogymnia physodes* L. на реперных точках ОУХО (Почепский район, Брянская область)

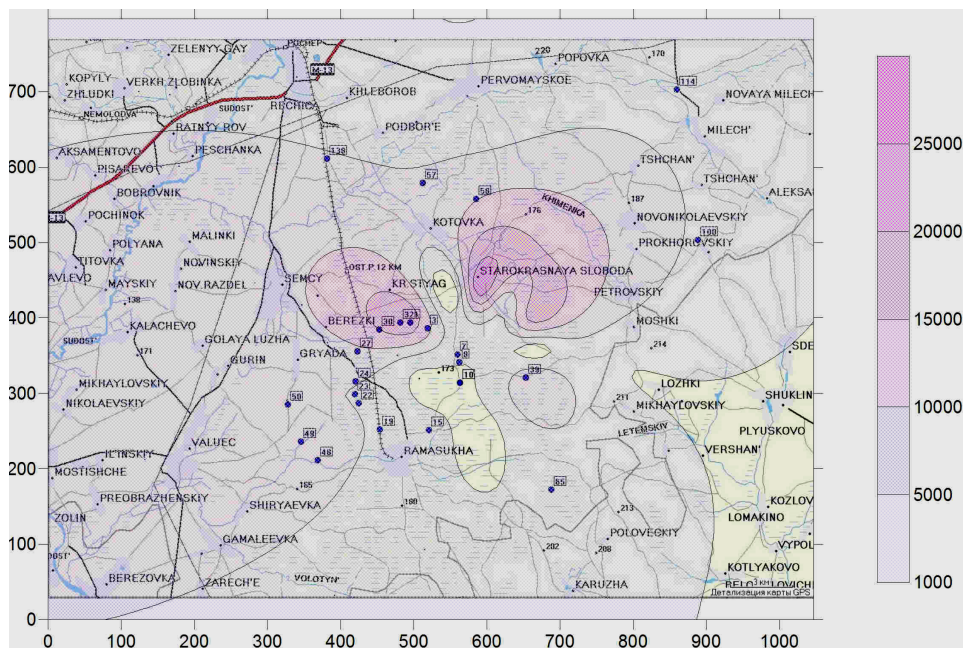


Рисунок 9. Графическое изображение содержания общего фосфора в лишайниках (*Hypogymnia physodes* L.) с интерполяцией на карту-схему местности на ОУХО

По содержанию фосфора общего в слоевищах эпифитного лишайника гипогимнии вздутой выделено три группы зон (рис. 8). Значительная часть территории характеризуется средней концентрацией фосфора (концентрация к абс. сухому весу, мг кг^{-1}).

В целом по мере удаления реперных точек от объекта по утилизации и промышленной зоны уменьшение содержание серы, фосфора, ТМ в слоевищах лишайников не выявлено, различия в концентрациях статистически недостоверно (рис. 10). Полученные данные химического состава слоевищ эпифит-

ных лишайников — основа для биохимической оценки нарушенности экосистем и выделения зон состояния экосистем (Виноградов, 1998).

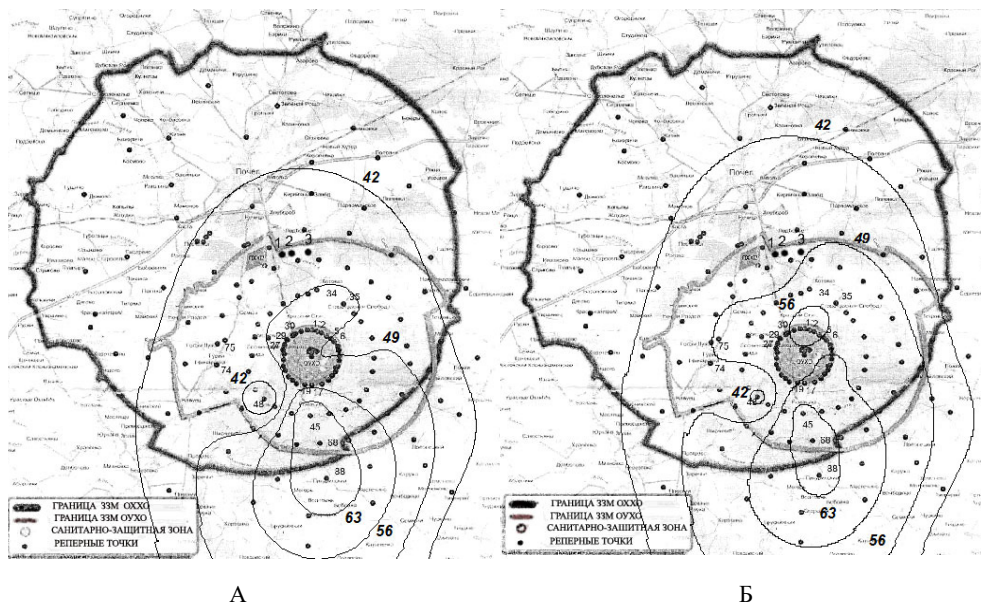


Рисунок 10. Карта-схема валового содержания серы в слоевищах лишайников
А – в 2010 г., Б – в 2014 г.

Биохимические критерии, отображающие степень концентрирования различных веществ и их соединений в лишайнобиоте лесных экосистем на ОУХО, показывают экологическую зону «норма».

В целом, оценка информативности лишайнобиоты, как показателя антропогенно измененных территорий, применительно к объектам уничтожения химического оружия, высокая.

Согласно ранее проведенной диагностики состояния сред обитания на химически опасных техногенных объектах авторами получены аналогичные сведения об информативности фоновых видов лишайнобиоты с позиций качественных и количественных показателей. Однако содержание общего фосфора в слоевищах лишайников выше на объекте 1204 в Брянской области (различия недостоверны), показатели содержания серы – ниже (различия недостоверны) (Ашихмина, 2002; Ашихмина и др., 2010). Прогнозные зоны воздействия ОУХО для Брянской области установлены впервые.

Заключение

Экоаналитические и биоиндикационные исследования компонентов сред обитания в ЗЗМ и СЗЗ химически опасного техногенного объекта позволили выявить прогнозную зону воздействия неблагоприятных факторов, отразив её на картосхемах. За весь период деятельности РЦЭКиМ по Брянской области планомерно отбирались пробы атмосферного воздуха, почвенного покрова и донных отложений, осуществлялся их анализ в соответствии с Техническим заданием на выполнение работ по теме: «Обеспечение проведения государст-

венного экологического контроля и мониторинга окружающей среды в районах уничтожения химического оружия (г. Почеп Брянской области)». По результатам проанализированных проб различных природных сред наличие специфических веществ и их компонентов, указывающих на влияние комплекса объектов по хранению и уничтожению химического оружия, не обнаружено за период с 2010 по 2015 гг. Прогнозная зона изменения ландшафтных комплексов достоверна в связи с масштабными антропогенными преобразованиями местообитаний.

Количественная и качественная биоиндикация состояния почв, воздуха, графическое отображение её результатов позволило диагностировать благоприятное (соответствующее норме) состояние сред обитания на ОУХО и определить стрессовые факторы.

Исследования состава лишайников по содержанию серы, фосфора, ТМ, вычисление синтетических лишайноиндикационных в комплексном экомониторинге позволило составить краткосрочный прогноз и оценить способность к самовосстановлению экосистем после завершения процесса уничтожения химического оружия и сворачивания обширной программы химических исследований вокруг объекта по уничтожению химического оружия, как благоприятную. С момента начала сжигания реакционных масс на ОУХО не произошло исчезновения представителей чувствительных видов лишайнобиоты, синтетические лишайноиндикационные индексы свидетельствуют о нормальном общем состоянии воздуха, состояние почвенной биоты относительно неизменённое. Надёжные результаты комплексных исследований включались в общие системы отчёта РЦЭКиМ по Брянской области и в дальнейшем послужат основой импактного мониторинга территории ОУХО в связи с окончанием утилизации реакционных масс (2015 г.).

Список литературы

Анищенко Л.Н., Балясников И.А., Рудакова Т.А. 2013. Блок биомониторинга в экоаналитическом контроле химически опасных техногенных систем (на примере объекта по утилизации химического оружия 1204, Брянская область). – Теоретическая и прикладная экология, № 3, с. 40-46.

Анищенко Л.Н., Балясников И.А., Рудакова Т.А. 2014. Лишайноиндикация состояния атмосферного воздуха на химически опасных техногенных объектах. – Теоретическая и прикладная экология, № 4, с. 79-84.

Анищенко Л.Н., Сковородникова Н.А., Балясников И.А., Рудакова Т.А. 2015. Биологическая диагностика состояния почв и воздуха на химически опасных техногенных объектах (на примере объекта по утилизации химического оружия, Брянская область). – Современные проблемы науки и образования, № 3. Электронный ресурс. URL: <http://www.science-education.ru/123-17537> (дата обращения: 27.04.2017).

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

Ашихмина Т.Я., Менялин С.А., Мамаева Ю.И., Новикова Е.А., Кантор Г.Я. 2010. Экологический контроль и мониторинг окружающей природной среды в районе объекта уничтожения химического оружия «Марадыковский» Кировской области. – Теоретическая и прикладная экология, № 1, с. 57-63.

Балясников И.А., Рудакова Т.А., Анищенко Л.Н. 2015. Биоиндикационные основы экоконтроля состояния сред обитания при утилизации химического оружия с применением лишенобиоты. – Теоретическая и прикладная экология, № 3, с. 85-91.

Бязров Л.Г. 2002. Лишайники в экологическом мониторинге. – М., Изд-во «Научный Мир», 336 с.

Виноградов Б.В. 1998. Основы ландшафтной экологии. – М., ГЕОС, 418 с.

Демаков Ю.П. 2000. Диагностика устойчивости лесных экосистем (методологические и методические аспекты). – Йошкар-Ола, Периодика Марий Эл, 416 с.

Инструкция по проведению лесоустройства в лесном фонде России. Часть I. 1995. – М., Федеральная служба лесного хозяйства России, 174 с.

МВИ № 031-03-183-05. 2004. Методика выполнения измерений общего фосфора в почве фотометрическим методом. – ФГУ «ГосНИИЭНП», г. Саратов, 21 с.

Методика расчёта концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. 1987. – Л., 92 с.

Методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошкообразных пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа. М 049-П/04. 2004. – СПб., ООО НПО «Спектрон», 20 с.

Методические рекомендации по инвентаризации лесов при повторном лесоустройстве (лесоинвентаризации) с учетом структуры лесов, интенсивности лесного хозяйства и лесопользования. 2006. – М., Федеральное агентство лесного хозяйства, 53 с.

Почвы. Определение подвижной серы по методу ЦИНАО. ГОСТ 26490-85. 1985. – М., Изд-во стандартов, с. 45-46.

Природные ресурсы и окружающая среда субъектов Российской Федерации. Центральный Федеральный округ: Брянская область. 2007. /Под ред. Н. Г. Рыбальского, Е. Д. Самотесова и А. Г. Митюкова. – М., НИА Природа, 1144 с.

Растегаев О.Ю., Чупис В.Н. 2008. Методология и основные направления экоаналитического обеспечения системы государственного экологического контроля и мониторинга объектов по хранению и уничтожению фосфорорганического химического оружия. – Теоретическая и прикладная экология, № 4, с. 77-82.

Руководство ЕМЕП по отбору проб и химическому анализу. 2001. / пер. с англ.; под ред. А.Г. Рябошапка. – Электронный ресурс. URL: <http://tarantula.nilu.no/projects/ccc/manual/index.html> (дата обращения: 22.04.2017).

References

Anishchenko L.N., Baliasnikov I.A., Rudakova T.A. 2013. Blok biomonitoringa v ekoanaliticheskom kontrole khimicheskii opasnykh tekhnogennykh sistem (na primere ob"ekta po utilizatsii khimicheskogo oruzhiia 1204, Brianskaia oblast') [The block of biomonitoring in the ecoanalytical control of chemically dangerous technogenic systems (on the example of the chemical weapons disposal facility 1204, Bryansk region)]. *Teoreticheskaiia i prikladnaia ekologiia – Theoretical and applied ecology*, no. 3, pp. 40-46.

Anishchenko L.N., Baliasnikov I.A., Rudakova T.A. 2014. Likhenoindikatsiia sostoiianiia atmosfernogo vozdukha na khimicheskii opasnykh tekhnogennykh ob"ektakh [Biological diagnostics of the condition of soils and air on chemically dangerous technogenic objects (on the example of the chemical weapons disposal facility, Bryansk region)]. *Teoreticheskaiia i prikladnaia ekologiia – Theoretical and applied ecology*, no. 4, pp. 79-84.

Anishchenko L.N., Skovorodnikova N.A., Baliasnikov I.A., Rudakova T.A. 2015. Biologicheskaiia diagnostika sostoiianiia pochv i vozdukha na khimicheskii opasnykh tekhnogennykh ob"ektakh (na primere ob"ekta po utilizatsii khimicheskogo oruzhiia, Brianskaia oblast') [Biological diagnostics of soil and air condition on chemically dangerous technogenic objects (on the example of the chemical weapons disposal facility, Bryansk region)]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia – Modern problems of science and education*, no. 3. Available at: <http://www.science-education.ru/123-17537> (accessed 27.04.2017).

Ashikhmina T.Ia. 2002. *Kompleksnyi ekologicheskii monitoring ob"ektov khraneniia i unichtozheniia khimicheskogo oruzhiia* [Integrated environmental monitoring of chemical weapons storage and destruction facilities]. Kirov, Viatka Publ., 544 p.

Ashikhmina T.Ia., Menialin S.A., Mamaeva Iu.I., Novikova E.A., Kantor G.Ia. 2010. Ekologicheskii kontrol' i monitoring okruzhaiushchei prirodnoi sredy v raione ob"ekta unichtozheniia khimicheskogo oruzhiia «Maradykovskii» Kirovskoi oblasti [Environmental monitoring and monitoring of the environment in the area of the chemical weapons destruction facility "Maradykovskiy" in the Kirov Region]. *Teoreticheskaiia i prikladnaia ekologiia – Theoretical and applied ecology*, no. 1, pp. 57-63.

Baliasnikov I.A., Rudakova T.A., Anishchenko L.N. 2015. Bioindikatsionnye osnovy ekokontroliia sostoiianiia sred obitaniia pri utilizatsii khimicheskogo oruzhiia s primeneniem likhenobioty [Bioindicative bases of eco-control of the state of habitats in the utilization of chemical weapons with the use of lichenobiotics]. *Teoreticheskaiia i prikladnaia ekologiia – Theoretical and applied ecology*, no. 3, pp. 85-91.

Biazrov L.G. 2002. *Lishainiki v ekologicheskoi monitoringe* [Lichens in ecological monitoring]. Moscow, Nauchnyi Mir Publ., 336 p.

Vinogradov B.V. 1998. *Osnovy landshaftnoi ekologii* [Fundamentals of landscape ecology]. Moscow, GEOS Publ., 418 p.

Demakov Iu. P. 2000. *Diagnostika ustoichivosti lesnykh ekosistem (metodologicheskie i metodicheskie aspekty)* [Diagnostics of the sustainability of forest ecosystems (methodological and methodological aspects)]. Ioshkar-Ola, Periodika Marii El Publ., 416 p.

Instruktsiia po provedeniiu lesoustroistva v lesnom fonde Rossii [Instructions for forest management in the forest fund of Russia]. Chast' I. 1995. Moscow, Federal'naia sluzhba lesnogo khoziaistva Rossii Publ., 174 p.

MVI № 031-03-183-05. 2004. *Metodika vypolneniia izmerenii obshchego fosfora v pochve fotometricheskim metodom* [Method for performing measurements of total phosphorus in soil by photometric method]. Saratov, FGU «GosNIIENP» Publ., 22 p.

Metodika rascheta kontsentratsii v atmosfernom vozdukh vrednykh veshchestv, soderzhashchikhsia v vybrosakh predpriatii [The procedure for calculating the concentrations in the air of harmful substances contained in the emissions of enterprises]. 1987. OND-86, Leningrad, 92 p.

Metodika vypolneniia izmerenii massovoi doli metallov i oksidov metallov v poroshkoobraznykh probakh pochv metodom rentgeno fluoresentsentnogo analiza [Method for performing measurements of the mass fraction of metals and metal oxides in powdered soil samples by X-ray fluorescence analysis]. M 049-P/04. 2004. St. Petersburg, OOO NPO «Spektron» Publ., 20 p.

Metodicheskie rekomendatsii po inventarizatsii lesov pri povtornom lesoustroistve (lesoinventarizatsii) s uchetom struktury lesov, intensivnosti lesnogo khoziaistva i lesopol'zovaniia [Methodological recommendations on forest inventory in the case of repeated forest management (forest inventory), taking into account the structure of forests, the intensity of forestry and forest management]. 2006. Moscow, Federal'noe agentstvo lesnogo khoziaistva Publ., 53 p.

Pochvy. Opredelenie podvizhnoi sery po metodu TsINAO [Soil. Determination of mobile sulfur by the CINA method]. 1985. GOST 26490-85. Moscow, Izd-vo standartov Publ., pp. 45-46.

Prirodnye resursy i okruzhaiushchaia sreda sub"ektov Rossiiskoi Federatsii. Tsentral'nyi Federal'nyi okrug: Brianskaia oblast' [Natural resources and the environment of the subjects of the Russian Federation. Central Federal District: Bryansk Region]. 2007. Moscow, NIA Priroda Publ., 1144 p.

Rastegaev O.Iu., Chupis V.N. 2008. *Metodologiya i osnovnye napravleniia ekoanaliticheskogo obespecheniia sistemy gosudarstvennogo ekologicheskogo kontrolya i monitoringa ob"ektov po khraneniuiu i unichtozheniiu fosfororganicheskogo khimicheskogo oruzhiia* [Methodology and main directions of eco-analytical support of the system of state environmental monitoring and monitoring of facilities for storage and destruction of organophosphorus chemical

weapons]. *Teoreticheskaia i prikladnaia ekologiia – Theoretical and Applied Ecology*, no. 4, pp.77-82.

Rukovodstvo EMEP po otboru prob i khimicheskomu analizu [EMEP manual on sampling and chemical analysis]. 2001. Available at: <http://tarantula.nilu.no/projects/ccc/manual/index.html> (accessed 22.04.2017).

Статья поступила в редакцию: 01.05.2017

После переработки: 02.07.2017