

УДК 574.2 (574.3)

**Блок биомониторинга в экоаналитическом контроле химически опасных техногенных систем (на примере объекта по утилизации химического оружия 1204, Брянская область)**

© 2013. Л. Н. Анищенко<sup>1</sup>, д. с.-х.н., доцент,  
И. А. Балясников<sup>2</sup>, д. с.-х.н., директор, Т. А. Рудакова<sup>2</sup>, зав. лабораторией,  
<sup>1</sup>Брянский государственный университет им. акад. И. Г. Петровского,  
<sup>2</sup>Региональный центр государственного экологического контроля  
и мониторинга по Брянской области,  
e-mail: eco\_egf@mail.ru, rcegekim32@gmail.com

Результаты четырёхлетнего биомониторинга в системе экологического контроля на объекте по утилизации химического оружия в Брянской области показали относительно благоприятное экологическое состояние компонентов природной среды, соответствующее фоновому (условной норме). Установлены взаимосвязи между основными показателями, характеризующими эколого-биологическое, химическое состояние объектов экомониторинга, и ведущими стрессорными факторами. Предложен региональный биоиндикатор общего состояния почв – индекс ветвления *Hylocomium splendens*. Обосновано применение мохообразных в фоновом мониторинге и дальнейшей фитореимедиации по отношению к Sr, Pb, Zn, Cu, Fe, Mn.

The results of the four-year biomonitoring in the system of environmental control at the facility for the disposal of chemical weapons in the Bryansk region has shown relatively favourable ecological state of environment components, the appropriate background (conditional norm). Interrelationships were found between the main indicators of the ecological-biological, chemical state of the objects of ecological monitoring and leading stress factors. The index of branching *Hylocomium splendens* was offered as a regional biological indicator of the general state of the soil. The use of bryophytes in the background, monitoring and further phytoremediation in relation to Sr, Pb, Zn, Cu, Fe, Mn was justified.

**Ключевые слова:** биомониторинг, биоиндикаторы, импактный мониторинг, объект по утилизации химического оружия, Брянская область

**Keywords:** biomonitoring, bioindicators, monitoring of technogenic pollution, a plant for the disposal of chemical weapons, Bryansk region

Комплексный мониторинг объектов по хранению (ОХХО) и уничтожению химического оружия (ОУХО) – основное условие сохранения качества и прогноза состояния среды и здоровья человека на территории химически опасных техногенных объектов [1, 2]. Многоуровневая система экомониторинга включает и блок биомониторинга, который предоставляет данные о состоянии и динамике природных сред в различных территориальных зонах этих экосистем. Конвенция о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и его уничтожении ратифицирована Российской Федерацией в 1997 г. [3], в рамках которой был создан объект по хранению химического оружия и объект по уничтожению химического оружия в Почепском районе Брянской области. В местах расположения объектов по хранению и уничтожению химического оружия в Кировской, Курганской, Пензенской, Саратовской областях, Удмуртской Республике налажен фоновый и текущий мониторинг за со-

стоянием экосистем в целях обеспечения экологической безопасности [1, 4 – 7].

В основу биомониторинга опасного техногенного объекта в Почепском районе положен комплексный системный подход, ориентированный на поиск надёжных биоиндикаторов и информативных показателей, удобных для обработки, анализа и представления, выявление ведущих и сопутствующих экологических факторов в зоне влияния ОУХО, диагностику состояния биоты и в целом природных комплексов, определение биологических критериев качества окружающей среды в районе влияния объекта, разработку реабилитационных мероприятий и биологических показателей её эффективности [8, 9]. Так как государственную аттестацию имеют лишь 10 методик биотестирования, приоритетная и актуальная задача биомониторинга непосредственно в Брянской области – отработка методик и методических приёмов в первую очередь биоиндикации, их научная разработка и утверждение на региональной основе. За пе-

риод функционирования ОУХО в Брянской области методами экоаналитического мониторинга в компонентах окружающей среды специфические загрязнители не выявлены. Результаты биомониторинга за четырёхлетний период в 123 реперных точках ОУХО позволяют оценить состояние биоты в условиях антропогенного воздействия в отсутствие сильных хронических воздействий высокотоксичными веществами.

Цель работы – представить результаты биоиндикации в блоке биомониторинговых работ импактного мониторинга почв, атмосферы и биоты на ОУХО в Брянской области.

При раскрытии цели исследования были использованы флористические, геоботанические, лабораторно-химические и статистические методы. Исследования велись маршрутным методом, вычислялись синтетические индексы полеотолерантности (ИП) и индексы атмосферной чистоты (ИЧА, ИАЧ) по формуле Х. Х. Трасса (1968) и DeSloover, LeBlanc (1968, 1970) для эпифитных синузид мохообразных и лишайников [10 – 12]. Индикаторная информативность лишайников и мохообразных изучена ранее методом непрямой линейной ординации, применённым для оценки коэффициентов полеотолерантности лишайников [13, 14]. Особенности почвенной альгофлоры в естественных условиях изучались с использованием стёкол обрастания (чашечных культур). Видовой состав водорослей определяли почвенно-альгологическим методом (прямого учёта) на стёклах обрастания [15, 16]. Вычисляли коэффициент эколого-ценотической значимости вида как комплексную количественную оценку положения вида в альгогруппировке [17]. Анализ экологической структуры альгогруппировок описали на примере структуры экоморф (жизненных форм) [17]. Для оценки способов ветвления для *Hylocomium splendens* на каждой пробной площадке площадью 1 м<sup>2</sup> собирали по 100 гаметофитов (побегов) описывали их морфологическое строение [18] и устанавливали возраст. Определение валовой концентрации тяжёлых металлов проводилось в пробах растений и пробах грунта по «Методике выполнения измерения массовой доли металлов и оксидов металлов в порошкообразных пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа. М049-П/04» с использованием прибора «Спектроскан Макс». Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) элементов группы тяжёлых металлов в грунте определялись по ГН 2.1.7.2041-06,

ГН 2.1.2042-06. Рассчитаны коэффициенты накопления (К<sub>н</sub>) как отношение концентрации элемента в бриофитах к концентрации элемента в грунте и коэффициенты перехода элементов (К<sub>п</sub>) как отношение концентрации элемента в грунте к концентрации элемента в мохообразных [19, 20].

Общее состояние атмосферы определяли по хвойным видам [21]. Диагностировалось состояние популяций редких видов флоры в лесных экосистемах на основе жизненности и онтогенетического спектра [22]. Названия сосудистых растений приведены по С. К. Черепанову (1995) [23].

Наиболее распространёнными (фоновыми) видами лишайников из 82, зарегистрированных в биотопах пробных площадок (ПП) исследуемой территории, являются *Xanthoria parietina*, *Parmeliopsis ambigua*, *Physcia stellaris*, *Lecanora allophana*, *Hypogymnia physodes*, спорадически встречаются – *Cladonia fimbriata*, *Evernia mesomorpha*, *Physcia aipolia*, *P. stellaris*, *P. acetabulum*, *Parmelia sulcata*, *Imshaugia aleurites*.

Результаты анализа проективного покрытия различных жизненных форм лишайников-эпифитов на ПП показали преобладание листоватой жизненной формы, наименьшее проективное покрытие – у кустистых и накипных форм. Рассчитанный индекс ОЧА по значению проективного покрытия всех типов жизненных форм лишайнобиоты достаточно высокий: от 0,53 на участке 68 до 0,68 на участке 6. Эти данные отражают благоприятное состояние атмосферы.

Из 90 описанных видов бриофлоры фоновые виды – в основном эпигейные мхи. Различий в видовом составе лишайников и мохообразных реперных участков в санитарно-защитной зоне (СЗЗ) и зоне защитных мероприятий (ЗЗМ) достоверно не наблюдается. Однако видовой состав лишайников и мохообразных, а также спектр их экологических групп определяется экологическими условиями, создаваемыми внутри ценоза на ключевом участке ОУХО. Биоразнообразие лишайно- и бриофлоры на ПП реперных участков на этапах исследования 2009–2013 гг. считали фоновым.

Расчёт ИП и ИАЧ для эпифитных мохообразных и лишайников показал, что состояние атмосферы на обследованных ПП реперных участков ОУХО благоприятное. Значения ИП изменялось от 2,09 ± 0,17 до 4,22 ± 0,32, что соответствует нормальной и смешанной зоне по состоянию атмосферы. Наибольшее значение

ИП наблюдалось на участке 121 (зона борьбы), которая расположена в окрестностях г. Почеп. Показатели ИАЧ изменяются от 10 до 15 единиц, это соответствует нормальной зоне по общему состоянию атмосферы. Значения ИП и ИАЧ показали отсутствие изменений в общем состоянии атмосферы. Наиболее перспективен для диагностики состояния атмосферы и выделения экологических зон – ИП.

Установлено, что зелёные мхи могут служить биоиндикаторами на популяционно-видовом уровне, отвечая изменением скорости роста и накопления органического вещества на сезонные колебания влажности и температуры, отражая микроэкологическую гетерогенность условий их произрастания в объёме малых временных рядов, а также и других стрессовых факторов антропогенного происхождения. Предложен биоиндикатор общего состояния почв – гилокомиум блестящий по морфологическим показателям [8]. Для четырёхлетнего периода наблюдений характерно преобладание нормального ветвления побегов *Hylocomium splendens*, с незначительной встречаемостью (в %) пропуска годичных приростов и наличием побегов только 1 и 2 года. В сезон 2010 г. с преобладанием высоких положительных температур и недостаточным увлажнением были зарегистрированы аномалии ветвления побегов мха: в большей части случаев – это пропуски годичных приростов, а также наличие побегов только 1 и 2 года. Пластичность *Hylocomium splendens* по отношению к внешним стрессовым факторам выражается в появлении у особей отклонений в ветвлении. Следовательно, морфологические особенности прироста у гилокомиума блестящего зависят от климатических факторов, а также могут стимулироваться химическим и физическим загрязнением среды обитания. Поэтому выявленные особенности морфологии ветвления у *Hylocomium splendens* в мониторинге состояния лесных экосистем показали величину пластичности морфотипа растения. Наличие указанных отклонений от нормального морфотипа может быть связано как с генотипической, так и модификационной изменчивостью.

Накопительные и поглотительные возможности мохового покрова в экосистемах реперных точек ОУХО – информативный признак общего состояния почвы и атмосферы в связи с поступлением поллютантов из различных источников. Валовое накопление элементов группы тяжёлых металлов исследовано на реперных участках для *Atrichum undulatum*, *Polytrichum commune*, *Sphagnum squarrosum*,

а также для смешанных образцов мохообразных: *Dicranum scoparium*, *Hylocomium splendens*, *Climacium dendroides*.

Наибольшее валовое содержание Sr, Pb, As, Ni, Cu зафиксировано в побегах *Sphagnum squarrosum*. Практически не содержится Cu в образцах *Atrichum undulatum*. Наибольшая валовая концентрация Zn зафиксирована в побегах *Atrichum undulatum*. Содержание Sr, Pb, Ni, Cu, Zn в наименьших концентрациях обнаружено в пробах *Polytrichum commune*. В побегах этого же мха концентрация Cr самая высокая. Превышение ОДК для As, Ni, Cu зафиксировано в побегах *Sphagnum squarrosum*, Zn – *Sphagnum squarrosum* и *Atrichum undulatum*. При удалении от ОУХО валовая концентрация элементов группы тяжёлых металлов в пробах мхов уменьшается. Исключение – концентрация Zn для *Polytrichum commune* (участок 88), Mn – для *Sphagnum squarrosum* (участки 27, 68). Ни в одном образце мохообразных Co, Ti и V не определено.

В смешанных образцах мохообразных валовая концентрация химических элементов уменьшается по мере удаления реперных участков от ОУХО. Валовое содержание Pb, Zn превышает ОДК для проб участков 1, 5. Валовая концентрация остальных элементов группы тяжёлых металлов в смешанных пробах мохообразных не превышает ОДК для всех лесных ценозов реперных участков. Для смешанных образцов, отобранных на участке 121, зафиксировано повышение валовой концентрации элементов группы тяжёлых металлов по сравнению с другими участками внешнего круга. Вероятно, это связано с местонахождением точки непосредственно около г. Почеп. Такие элементы, как Co, Ti и V, ни в одном образце не определены. При сравнительной характеристике валового содержания 12 элементов группы тяжёлых металлов в смешанных пробах и образцах зелёного и сфагнового мха выяснено, что выше концентрации всех тяжёлых металлов в образцах сфагнума оттопыренного и атрихума волнистого на участках 68, 27, в смешанных образцах – больше на участках 19 и 88, чем для зелёного и сфагнового мха.

Различия в концентрациях по As, Cu, Zn статистически достоверны ( $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$ ) для сфагнума оттопыренного и смешанных образцов мхов, отобранных на участке 68, для остальных элементов – недостоверны. Различия в валовом содержании Sr, Cu статистически достоверны на участке 19 для атрихума волнистого и смешанных образцов мхов, также на участке 19 для сфагнума оттопыренного и смешанных

образцов, для остальных элементов группы тяжёлых металлов – не достоверны ( $t_{\text{практ.}} < t_{\text{табл.}}$ ). На участке 88 статистически достоверны различия в валовых концентрациях Sr, Zn, Cu, Ni в побегах атрихума волнистого и смешанных проб мохообразных. Для остальных элементов в пробах мохообразных различия статистически недостоверны. В смешанных пробах мохообразных и образцах атрихума волнистого для участка 74 достоверны различия в концентрации Sr, Zn, Cu, для других элементов – различия недостоверны ( $t_{\text{практ.}} < t_{\text{табл.}}$ ). Валовые концентрации Sr, As, Cu, Ni, Fe в побегах сфагнума оттопыренного достоверно различаются с концентрациями в смешанных образцах мохообразных для участка 27.

Итак, смешанные образцы мохообразных информативны как индикаторы содержания Pb, Mn, Cr, *Atrichum undulatum*– Zn, *Sphagnum squarrosum*– Sr, As, Cu, Ni, Zn.

По итогам почвенно-альгологических исследований на ПП реперных участков различных зон ОУХО установлено, что выявленный видовой состав водорослей отражает фоновое состояние среды, а также полностью определяется естественными факторами биотопа растительных сообществ, почвы которых изымались на анализ. Численный видовой состав альгосинузий всех изученных реперных участков различается статистически недостоверно. Доминируют виды отделов *Cyanophyta*, *Chlorophyta*. Виды отдела *Xantophyta* рекомендованы как индикаторы малонарушенных лесных экосистем, а также естественных факторов биотопа экосистем. Доминантными и субдоминантными видами в почвенных образцах зарегистрированы *Pleurococcus vulgaris* (X-форма), субдоминантный – *Scenedesmus caudata* (X-форма), *Phormidium autumnale* (P-форма), *Pleurococcus vulgaris* и *Navicula mutica* (B-форма), *Chlorococcum* sp. (Ch-форма). На последних стадиях культивирования доминантными видами диагностировались виды рода *Nostoc*, *Cylindrospermum*.

Альгоиндикационная формула жизненных форм – показатель степени стрессового фактора нарушения экосистем, связанных прежде всего с механическими преобразованиями верхнего слоя почвы. Cl-формы и многочисленные X-формы неустойчивы против засухи, предпочитают теневые условия. Формы Ch характеризуют виды-убиквисты, которые первыми начинают заселять субстраты. Доминанты – виды C-формы, образуют обильную слизь, слизистые чехлы, обладают значительной водоудерживающей способно-

стью, препятствуют проникновению токсиантов. B-формы часто живут в выделяемой слизи других водорослей, P-формы – ксерофиты, заселяют голые участки почвы. Судя по видовому составу водорослей, биохимические процессы проходят интенсивно в местах с нарушенным почвенным покровом и могут диагностироваться как восстановительные.

Коэффициенты эколого-ценотической значимости, позволяющие выявить доминантные и субдоминантные виды, рекомендованы для количественной характеристики экологической роли видов альгофлоры. Как альготесты предлагается использовать доминанты и субдоминанты: *Cylindrospermum muscicola*, виды рода *Nostoc*, *Tribonema angustissimum*, *Pleurococcus vulgaris*, *Characiopsis minutissima*.

Анализ соотношения бесцветного и пигментированного мицелия почвенных грибов (микобиоты) на стёклах обрастания показал, что преобладает по длине (и общему процентному соотношению) бесцветный непигментированный мицелий. Преобладание бесцветного мицелия (98,5–99%) отмечено в пробах почв с участков 68, 32, 74, 29, 1–6. Преобладание бесцветного мицелия говорит об общем благополучии почв. В пробах почвы с 19 участка отмечено максимальное процентное содержание (2,6%) пигментированного мицелия. Различие в длине пигментированного и непигментированного мицелия статистически достоверно, что свидетельствует об отсутствии изменения общих свойств почв, диагностируемых микоиндикацией.

Длина хвои ели европейской соответствует норме в природных сообществах у всех проб листьев деревьев, изъятых для анализа. Длина листьев изменяется от  $13,21 \pm 0,9$  до  $15,76 \pm 1,2$  мм. Различия в длине модельных листьев ели из различных реперных точек статистически недостоверны.

Длина хвои ели европейской изменяется от  $2,31 \pm 0,2$  мм до  $3,98 \pm 0,4$ . Так как для Южного Нечерноземья России приводятся данные массы хвоинок в эталонных экосистемах в интервале от 2,75 до 3,1 г, следовательно, весовые характеристики хвои на реперных точках соответствуют условной норме. Диагностировано увеличение массы хвоинок до 3,99 г, оно наблюдается на участке 6, непосредственно прилегающем к зоне ОУХО.

На листьях ели зарегистрированы все виды точечных некрозов, преобладает верхушечный и срединный некроз. Этот тип некрозов свидетельствует об аэрозольном виде загрязнителей атмосферы, их непостоянном

поступлении на растительные объекты, а также о преобладании в составе поллютантов оксида серы (IV) и озона.

Число листьев с некрозами и их процентное отношение невелико: от 3,6% до 11% (на участке 6). Так как число некрозов не превышает 15% от общего числа исследованных листьев, состояние атмосферы благоприятное на всех участках.

Оценка состояния редких видов флоры на территории ОУХО – основа мониторинга общего антропогенного влияния на биосистемы в ходе строительства и эксплуатации опасного техногенного объекта. Диагностика популяции редких видов (региональная Красная книга) приведена на примере флоры. Дрок германский – *Genista germanica* L. Статус 3 R. Отмечено 1 местонахождение в сосняке горчичниковом на участке 30 в санитарно-защитной зоне (СЗЗ). Обнаружено 3 растения в генеративном состоянии.

Лилия саранка – *Lilium martagon* L. Статус 3 R. Спорадически встречается на территории реперных участков 29, 30 в СЗЗ ОУХО. В разнотравных дубравах *Lilium martagon* встречается в травяном покрове с общим проективным покрытием (ОПП) до 5%. На пробной площадке (ПП) в 4 м<sup>2</sup> в среднем зарегистрировано 3 вегетирующих растения и 7 – генеративных.

Венечник ветвистый – *Anthericum ramosum* L. – редкий вид без охранного статуса [24]. Растения создают аспект в сосняке разнотравном и осиннике разнотравном на участке 68. Сообщества сосняка с общей сомкнутостью 0,5 и подростом из *Frangula alnus* Mill., *Sorbus aucuparia* L. (сомкнутость – 0,3), в травяном ярусе доминирует *Vaccinium myrtillus* L. На ПП 2 м<sup>2</sup> зарегистрировано 44 особи. Соотношение особей венечника (в %) различных возрастных групп: im : v : g) составляет 5 : 20 : 45. В осиннике разнотравном сомкнутость крон древесного яруса – 0,6, подрост в основном сложен из *Swida sanguinea* (L.) Opiz и *Sorbus aucuparia* (сомкнутость – 0,3), в травяном ярусе преобладает *Chaerophyllum aromaticum* L. Соотношение особей венечника (в %) различных возрастных групп: im : v : g) составляет 3 : 25 : 30. На общей площади в 10 м обнаружено 97 особей вида.

Шпажник черепитчатый – *Gladiolus imbricatus* L. Статус 2 R. 18 особей зарегистрированы на опушке разнотравной термофильной дубравы в реперной точке 6. Абсолютное соотношение возрастных групп (im : v : g) – 4 : 6 : 8. Растения произрастают в сообществе с

*Phragmites australis* (Cav.) Trin.exSteud., *Poa palustris* L., *Myosoton aquaticum* (L.) Moench, *Vera trumlobelianum* Bernh.и *Cirsium heterophyllum* (L.) Hill. Пыльцеголовник длиннолистный – *Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch Статус 1 R. Обнаружено 1 растение в генеративном состоянии в 100 м (юго-запад) от реперной точки 6 в дубраве разнотравной.

Гвоздика пышная – *Dianthus superbus* L. Статус 3 R. Отмечены 2 куртины растений на окраине разнотравного сосняка в реперной точке 29 на территории СЗЗ. Общая площадь распространения – 4,5 м<sup>2</sup>, ОПП – 35%. Большая часть растений находится в генеративном возрастном состоянии.

Солнцецвет монетолистный – *Helianthemum nummularium* (L.) Mill. Статус 3 R. Обнаружен на участке 29 на территории СЗЗ в болотномятликовом сообществе. На площади в 2 м<sup>2</sup> солнцецвет доминирует во втором ярусе лугового ценоза, 50% растений находятся в генеративном состоянии.

Серпуха красильная – *Serratula tinctoria* L. – редкий вид без охранного статуса [24]. Встречается в травяном покрове сосняков горчичковых и разнотравных дубрав с общим проективным покрытием до 1 балла (реперные точки 30, 29 территории СЗЗ). На площади в 1 м<sup>2</sup> соотношение особей (в %) различных возрастных групп: j : im : v : g) составляет 2 : 2 : 10 : 50.

Итак, согласно установленным данным экологическое состояние компонентов природной среды на ОУХО относительно благоприятное и соответствует фоновому (условной норме). Установлены взаимосвязи между основными показателями, характеризующими эколого-биологическое, химическое состояние объектов экомониторинга и ведущими стрессорными факторами. Фоновое и текущее состояние природных экосистем (за четырёхлетний период), их компонентов по всем исследуемым параметрам, в целом характеризуется положительно, без изменений.

Выбор региональных объектов и критериев комплексного мониторинга, сравнительная характеристика показателей с фоновыми позволит осуществить достоверные исследования состояния природной среды и разработать систему принятия своевременных правильных решений по стабилизации и реабилитации компонентов сред обитания.

В качестве практических рекомендаций предлагаем:

1. Рекомендовать мохообразные к применению в фоновом мониторинге района ОУХО по отношению к Sr, Pb, Zn, Cu, Fe, Mn. Эле-

менты мохового покрова лесных экосистем использовать для фиторемедиации почв при возможных значительных загрязнениях отдельными видами трансграничных токсикантов.

2. Морфологические особенности ветвления *Hylocomium splendens* применять как информативный биоиндикационный признак для выявления стрессовых воздействий смешанного происхождения в районе опасных техногенных объектов.

3. Продолжить наблюдения за изменением индексов чистоты атмосферы и индексов полеотолерантности для лишенобиоты, диагностику состояния популяций редких видов.

## Литература

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

2. Ашихмина Т.Я., Домрачева Л.И., Домнина Е.А., Кантор Г.Я., Кочурова Т.И., Кондакова Л.В., Огородникова С.Ю., Олькова А.С., Панфилова И.В. Система биологического мониторинга компонентов природной среды в районе объекта хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский» Кировской области и др. // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 4. С. 32–38.

3. Конвенция о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении. М.: ОЗХО, 1996.

4. Вьюговский А.А. Оценка загрязнения территорий в местах уничтожения химического оружия методом лишеноиндикации: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Брянск, 2010. 19 с.

5. Иванов А.И. Использование живых организмов различных таксономических групп для биоиндикации состояния окружающей среды // Теоретическая и прикладная экология. 2007. № 2. С. 73–78.

6. Шляхтин Г.В., Завьялов Е.В., Перевозникова Т.В. Опыт эксплуатации системы биологического мониторинга на объектах по уничтожению химического оружия в Саратовской области // Известия Самарского научного центра РАН. Т. 1. № 9. 2007. С. 250–254.

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

8. Анищенко Л.Н. Биоиндикация состояния среды района опасных техногенных объектов (на примере ОУХО Брянской области) // Учёные записки Орловского государственного университета. Серия Есте-

ственные, технические и медицинские науки. 2012. № 6 (50). С. 364–369.

9. Шматова Л.М., Анищенко Л.Н., Самошкин Е.Н. Биоиндикационная оценка состояния компонентов среды вблизи объекта хранения химического оружия (ОХХО) // Лесной вестник. 2009. № 3 (66). С. 53–56.

10. Трасс Х.Х. Анализ лишенофлоры Эстонии: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Л.: БИН АН СССР, 1968. 80 с.

11. Трасс Х.Х. Классы полеотолерантности лишайников и экологический мониторинг // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л. 1985. Т. 7. С. 122–137.

12. De Sloover J., F. LeBlanc Mapping of atmospheric pollution on the basis of lichen sensitivity // Proc. Symp. Recent Advances in Tropical Ecology // Ed. by R. Misra. Varansi. R. Misra, B. Gopal eds. 1968. P. 42–56.

13. Анищенко Л.Н. Биоиндикация общего состояния атмосферы городской экосистемы (на примере г. Брянска) // Экология. 2009. № 4. С. 264–270.

14. Мартин Л., Трасс Х. Лишеноиндикационное картирование г. Таллинна // Лишеноиндикация состояния окружающей среды: Матер. Всесоюз. конф. Таллинн, 1978. С. 134–139.

15. Голлербах М.М., Штина Э.А. Почвенные водоросли. М.: Наука, 1969. 227 с.

16. Штина Э.А., Голлербах М.М. Экология почвенных водорослей. Л.: Наука, 1976. 163 с.

17. Кузнецов М. С. Методы изучения микроорганизмов. М.: Наука, 1989. 132 с.

18. Яковлева О.В., Бузников А.А., Паутов А.А. и др. Морфолого-анатомическая характеристика *Hylocomium splendens* (*Musci*) – индикатора загрязнения лесов Карельского перешейка // Ботан. журн. Т. 86. № 8. 2001. С. 52–62.

19. Лес. Человек. Чернобыль. Лесные экосистемы после аварии на Чернобыльской АЭС: состояние, прогноз, реакция населения, пути реабилитации / Под ред. В. А. Ипатьева. Гомель: Ин-т леса НАН Беларуси, 1999. 396 с.

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

21. Биоиндикация загрязнения наземных экосистем / Под ред. Р. Шуберга. М.: Мысль, 1988. 348 с.

22. Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии). М., 1988. 182 с.

23. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб: Мир и семья, 1995. 992 с.

24. Булохов А. Д., Величкин Э.М. Определитель растений Юго-Западного Нечерноземья России (Брянская, Калужская, Смоленская области). Брянск: Изд-во БГПУ, 1998. 380 с.