

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ И ВОЗДУХА НА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТАХ (НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТА ПО УТИЛИЗАЦИИ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ, БРЯНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Анищенко Л.Н.¹, Сквородникова Н.А.¹, Балясников И.А.², Рудакова Т.А.²

¹ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет им. акад. И.Г. Петровского», Брянск, Россия, e-mail: eco_egf@mail.ru

²ФБУ ГосНИИЭНП «Региональный центр государственного экологического контроля и мониторинга по Брянской области», Брянск, Россия, e-mail: rcgekim32@gmail.com

Представлены биомониторинговые данные санитарно-защитной зоны химически опасного техногенного объекта в Почепском районе Брянской области. Методами почвенной микробиологии, морфологическим методом описано состояние почв и воздуха. Микоиндикационные исследования выявили преобладание бесцветного мицелия, что свидетельствует о благополучии почв по общему химическому загрязнению. Различие в длине пигментированного и непигментированного мицелия почвенных образцов за два года исследований статистически достоверно, что свидетельствует об отсутствии изменения общих свойств почв, диагностируемых микоиндикацией. Показатели по общему числу микроорганизмов и КОЕ выше в почвах лесных экосистем реперных точек химически опасного техногенного объекта по сравнению с луговыми точками пробоотбора. Общая численность микроорганизмов и КОЕ соответствует условным нормам. Целлюлозоразрушающая активность микроорганизмов почв также высока, что свидетельствует о благоприятном состоянии почвенной микробиоты и высоком потенциале почв к самоочищению и хорошим предпосылках к организации рекультиваций территории в будущем. Представлена карта некрозов сосны лесной и дан анализ общему состоянию воздуха с использованием ели европейской. Морфологическая биоиндикация и графическое отображение её результатов позволяет диагностировать благоприятное состояние воздуха и определить стрессовые факторы.

Ключевые слова: химически опасные техногенные объекты, биомониторинг, биоиндикация, Брянская область.

BIOLOGICAL DIAGNOSTICS OF THE AIR AND SOIL TO CHEMICALLY DANGEROUS MAN-MADE OBJECTS (FOR EXAMPLE, THE OBJECT FOR DISPOSAL OF CHEMICAL WEAPONS, BRYANSK REGION)

Anishchenko L.N.¹, Skovorodnikova N.A.¹, Balyasnikov I.A.², Rudakova T.A.²

¹Bryansk State Academician I. G. Petrovsky University, Bryansk, Russia e-mail: eco_egf@mail.ru

²ФБУ GosNIAS "Regional center of state environmental control and monitoring in the Bryansk region, Bryansk, Russia, e-mail: rcgekim32@gmail.com

Presents potential for biomarker data of the sanitary protection zone of chemically dangerous object in Pochep district of the Bryansk region. Methods of soil microbiology, morphological method described soil and air. Mycondition studies have found the prevalence of colorless mycelium, which indicates the stability of the soil by the general chemical pollution. The difference in the length of pigmented and non-pigmented mycelium soil samples for two years of studies statistically significant, indicating the absence of changes in total soil properties, diagnosed by nikonidigital. The overall number of microorganisms and KOE higher in soils of forest ecosystems reference points chemically hazardous man-made object in comparison with the meadow of the sampling locations. The total number of microorganisms and KOE meets conventional standards. Cellulosebased microbial activity of soils is also high, which indicates a favorable condition of the soil microbiota and high potential soil purification and good preconditions for the organization of rekultivace site in the future. Presents a map necrosis pine forest and the analysis of the general state of the air using norway spruce. Morphological bioindication and graphical display of the results allows to diagnose the favorable condition of the air and to determine stress factors.

Keywords: chemically hazardous industrial objects, biomonitoring, bioindication, Bryansk region.

На химически опасных техногенных объектах обязательна к реализации многоуровневая система экомониторинга, включающая и блок биомониторинга, данные которого могут использоваться для последующей ремедиации и рекультивации санитарно-

защитных зон [2]. Конвенция о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и его уничтожении ратифицирована Российской Федерацией в 1997 г., в рамках которой был создан объект по хранению химического оружия и объект по утилизации химического оружия (ОУХО) в Почепском районе Брянской области. В местах расположения объектов по хранению и утилизации химического оружия в Кировской, Курганской, Пензенской, Саратовской областях, Удмуртской Республике налажен фоновый и текущий мониторинг за состоянием экосистем в целях обеспечения экологической безопасности [2].

В основу биомониторинга химически опасного техногенного объекта в Почепском районе (объект 1204) положен комплексный системный подход, ориентированный на выявление ведущих и сопутствующих экологических факторов в зоне влияния ОУХО, диагностику состояния биоты и в целом природных комплексов, определение биологических критериев качеств окружающей среды в районе влияния объекта, разработку реабилитационных мероприятий и биологических показателей ее эффективности [1]. Мико-, фитоиндикационные и химические данные по содержанию элементов группы тяжелых металлов (ТМ) в биоте – информативные показатели, удобные для обработки, анализа и представления биодиагностических данных.

Цель работы – обобщить результаты биоиндикации в блоке биомониторинговых работ по оценке состояния почв, воздуха на ОУХО в Брянской области.

Материалы и методики исследований

При раскрытии цели исследования были использованы: флористические, лабораторно-химические и статистические методы. Исследования велись маршрутным методом. Отбор почвенных образцов для проведения химического и микробиологического (с глубины 0-5 см) анализов осуществлялся согласно требованиям ГОСТ 17.4.3.01-83 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб» и ГОСТ 17.4.4.02-84 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа» [4; 5]. Микоиндикационные исследования проводили на стеклах обрастания. На каждом стекле обрастания просматривали 5 трансект, определяли тип мицелия: окрашенный (пигментированный), не окрашенный (не пигментированный). Вычисляли длину грибного мицелия в каждом из полей зрения с применением окуляр-микрометра [6]. Определение целлюлозолитической способности почв, дающей ценную информацию о превращении лабильной фракции органического вещества, круговороте углерода, устанавливали методом аппликации [3; 7]. Общее число бактерий в почве учитывали прямым счетом на фиксированных окрашенных мазках (метод Виноградского-Брида) [10]. При культивировании проб почв в чашках Петри подсчитывали общее число

колоний, учитывая степень разведения почвенной суспензии, результат выражали числом колониеобразующих единиц (КОЕ в 1 г почвы) [6; 8]. Общее состояние атмосферы определяли по хвойным видам [2].

Результаты исследования и обсуждение

Проведение микоиндикационных исследований на тех же точках за два года показало следующее (табл. 1).

Таблица 1

Показатели состояния мицелия микроскопических грибов в пробах почв различных участков

Реперная точка	2013 г.		2014 г.		Примечание
	Длина бесцветного мицелия мкм/ % типа мицелия	Длина пигментированного мицелия мкм / % типа мицелия	Длина бесцветного мицелия мкм/ % мицелия	Длина пигментированного мицелия мкм / % типа мицелия	
1	60,1±3,4 / 98,1	4,9±0,3 / 1,9	68,8±2,4 / 98,9	4,5±0,3 / 1,1	Уменьшилось количество пигментированного мицелия
2	54,3±2,6 / 96,6	5,6±0,3 / 3,4	55,0±2,6 / 97,0	4,0±0,3 / 3,0	Уменьшилось количество пигментированного мицелия
5	78,4±3,1 / 99,3	3,3±0,3 / 0,7	78,0±3,8 / 98,5	5,9±0,7 / 1,5	Незначительно увеличилось количество пигментированного мицелия
6	79,5±3,4 / 98,6	6,0±0,3 / 1,4	80,0±3,4 / 98,0	6,0±0,8 / 2,0	Незначительно увеличилось количество пигментированного мицелия
19	83,4±3,6 / 97,4	5,0±0,3 / 2,6	88,5±7,0 / 97,0	4,1±0,3 / 3,0	Уменьшилось количество пигментированного мицелия
27	72,6±3,3 / 98,5	5,0±0,3 / 1,5	78,9±6,8 / 99,0	4,0±0,5 / 1,0	Уменьшилось количество пигментированного мицелия
29	76,9±2,8 / 98,7	5,5±0,3 / 1,3	77,0±2,1 / 98,5	5,5±0,3 / 1,5	Длина мицелия двух типов осталось неизменной
30	77,2±3,2 / 98	5,0±0,3 / 2,0	80,0±5,7 / 98,5	5,5±0,3 / 1,5	Незначительно уменьшилось количество пигментированного мицелия

					мицелия
32	67,3±2,8 / 99,0	1,5 ±0,2 / 1,0	75,3±6,3 / 99,0	3,4 ±0,7 / 1,0	Уменьшилось количество пигментированного мицелия
68	68,4±326 / 98,7	2,8±0,3 / 1,3	68,0±5,5 / 99,0	3,0±0,3 / 1,0	Длина мицелия двух типов осталось неизменной
74	78,9±2,9 / 98,6	4,6 ±0,3 / 1,4	75,3±5,4 / 98,0	4,9 ±0,3 / 2,0	Незначительно уменьшилось количество непигментированного мицелия

Анализ соотношения бесцветного и пигментированного мицелия за двухлетний период на стеклах обрастания показал, что преобладает по длине (и общему процентному соотношению) бесцветный непигментированный мицелий. Преобладание бесцветного мицелия (98,5-99%) отмечено в пробах почв точек 68, 32, 74, 29, 1-6, что говорит об общем благополучии почв по общему химическому загрязнению. В пробах точки б максимальное процентное содержание (6,0%) пигментированного мицелия. Различие в длине пигментированного и непигментированного мицелия статистически достоверно, что свидетельствует об отсутствии изменения общих свойств почв, диагностируемых микоиндикацией. Уменьшение количества пигментированного мицелия за 2013-2014 гг. статистически недостоверно.

На объекте 1204 начато развитие диагностики общего состояния почв с использованием микроорганизмов (бактериальной флоры и фауны). Микроорганизмы являются чрезвычайно важным фактором формирования плодородия почвы, а также базой для оценки процессов самоочищения и разработки рекультивационных мероприятий. Наличие в грунтовых экосистемах самых разнообразных групп микроорганизмов, которые отличаются по биологической и биохимической специфичности, имеет огромное значение в процессах, происходящих в почве. Количественный состав и соотношение отдельных представителей в микробном ценозе почвы значительно зависит от поступления в почву растительных остатков, которые в первую очередь трансформируются под влиянием неспоровых бактерий и микроскопических грибов, а на поздних стадиях этого процесса - бацилл и актиномицетов. Микроорганизмы, «питающиеся различными органическими веществами и активность которых связана с поступлением этих веществ в почву», С.М. Виноградский назвал зимогенной микрофлорой, тогда как микроорганизмы, разлагающие гумусовые соединения, он отнес к автохтонной микрофлоре. Значительное влияние на распространение в почве тех или иных групп микроорганизмов вызывают корневые

выделения растений. Согласно имеющимся данным корневые выделения составляют около 20% от общего количества продуктов фотосинтеза растений.

В таблице 2 представлены результаты определения общей численности микроорганизмов в почве, численности автохтонных микроорганизмов, целлюлозоразрушающая активность почвенной микрофлоры.

Таблица 2

Разнообразие и характеристика почвенных микроорганизмов
в пробах почвы реперных точек (2014 г.)

Реперная точка	Тип почвы	pH среды	Численность бактерий (кл/г сухой почвы) / КОЕ	Целлюлозоразрушающая активность микроорганизмов (в %)
2	среднедерновая слабоподзолистая со следами оглеения связнопесчаная на двучленных отложениях легкой покровной супеси и древнеаллювиальных песках	6,3	$299,7 \times 10^6 / 198,0 \times 10^5$	87,0
27	слабодерновая слабоподзолистая супесчаная на легкой покровной супеси с гнездами и прослойками красно-бурой опесчаненной морены	6,7	$433,0 \times 10^6 / 188,0 \times 10^5$	90,5
5	слабодерновая слабоподзолистая супесчаная на двучленных отложениях легкой покровной супеси и красно-бурой суглинистой морены	6,2	$588,0 \times 10^6 / 194,0 \times 10^5$	95,7
74	среднедерновая слабоподзолистая супесчаная на легкой покровной супеси с гнездами и прослойками красно-бурой опесчаненной морены	6,5	$264,0 \times 10^6 / 185,0 \times 10^5$	97,8
29	слабодерновая слабоподзолистая супесчаная на легкой покровной супеси с гнездами красно-бурой опесчаненной морены	6,3	$303,0 \times 10^6 / 201,0 \times 10^5$	97,4
19	среднедерновая слабоподзолистая супесчаная на двучленных отложениях покровной супеси и опесчаненной красно-бурой морены	6,2	$278,0 \times 10^6 / 182,0 \times 10^5$	97,9
50	среднедерновая слабоподзолистая супесчаная на двучленных отложениях покровной супеси и опесчаненной красно-бурой морены	6,7	$1234,0 \times 10^6 / 180,0 \times 10^5$	94,0
68	торфяно-перегнойно-глеевая суглинистая на переотложенном элювии глинистой опоки	5,8	$235,0 \times 10^6 / 179,0 \times 10^5$	96,0
34	перегнойно-глеевая суглинистая на переотложенном элювии глинистой опоки	5,9	$222,0 \times 10^6 / 175,0 \times 10^5$	90,0

121	темноцветная глееватая суглинистая на переотложенном элювии глинистой опоки	5,7	$211,4 \times 10^6 / 71,2 \times 10^5$	83,0
-----	---	-----	--	------

Общая численность бактерий в почве зависит от типа почвы (соответственно от типа растительных сообществ, под которыми формируются почвы). Показатели по общему числу микроорганизмов и КОЕ выше в почвах лесных экосистем реперных точек ОУХО по сравнению с луговыми. Общая численность микроорганизмов и КОЕ соответствует условным нормам [9]. Целлюлозоразрушающая активность микроорганизмов почв также высока, что свидетельствует о благоприятном состоянии почвенной микробиоты и высоком потенциале почв к самоочищению.

Биодиагностика состояния воздуха и по реакции растений семейства хвойные дала достоверные надёжные биомониторинговые результаты. Показатели рассчитывались в весенний период по различным параметрам листьев ели европейской (по листьям второго года жизни), сосны лесной. Данные отражены в табл. 3.

Таблица 3

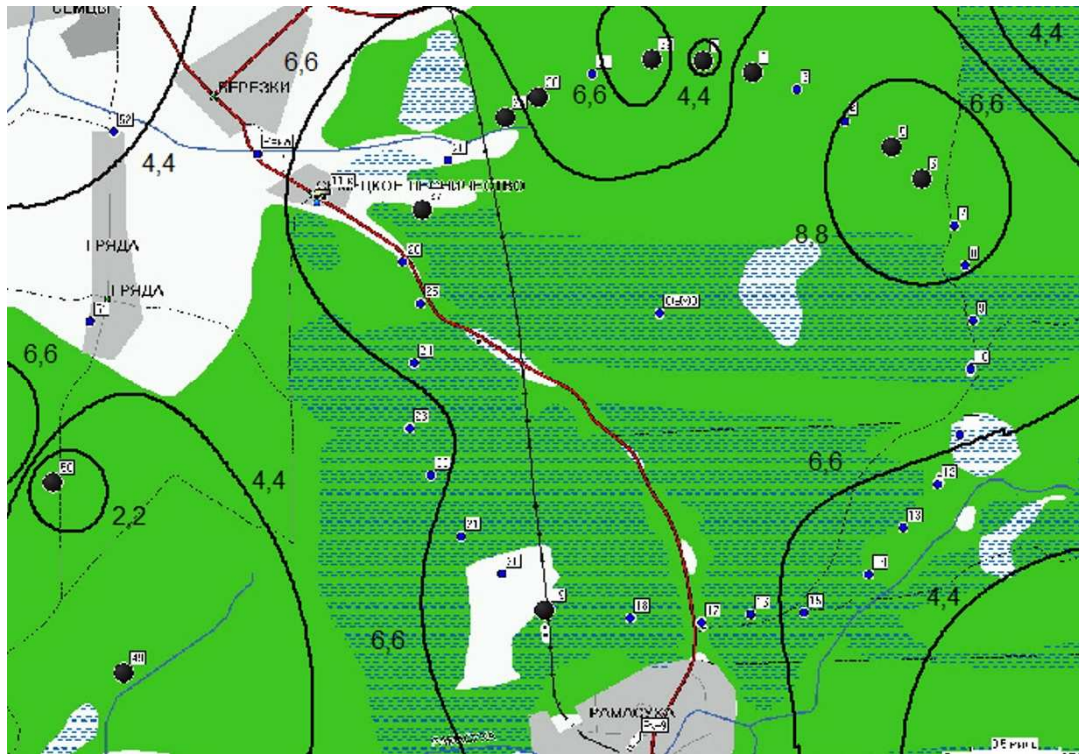
Морфологические параметры растений семейства хвойные в реперных точках объекта

№ реперной точки	2013 г.			2014 г.		Примечание
	Некрозы сосны лесной (%)	Длина хвои ели европейской (мм)	Масса 1000 хвоинок ели европейской (г)	Некрозы сосны лесной (%)		
1	3,6 (серодинный и верхушечный)	14,10±0,7	2,47±0,2	5,5 (серодинный и верхушечный)	Процент некрозов увеличился	
2	8,0 (серодинный и верхушечный некроз)	15,48±0,9	2,31±0,2	10,1 (серодинный и верхушечный некроз)	Процент некрозов увеличился	
5	10,0 (верхушечный некроз)	15,76±1,2	2,83±0,2	12,3 (верхушечный некроз)	Процент некрозов увеличился	
6	11,0 (серодинный и верхушечный некроз)	15,40±1,1	3,98±0,4	14,0 (серодинный и верхушечный некроз)	Процент некрозов увеличился	
19	8 (серодинный и верхушечный некроз)	14,39±0,45	2,81±0,2	7,9 (серодинный и верхушечный некроз)	Процент некрозов не изменился	
27	8,4 (серодинный некроз)	13,70± 0,6	2,5±0,2	10,3 (серодинный некроз)	Процент некрозов увеличился	
29	8,0 (верхушечный некроз)	13,84±0,8	2,63±0,2	13,6 (верхушечный некроз)	Процент некрозов увеличился	
30	5,0 (серодинный некроз)	14,3±0,9	2,96±0,2	9,5 (серодинный некроз)	Процент некрозов увеличился	

32	7,6 (серединный некроз)	13,67±1,2	2,83±0,2	10,4 (серединный некроз)	Процент некрозов увеличился
68	7,9 (серединный некроз, у основания хвои)	13,21±0,9	3,11±0,6	12,3 (серединный некроз, у основания хвои)	Процент некрозов увеличился
74	10,4 (верхушечный некроз)	14,06 ±0,67	2,49±0,2	12,3 (верхушечный некроз)	Процент некрозов увеличился

Длина хвои ели европейской соответствует норме в природных сообществах у всех проб листьев деревьев, изъятых для анализа. Длина листьев изменяется от 13,21±0,9 до 15,76±1,2 мм. Различия в длине модельных листьев ели из различных реперных точек статистически недостоверны. Длина хвои ели европейской изменяется от 2,31±0,2 мм (точка 2) до 3,98±0,4 (точка 6). 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. Диагностированное увеличение массы хвоинок до 3,99 г наблюдается в точке 6, непосредственно прилегающей к промзоне ОУХО. Повторный анализ этих показателей для 2014 г. не проводился. На листьях ели зарегистрированы все виды точечных некрозов, преобладает верхушечный и серединный 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 и их процентное отношение некрозами невелико: от 3,6 до 11% (в точке 6). Так как число некрозов не превышает 15 % от общего числа исследованных листьев, следовательно, состояние атмосферы благоприятное во всех точках (рисунок).

За период наблюдений 2014 г. на всех точках и пробных площадках зарегистрировано увеличение числа листьев с некрозами. Однако такое увеличение статистически недостоверно. В точке 68 процент некрозов на листьях увеличился достоверно значимо. Вероятно, это объясняется движением воздушных масс, несущих загрязнители с прилегающих местностей, и розой ветров, характерной для исследуемого района.



Зоны по общему состоянию воздуха, выделенные на основании процентных значений некрозов на листьях сосны лесной

Заключение

Биодиагностика состояния почвы и воздуха методами почвенной микробиологии и морфологической индикации дала достоверные надёжные биомониторинговые результаты, включённые в систему экомониторинга химически опасного техногенного объекта в Почепском районе Брянской области. Микоиндикационные исследования выявили преобладание бесцветного мицелия, что свидетельствует о благополучии почв по общему химическому загрязнению. Различие в длине пигментированного и непигментированного мицелия почвенных образцов за два года исследований статистически достоверно, что свидетельствует об отсутствии изменения общих свойств почв, диагностируемых микоиндикацией. Показатели по общему числу микроорганизмов и КОЕ выше в почвах лесных экосистем реперных точек химически опасного техногенного объекта по сравнению с луговыми точками пробоотбора. Целлюлозоразрушающая активность микроорганизмов почв также высока, что свидетельствует о благоприятном состоянии почвенной микробиоты и высоком потенциале почв к самоочищению и хороших предпосылках к организации рекультиваций территории в будущем. Морфологическая биоиндикация и графическое отображение её результатов позволяют диагностировать благоприятное состояние воздуха и определить стрессовые факторы. Общее состояние воздуха района ОУХО относительно благоприятное. Установленные типы некрозов листьев хвойных как биоиндикаторов

свидетельствуют об аэрозольном виде загрязнителей атмосферы, представленных оксидом серы (IV) и озоном.

Список литературы

1. Анищенко Л.Н., Балясников И.А., Рудакова Т.А. Блок биомониторинга в экоаналитическом контроле химически опасных техногенных систем (на примере объекта по утилизации химического оружия 1204, Брянская область) // Теоретическая и прикладная экология. – 2013. – № 3. – С. 40-46.
2. Ашихмина Т.Я. Комплексный экологический мониторинг объектов хранения и уничтожения химического оружия. – Киров : Вятка, 2002. – 544 с.
3. Гельцер Ю.Г. Биологическая диагностика почв. – М. : Изд-во МГУ, 1986. – 79 с.
4. ГОСТ 17.4.3.01-83. Общие требования к отбору проб почвы.
5. ГОСТ 17.4.4.02-84. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.
6. Звягинцев Д.Г. Микроорганизмы и почва. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1987. – С. 21-22.
7. Методы почвенной микробиологии и биохимии. – М. : Изд-во МГУ, 1991. – 302 с.
8. Методы микробиологического контроля почвы. Методические рекомендации : утв. главным государственным санитарным врачом РФ 24.12.2004.
9. Нетрусов А.И., Бонч-Осмоловская Е., Горленко В.М., Иванов М.В. и др. Экология микроорганизмов. – М. : Издат. центр «Академия», 2004. – 272 с.
10. Практикум по микробиологии / под ред. Н.С. Егорова. – М. : МГУ, 1976. – 307 с.

Рецензенты:

Булохов А.Д., д.б.н., профессор, зав. кафедрой биологии ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет им. акад. И.Г. Петровского», г. Брянск;

Сычёв С.М., д.с.-х.н., профессор кафедры луговодства, селекции, семеноводства и плодовоовощеводства ФГБОУ ВПО «Брянский государственный аграрный университет», Брянская обл., п. Кокино.