

Правительство Кировской области
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»
Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН
Научный совет РАН по лесу
ООО «Нолинская лесопромышленная компания»
ООО «Сорвижи-лес»

**СОХРАНЕНИЕ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ:
ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

**Материалы II Международной научно-практической конференции
27–31 мая 2019 г.**

Киров
2019

УДК 630*1(082)
С 689

II Международная научно-практическая конференция «Сохранение лесных экосистем: проблемы и пути их решения» проводится в рамках Программы развития ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»

Печатается по рекомендации Научного совета ВятГУ

Ответственный редактор:

Н.П. Савиных, д-р биол. наук, профессор, руководитель центра компетенций «Использование биологических ресурсов» Вятского государственного университета

Редакционная коллегия:

Е.А. Домнина, доцент, с. н. с., канд. биол. наук; **И.А. Коновалова**, н. с.; **Е.В. Лелекова**, с. н. с., канд. биол. наук; **О.Н. Пересторонина**, доцент, с. н. с., канд. биол. наук; **С.В. Шабалкина**, с. н. с., канд. биол. наук; **М.Н. Шаклеина**, магистр биол. наук

С 689 Сохранение лесных экосистем: проблемы и пути их решения : материалы II Международной научно-практической конференции (г. Киров, 27–31 мая 2019 г.). – Киров : ВятГУ, 2019. – 377 с.

©ISBN 978-5-98228-196-8

В сборник материалов II Международной научно-практической конференции «Сохранение лесных экосистем: проблемы и пути их решения» вошли результаты исследований целостных лесных экосистем и их компонентов. Особое внимание уделено освещению методов и подходов к оценке состояния биоразнообразия экосистем на разных уровнях организации.

Значительное место в сборнике занимают материалы, посвященные применению популяционно-онтогенетического и биоморфологического подходов при разработке мер по сохранению растений и их сообществ в лесных экосистемах.

Сборник материалов конференции предназначен для научных работников, преподавателей, специалистов природоохранных и лесохозяйственных служб и ведомств, аспирантов, студентов высших учебных заведений.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

Конференция проводится в рамках Программы развития ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»

Благодарим руководство ООО «Нолинская лесопромышленная компания» и ООО «Сорвижи-лес» за партнерство и сотрудничество.

УДК 630*1(082)

ISBN 978-5-98228-196-8

© ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»
(ВятГУ), 2019

БИОИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ЛЕСНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ ЦЕМЕНТНОЙ ПЫЛЬЮ

*А.П. Яковлев, П.Н. Белый, А.М. Николайчук,
Г.И. Булавко, М.Н. Вашкевич, С.П. Антохина*
Государственное научное учреждение «Центральный
ботанический сад НАН Беларуси», г. Минск
E-mail: A.Yakovlev@cbg.org.by

BIOINDICATION OF POLLUTION BY CEMENT DUST FOR FOREST PHYTOCENOSSES

*A.P. Yakovlev, P.N. Belyy, A.M. Nikolaichuk,
G.I. Bulavko, M.N. Vashkevich, S.P. Antokhina*
Central Botanical Garden of NAS of Belarus, Minsk
E-mail: A.Yakovlev@cbg.org.by

Abstract. Are offered bioindicator diagnostic (a state of epiphytic flora, a debris layer, live ground cover) and characterising (level pH a soil substratum, the content Ca^{2+} in soil, a bark and assimilating members of plants, the characteristics of a pigmental complex of needle and leaves of arbours and bushes, anatomical, morphological, physiologic and biochemical characteristics of a current increment and assimilating members, a sanitary state of a stand of trees) for an assessment of a state of wood phytocenoses in a catchment area of the enterprise for cement effecting.

Видимые повреждения растительности продуктами промышленных эмиссий выявляются, главным образом, только в непосредственной близости от источника загрязнения. Под влиянием выбросов цементных заводов изменения визуально наблюдаемые в сообществах: некрозы листьев, отмирание ветвей, встречаются на расстоянии не более 2 км от источника загрязнения в направлении господствующих ветров. При этом данные химического анализа свидетельствуют о наличии отдельных ингредиентов выбросов на расстоянии до 10–13 км от источника [1, 2].

Как известно, длительное воздействие низких концентраций загрязняющих веществ может вызвать функциональные изменения жизнедеятельности растений на молекулярном и клеточном уровнях. Вследствие этого уменьшаются их жизнеспособность и рост, подавляется конкурентная способность и возрастает восприимчивость к болезням [3, 4]. В конечном счете наносится ущерб как естественным экосистемам, так и сельскому хозяйству.

При установлении степени нарушений в экосистемах большое значение имеет метод биоиндикации, который основывается именно на том, что отдельным видам растений свойственна определенная реакция на тот или иной вид загрязнения. В качестве признаков разных изменений могут служить как патологическое состояние растения, так и встречаемость, жизнеспособность,

аккумуляция в нем определенных веществ. Наблюдаемые в индикаторных растениях изменения могут указывать на характер и степень эмиссии. По их реакции можно судить о существующей угрозе и для других организмов. Воздействие индустриальной эмиссии, таким образом, может быть определено по характеру реакции биологических объектов. Фитоиндикаторы не могут заменить физико-химические анализы. Но и они, в свою очередь, не дают тех сведений, которые можно получить с помощью фитоиндикаторов [5].

Большое значение имеет выявление «идеальных» фитоиндикаторов, которые реагировали бы на возможно более широкий спектр вредных веществ. Такой индикатор должен быть чувствительным к воздействию изучаемой эмиссии, но не терять при этом способности к размножению. Индикатор должен иметь обширную экологическую амплитуду, большую встречаемость и обширный ареал, но незначительную физиологическую и систематическую вариабельность.

Нами была предпринята попытка выяснить действие продуктов эмиссии цементного завода по ответной реакции различных структурных компонентов хвойных фитоценозов, расположенных вокруг одного из крупнейших промышленных предприятий в Беларуси – ОАО «Красносельскстройматериалы» (Гродненская область, Воложинский район).

Для выяснения изменений, происходящих в природных сообществах под влиянием длительной эмиссии кальцийсодержащей пыли, проводилась лесотаксационная и флористическая характеристика пробных площадей лесных фитоценозов на различных расстояниях от цементного производства. Получены данные о влиянии карбонатной пыли на почвенную микрофлору, ценозы мхов и лишайников, анатомо-морфологические и физиологические характеристики ассимилирующих органов.

Установлено, что в зоне наиболее сильного известкового загрязнения подстилка более мощная. Именно там образовался новый карбонатно-техногенный горизонт серой окраски, под которым погребен прежний гумусовый слой. Окраска всего профиля почвы сменилась на серые тона, что свидетельствует о восстановлении в щелочной среде окисного железа и вымывании органических веществ. Субстрат на удалении от КСМ до 3 км – уплотненный, с большим содержанием различных включений техногенного происхождения, в том числе высокой степенью запыленности.

На контрольной ПП-9 (в границах Беловежской пуши) показатели кислотности солевой и водной вытяжки почвенного раствора оказались соответственно в 1,4–1,6 и в 1,3–1,5 раз меньше, чем на ПП 2–5, находящихся в непосредственной близости от предприятия, производящего цемент. Содержание же окислов кальция и натрия в почве в условиях чистой зоны было меньшим на 150–300%, что свидетельствует об увеличении уровня щелочной нагрузки на лесные почвы в зависимости от удаленности источника загрязнения.

Показатели числа и активности почвенных микроорганизмов позволяют говорить о нарушении процессов биологического круговорота и снижении устойчивости экосистем под влиянием выбросов цементного завода. В верх-

них слоях почвы, где наиболее активно происходят почвенно-биологические процессы, такие как разложение органического вещества, вовлечение атмосферного азота в биологический круговорот, снижается масса микроорганизмов, выполняющих биологические процессы и их активность в 2–2,7 раза.

Лихенофлора, на которую выбросы известковой пыли повлияли крайне негативно, представлена на объектах исследования 38 видами; из них 10 видов встречается на расстоянии 1500 м от источника загрязнения, а на фоновом участке – 21 вид. Лишайники начинают увеличивать свое присутствие лишь с расстояния 1750–2000 м от источника загрязнения. Устойчивыми к загрязнению являются *Lecanora hagenii*, *Verrucaria* sp. и *Gyalecta* sp. Лишайники рода *Verrucaria* sp. и *Gyalecta* sp., которые являются эпилитами и кальцефилами, не формируют в данных условиях характерный для них таллом и не имеют развитых спор в плодовых телах. Причина этого явления связана с тем, что покрытая известью кора постоянно осыпается, не позволяя лишайникам развиваться в той степени, как это они делают на камнях. В условиях длительного известкового загрязнения среды вместо исчезнувших эпифитных лишайников на стволах деревьев сосны появляется водоросль *Trentepohlia* sp., которая образует на коре обильные порошковатые скопления кирпично-красного цвета, а на почве, органо-минеральном горизонте и валеже – колонии цианобактерий *Nostoc* sp.

Данные по видовому разнообразию лишенофлоры на пробных площадях вокруг ОАО «Красносельскстройматериалы» представлены в таблице 1. Относительно высокое количество видов на ПП-5, расположенной в непосредственной близости от завода, обусловлено произрастанием устойчивых к загрязнению нитрофильных видов (*Candelariella xanthostigma* (Ach.) Lettau, *Phaeophyscia orbicularis* (Necker) Moberg, *Physcia adscendens* (Fr.) H. Olivier, *Physcia tenella* (Scop.) DC., *Physconia grisea* (Lam.) Poelt и *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr.).

Таблица 1

**Количественная характеристика видового разнообразия
лихенофлоры на полевых стационарах в зоне влияния
ОАО «Красносельскстройматериалы»**

№ ПП	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Число видов	8	5	6	5	6	12	7	4	13
Накипных	7	4	1	5	1	3	4	2	2
Листоватых	1	1	5	–	5	7	1	1	4
Кустистых	–	–	–	–	–	2	2	1	7

Анализ материалов полевых исследований показал, что выбросы известковой пыли привели к снижению проективного покрытия мхов, но в целом положительно повлияли на их видовое богатство, которое увеличилось с 11 видов на фоновом участке до 16–20. Особенно возросло число представителей прикомлевой и эпифитной бриофлоры в примыкающей к заводу зоне. Избыток загрязнителя или полное отсутствие его на фоновом участке резко снижают значения видового богатства и видовой насыщенности мхов.

Аэротехногенное загрязнение цементной пылью также оказывает в основном негативное влияние на травяной покров, что выражается в снижении проективного покрытия, обеднении видового состава, уменьшении разнообразия жизненных форм и выпадении бобовых в импактной зоне. При высоком уровне загрязнения происходит замещение лесных видов травостоя луговыми растениями и эксплерентами [2]. В зоне воздействия аэральных выбросов цементного завода происходят существенные изменения структуры живого напочвенного покрова соснового биогеоценоза, однако известковое загрязнение не влияет в целом негативно на биологическое разнообразие фитоценозов. Наоборот, оно способствует появлению и развитию ряда видов, в большинстве относящихся к сорным (табл. 2). При этом встречаемость видов и их проективное покрытие на ПП вблизи предприятия значительно (в 1,8–2,5 раза) уступают аналогичным характеристикам в контрольном варианте, а общность видового состава трав на них не достигает даже 30%.

Таблица 2

Видовое разнообразие, проективное покрытие живого напочвенного покрова при различной степени воздействия цементной пыли

Степень воздействия, номер пробной площади	Количество видов на ПП, шт.	Встречаемость видов, %	Проективное покрытие, %	Коэффициент общности видового состава с контролем, %
Сильная (ПП-2-5)	24,3	25,8	33,6	29,7
Средняя (ПП-1, ПП-6-8)	20,7	36,4	57,2	64,5
Контроль (ПП-9)	10,0	45,6	85,9	100,0

Действие промышленных поллютантов отрицательно сказывается, прежде всего, на состоянии ассимиляционного аппарата деревьев. В результате осаждения на листовой поверхности цементной пыли и смачивания ее осадками происходит образование твердой корочки, которая ухудшает гидротермический и световой режим листа, препятствует его росту, вызывает ожоги покровных тканей. У липы, березы, клена и дуба проявлялась «классическая» ответная реакция, выражающаяся в увеличении значений плотности устьиц в условиях атмосферного загрязнения. Данная особенность, очевидно, обусловлена тем, что при повышении уровня загрязнения происходит нарушение процесса газообмена листьев с окружающей средой. Увеличение же количества устьиц на единицу площади может служить дополнительным средством улучшения регулирования интенсивности газообмена в условиях техногенеза.

По итогам выполненных исследований, *Betula pendula* и *Quercus robur* являются более устойчивыми видами по сравнению с *Tilia cordata* и *Acer platanoides* к неблагоприятному воздействию кальцийсодержащей пыли цементного производства, проявляющегося в приобретении ксероморфных черт

– утолщению листовой пластинки за счет увеличения высоты клеток эпидермиса и мезофилла, увеличении линейных размеров и объема клеток столбчатой и губчатой ткани.

Воздействие техногенных поллютантов вызывает также нарушение содержания и соотношения пулов фотосинтетических пигментов, которые наиболее ярко выражены у газочувствительных видов. Наибольшее число пигментов было выявлено у клена остролистного и дуба черешчатого на протяжении всех периодов исследования. Наименьшее число – у липы мелколистной и тополя бальзамического.

У хвойных древесных растений отмечается увеличение суммы пигментов по мере старения хвои. У сосны обыкновенной в 2018 г. содержание пигментов на пробных площадках в окрестностях предприятий было выше, чем в контроле, что, вероятно, говорит о более высокой устойчивости сосны обыкновенной в условиях загрязнения воздуха выбросами цементных производств.

Отметим, что количество пигментов, как у хвойных, так и у лиственных древесных растений увеличивается при удалении от предприятий по производству цемента, и достигает максимальных значений в контрольной зоне.

На основании проведенных исследований можно заключить, что изученные показатели отражают реакцию лесных фитоценозов на степень загрязнения окружающей среды в условиях щелочного загрязнения и их можно рекомендовать, как для оценки состояния лесных сообществ, примыкающих к источникам загрязнения, так и защитных зеленых насаждений (в системе мониторинга урбоэкосистем).

Библиографический список

1. Черненко Т.В. Реакция лесной растительности на промышленное загрязнение. М.: Наука, 2002. 189 с.
2. Шелуха В.П. Изменение сосновых биогеоценозов зоны широколиственных лесов при хроническом воздействии веществ щелочного типа: автореф. дис. ... док. с.-х. наук. Брянск: БГИТА, 2003. 34 с.
3. Смит У.Х. Поглощение загрязнений воздуха растениями // Загрязнение воздуха и жизнь растений. Л.: Гидрометеиздат, 1988. С. 460–486.
4. Цветков В.Ф. Лес в условиях аэротехногенного загрязнения. Архангельск, 2003. 354 с.
5. Николаевский В. С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации. М.: Моск. гос. ун-т леса, 1998. 191 с.