

Japan medical exchange. – Krasnojarsk, 2005. – P. 661-662.

13. Милькова Е.В. Антимикробная и регенерирующая способность биокомпонентов гриба *LENTINUS EDODES* (ШИИТАКЕ) / Е.В. Милькова, О.Ю. Кузнецов, Н.Ю. Сотникова и др. // Успехи медицинской микологии: матер. I Всерос. конгр. по мед. микологии / под ред. Ю.В. Сергеева. М.: Изд-во Национ. акад. микологии, 2003. – Т. 1. – С. 284-285.

14. Тихонова О.В. Антимикробные свойства представителей вида *LAETIPORUS SULPHUREUS* (FR.:) BOND. ET SING. / О.В. Тихонова, Е.Ю. Ершова, Л.М. Лурье и др. Успехи медицинской микологии: матер. I Всерос. конгр. по мед. микологии / под ред. Ю.В. Сергеева. – М.: Изд-во Национ. акад. микологии, 2003. – Т. 1. – С. 313-315.

15. Ченкели В.А. Противотуберкулёзная активность базидиомицета *CORIOLUS PUBESCENS* (SHUM.: FR.) QUEL. и препарата, получаемого на его основе / В.А. Ченкели, Н.А. Шкиль // Сиб. мед. журнал. – 2005. – № 1. – С. 67-71.

16. Шариков А.М. Выраженность бактерицидной активности гриба *INONOTUS OBLIQUUS* PILAT в отношении *FRANCISELLA TULARENSIS* линии 15 НИИЭГ / А.М. Шариков, Н.В. Пашенова, И.А. Но-

вицкий // Сиб. мед. обозрение. – 2008. – № 1 (49). – С. 19-21.

17. Chlebicki A. *Fomitopsis officinalis* on Siberian Larch in the Urals / A. Chlebicki, V. Mukhin, N. Ushakova // Mycologist. – 2003. – Vol. 17, 3. – P. 116-120.

18. Mukhin V.A. Distribution, frequency and biology of *Laricifomes officinalis* in the Asian part of Russia / V.A. Mukhin, H. Kotiranta, H. Knudsen, et al // Микология и фитопатология. – 2005. – Т. 39. – Вып. 5. – С. 34-42.

19. Пат. 2257222 РФ. Комплексная переработка гриба трутовик лекарственный *Fomitopsis officinalis* (Vill.: Fr.) Bond. et. Sing / В.М. Ушанова, У.С. Ооржак, В.И. Канзай. Оpubл. 27.07.2005 г.

20. Ооржак У.С. Новое направление переработки плодовых тел *FOMITOPSIS OFFICINALIS* / У.С. Ооржак // Грибы в природных и антропогенных экосистемах: труды Междунар. конф. – СПб., 2005. – Т. 2. – С. 57-60.

21. Пат. 2273491 РФ. Способ получения биологически активного продукта из коры лиственницы сибирской / В.М. Ушанова, У.С. Ооржак. Оpubл. 10.04.2006 г.

22. Ооржак У.С. Научно-практические аспекты рационального использования плодовых тел *Fomitopsis officinalis* (Vill.: Fr.) Bond. et. Sing: автореф. дисс. канд. биол. наук / У.С. Ооржак. – Красноярск, 2006. – 18 с.



УДК 504.054:630*173/174

Д.М. Паничева,
А.М. Бердов,
В.П. Шелуха

ОБОСНОВАНИЕ ИНДИКАТОРОВ ЗОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ ПО СТЕПЕНИ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ФТОРИСТЫХ ВЫБРОСОВ НА ХВОЙНЫЕ ЛЕСА НА ПРИМЕРЕ ЗЕЛЕННОЙ ЗОНЫ Г. ДЯТЬКОВО

Ключевые слова: аэрополлютанты, фтористые промвыбросы, хвойные насаждения, зонирование территории, индикаторы, состояние насаждений, лишеноиндикация, морфометрия хвои, некрозы хвои, биоразнообразии ЖНП.

Введение

Растения в связи с автотрофным характером метаболизма проявляют высокую чувствительность к загрязнению воздуха.

Влияние промышленности привело к тому, что леса испытывают хронический стресс, в них снижается биоразнообразие, нарушаются структура и естественные сукцессионные процессы. На современном этапе развития общества умеренные дозы аэротехногенных поллютантов захватывают обширные территории и представляют для устойчивости лесов значительную опасность.

Определение закономерностей токсического действия хронического загрязнения воздуха на состояние лесов, на изменение функционального состояния и связей организмов, разработка диагностических индикаторов повреждения лесонасаждений в техногенной среде относятся к числу приоритетных задач теоретической и прикладной экологии.

Объекты и методы

Объектом исследований явились компоненты хвойных биогеоценозов Брянской области, находящиеся под хроническим воздействием промышленных эмиссий кислой химической природы.

В зоне воздействия фтористых выбросов (Дятьковское и Знеберское участковые лесничества г. Дятьково Брянской области) исследовались насаждения сосны и ели кисличных типов леса, произрастающие в условиях $C_{2,3}$ и формирующие древостои I-II классов бонитета, преимущественно III-VI классов возраста, полнотой 0,5-0,8.

Исследовались состояние древостоев хвойных пород, эпифитных лишеносинузий, морфометрические показатели хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), а также видовой состав и проективное покрытие живого напочвенного покрова (ЖНП).

Работы осуществлялись методами лесопатологического обследования насаждений с оценкой их состояния (лесопатологическая таксация) и детального обследования компонентов БГЦ на пробных площадях.

Лесопатологическая таксация и закладка пробных площадей проводились в соответствии с требованиями «Правил санитарной безопасности в лесах» (2007) и «Руководству по планированию, организации и ведению лесопатологических обследований» (2007).

На каждой пробной площади у 25 деревьев описывались показатели распространения эпифитных лишайников, состав и проективное покрытие лишеносинузий на высоте 1,3 м ($h_{1,3 м}$) [3, 4]. Исследуемыми форофитами выступали сосна и ель.

Охвоенность изучалась методом модельных ветвей, собранных из верхней части кроны с наветренной стороны (по преобладающему направлению ветра) 5-7 деревьев на учётном пункте (по 3 ветви на каждое модельное дерево). Мор-

фометрические параметры и пораженность хвои некрозами учитывались в конце вегетационного периода на усреднённых пробах по 50 пар хвоинок всех имеющихся возрастов путём определения размера хвои и размеров поражённых участков [4].

Изучение ЖНП производилось методом эталонов на пробных площадях по 400 м² по методике Браун-Бланке. Для определения освещённости под пологом древостоя (L) и показателя реакции почвы (R) использовалась экологическая шкала Эленберга для ЖНП [5].

Результаты и их обсуждение

На обследуемой территории с учётом преобладающих направлений ветра проведено лесопатологическое обследование насаждений [6] с определением средне-взвешенной категории состояния (СКС) и жизненного состояния древостоев (ЖСД) [7, 8]. Зонирование проводилось сначала отдельно по СКС и ЖСД по преобладанию определенных категорий состояния (ЖСД). После анализа и интеграции полученных результатов было проведено итоговое зонирование территории с выделением 4 зон воздействия интоксикантов.

Сравнительный анализ состояния экосистем в зонах с различной степенью промышленного воздействия позволил выявить наиболее информативные индикаторы. К наиболее значимым мы относим: СКС, ЖСД, суммарную долю деревьев 2-4-й категорий состояния, величину текущего отпада. В качестве дополнительных для более точного определения границ зон целесообразно использовать данные о популяционных характеристиках эпифитных лишеносинузий, изменений в ЖНП. Морфометрическую характеристику хвои сосны с учётом распространения и встречаемости некрозов можно использовать для определения степени воздействия аэроплютантов на ассимилирующую поверхность деревьев как косвенный показатель снижения устойчивости и продуктивности (табл.).

Между зонами достоверно различаются (на 99-99,9% доверительном уровне) величины основных параметров оценки. С уменьшением пресса фитотоксикантов уменьшается количество деревьев 2-4-й категорий состояния, снижается СКС, увеличивается ЖСД (на 99,9% уровне значимости).

Классификация хвойных насаждений по степени воздействия фторсодержащих аэрополлютантов

Степень воздействия	Характеристика состояния древостоя и компонентов лесного БГЦ
Сильная	Древостой сильноослабленный, суховершинность наиболее крупных деревьев, отсутствует возобновление хозяйственно-ценных пород. Деревьев 2 + 3 + 4-й категорий свыше 80%, 1-й категории – до 30%. СКС более 2,5. ЖСД 21-50. Текущий отпад в ельниках в 2 раза превышает естественный, его диаметр несколько ниже среднего диаметра насаждений (82,5-84,5%). Текущий отпад в сосняках не выше естественного, насаждения значительно ослаблены. Присутствуют только накипные формы лишайников в еловых насаждениях со встречаемостью до 46%. В сосняках «лишайниковая пустыня» длина хвои 1-го года 50,5 мм (89,7% от длины хвои в фоновой зоне), встречаемость некрозов – 74,7%, средняя длина некрозов – 12,5% от длины хвои. Среднее количество видов в ЖНП 19,5, освещенность под пологом L = 4,9
Умеренная	Древостой ослабленный, деревьев 2 + 3 + 4-й категорий свыше 40%, 1-й категории – не менее 40-45%. СКС 1,51-2,5. ЖСД 51-80. Отпад не выше естественного, его диаметр меньше либо равен среднему диаметру насаждения (89,5-100%). Хвойный подрост угнетен. Повсеместно распространены накипные лишайники (встречаемость 100%), встречаемость листоватой формы в сосняках – 4%. Снижение длины района поселения и проективного покрытия на $h_{1,3 м}$ накипных лишайников происходит на 25-64% по сравнению с фоном. Длина хвои 1 года 52,7 мм (93,4% от длины хвои в фоновой зоне), встречаемость некрозов – 41%, средняя длина некрозов – 3,9% от длины хвои. Среднее количество видов в ЖНП 19,4, освещенность под пологом L = 4,8
Слабая	Структура и состояние насаждения соответствуют условиям местопроизрастания, слабая изреженность крон, усохшие деревья размещаются дисперсно, групп не образуют. Деревьев 2 + 3 + 4-й категорий до 30%, 1 категории – более 70%. СКС 1,26-1,5. ЖСД 81-90. Текущий отпад выше естественного до 1,5 раз. Диаметр отпада ниже среднего диаметра насаждений (до 60%). Кустистых лишайников нет, встречаемость листоватых варьирует в зависимости от состава насаждения от 20 до 96%. Встречаемость накипных – 100%. Длина района поселения разных жизненных форм лишайников уменьшается по сравнению с фоновой зоной на 14-62%, проективное покрытие на $h_{1,3 м}$ накипных лишайников – на 29-33%. Проективное покрытие на $h_{1,3 м}$ листоватых форм в сосняках – до 40%, в ельниках – до 1,4%. Длина хвои 1 года 55,5 мм, встречаемость некрозов 17,5%, средняя длина некротических участков хвои – 2,4%. Среднее количество видов в ЖНП 16,5, освещенность под пологом L = 4,6
Фоновая	Структура и состояние насаждения соответствует условиям местопроизрастания деревьев 2 + 3 + 4-й категорий – до 20%, 1-й категории – свыше 80%. СКС 1-1,25, ЖСД 91-100. Отмечается возобновление хвойных пород. Отпад не выше естественного, его диаметр составляет 45-75% от среднего для древостоя. Присутствуют накипные, все формы лишайников. Встречаемость накипных лишайников 100%, средняя длина их района поселения – 3,4 м в сосняках и 3,1 м в ельниках. Проективное покрытие на $h_{1,3 м}$ варьирует от 37,9% в ельниках до 63,8 % в сосняках. Встречаемость листоватых лишайников от 45,3% в ельниках до 100% в сосняках. Средняя длина района поселения листоватых форм составляет 6,9 м в сосняках и 3,9 м в ельниках, проективное покрытие на 1,3 м – соответственно, 16,0 и 1,8%. Единично встречаются кустистые лишайники. Длина хвои 1 года 56,4 мм, встречаемость некрозов – до 7,5%, средняя их длина – 2,4%. Среднее количество видов в ЖНП 13,0, освещенность под пологом L = 4,5

Объем текущего отпада – объективная характеристика состояния древостоя и степени соответствия его жизненности динамическим параметрам среды обитания [4]. Текущий отпад как в сосновых, так и в

еловых насаждениях увеличивается по мере усиления степени воздействия аэрополлютантов. В насаждениях с преобладанием сосны в зоне сильного воздействия текущий отпад сосны не превышает есте-

ственный, хотя сами насаждения ослаблены в значительной степени, что связываем с биологической устойчивостью средневозрастных насаждений и своевременным проведением санитарно-оздоровительных мероприятий в зеленой зоне г. Дятьково.

В зоне сильного воздействия в насаждениях с преобладанием ели текущий отпад в 2 раза превышает естественный. В зоне умеренного воздействия и фоновой зоне как в сосновых, так и в еловых насаждениях текущий отпад не выше естественного или незначительно превышает его.

Во всех зонах промвоздействия отмечена высокая встречаемость лишайников. Исключение представляет зона сильного воздействия, где в сосновых насаждениях лишайники отсутствовали, а в ельниках их встречаемость составила менее 50%. В непосредственной близости к источнику выбросов загрязнений (зона сильного воздействия) наблюдается «лишайниковая пустыня».

Проективное покрытие накипных лишайников на $h_{1,3 м}$ в сосновых насаждениях увеличивается по мере уменьшения степени промвоздействия с 20,8% в зоне умеренного промвоздействия до 63,8% в фоновой. Тенденция увеличения проективного покрытия накипными лишайниками характерна и для ельников с 3,6% в зоне сильного промвоздействия до 37,9% в фоновой. В сосновых насаждениях различие проективного покрытия накипных лишайников существенно между всеми зонами на 99,9%-ном уровне значимости, в еловых – на 95-99,9%-ном доверительном уровне.

Проективное покрытие на $h_{1,3 м}$ листоватых лишайников варьирует в широких пределах. В сосняках изменяется от 0,04% в зоне умеренного промвоздействия до 16,0% в фоновой зоне, в ельниках – от 1,5% в зоне слабого воздействия до 1,8% в фоновой.

Во всех исследованных насаждениях проективное покрытие листоватых лишайников на $h_{1,3 м}$ в два и более раз меньше, чем накипных. Это связано с более высокой приспособленностью к условиям среды и устойчивостью к промвоздействию накипных форм. В сосняках проективное покрытие листоватых лишайников в 4 раза и более выше, чем в еловых, что объясняем различиями в световом режиме полога крон различных древесных пород.

По мере уменьшения степени промвоздействия происходит увеличение встречаемости лишайников, их проективного покрытия, средней протяженности района поселения на стволах форофита. Максимальный район поселения лишайников отмечается в фоновой зоне.

В фоновой зоне протяженность района поселения листоватых лишайников больше, чем накипных, в сосновых насаждениях она составляет 6,9 м, в еловых – 3,9 м. Начало района поселения листоватых лишайников, в отличие от накипных, переместилось на высоту 5-8 м, так как листоватые жизненные формы более светолюбивы, а нижняя часть ствола в исследуемых насаждениях затеняется подростом и подлеском.

Видовое разнообразие эпифитных лишайников, растущих на сосне обыкновенной в районе обследования, составляет 8 видов, причём 2 из них встречаются только в комлевой части ствола (*Cladonia pyxidata* (L.) Fr. и *Cladonia macilenta* Hoff.) и нами для лишеноиндикации не рекомендуется. Из накипных форм лишайников нами были определены: *Lepraria incana* (Ach.) и *Lecanora allophana* (Ach.); из листоватых – *Hypogymnia physodes* (L.), *Cladonia foliacea* (Huds.), из кустистых единично встречается *Evernia mesomorpha* (Flot.). В качестве индикатора состояния лишеносинузий рекомендуем использовать наиболее распространенные виды: из накипных – *Lepraria incana* (Ach.); листоватых – *Hypogymnia physodes* (L.).

Выявлено достоверное различие морфометрических показателей хвои сосны между выделенными зонами. Существенность различия средних величин между зонами варьирует и составляет 75-99,9% для хвои первого года. У хвои 2-го и 3-го года различия средних величин между зонами не существенны. Также выявлено различие встречаемости некрозов и средней длины некротических участков между зонами промвоздействия. Существенность различия встречаемости некрозов между зонами составляет 90-95% у хвои первого года; 68-90% – второго года и 80-85% – третьего года, различия средней длины некрозов между зонами находится в пределах: 90-99,9% – для хвои первого года; 95-99,9% – для хвои второго года и 99-99,9% – для третьего года. Различия средних величин между зонами слабого и фонового воздействия у хвои 1-го и 3-го года не существенно. Для биоиндикации рекомендуем использовать данные о

встречаемости и размерах некротических участков как отражающие степень воздействия поллютантов на ассимиляционный аппарат.

При изучении ЖНП на объектах исследования выявлено 68 видов травянистых растений и 4 вида мхов. Установлена тенденция увеличения α -разнообразия с интенсификацией действия поллютантов, что связано с увеличением освещенности подпологового пространства. Это подтверждается уменьшением показателя освещенности (L), рассчитанного по шкале Эленберга для ЖНП, с уменьшением степени промвоздействия. В качестве дополнительных индикаторов, отражающих степень воздействия промвыбросов кислот природы на хвойные лесонасаждения, рекомендуем использовать встречаемость и показатель распространения двух видов ацидофильных растений: *Veronica officinalis* (L.) и *Pteridium aquilinum* (L.), которые характерны для кислотно-зеленомошной группы типов леса. С увеличением степени воздействия фторидов наблюдается тенденция к увеличению их встречаемости (0-66,6%) и величины проективного покрытия в ЖНП (от полного отсутствия до 3 баллов по шкале Браун-Бланке), что связано с подкислением почвы.

Выводы

В качестве наиболее информативных индикаторов для выделения зон по степени воздействия промвыбросов кислот химической природы мы рекомендуем показатели, отражающие состояние эдификаторов хвойных насаждений (СКС, ЖСД, суммарное количество деревьев 2-4-й категорий состояния). Как дополнительные биоиндикационные признаки целесообразно использовать популяционные показатели лишеносинузий на $h_{1,3 м}$, изменение α -разнообразия ЖНП, встречаемости и

покрытия ацидофильных видов, распространение и встречаемость некрозов на хвое.

Используя комплексный биоиндикационный подход, возможно адекватное выделение зон по степени воздействия фтористых поллютантов.

Библиографический список

1. Правила санитарной безопасности в лесах. – М., 2007. – 15 с.
2. Руководство по планированию, организации и ведению лесопатологических обследований. – М., 2007. – 73 с.
3. Бадтиев Ю.С. Методика биоиндикации окружающей природной среды / Ю.С. Бадтиев, А.А. Кулёмин // Экологический вестник России. – 2001. – № 4. – С. 27-29.
4. Шелухо В.П. Биоиндикация хронического промышленного воздействия щелочного типа на компоненты хвойных лесонасаждений / В.П. Шелухо. – Брянск, 2001. – 205 с.
5. Булохов А.Д. Экологическая оценка среды методами фитоиндикации / А.Д. Булохов. – Брянск: Изд- БГПУ, 1996. – 104 с.
6. Мозолевская Е.Г. Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса / Е.Г. Мозолевская, О.А. Катаев, Э.С. Соколова. – М.: Лесная промышленность, 1984. – 152 с.
7. Алексеев А.С. Анализ состояния многовидовых насаждений в зоне промышленного загрязнения / А.С. Алексеев, В.А. Соловьев, Е.В. Тарасов // Лесной журнал. – 1989. – № 6. – С. 17-20.
8. Бебия С.М. Дифференциация деревьев в лесу, их классификация и определение жизненного состояния древостоев / С.М. Бебия // Лесоведение. – 2000. – № 4. – С. 35-43.

