

УДК 630*012:630*948

Н.Т. Спицына, О.Н. Зубарева, В.Д. Перевозникова

Спицына Наталья Терентьевна родилась в 1952 г., окончила в 1975 г. Сибирский технологический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства Сибирского государственного технологического университета. Имеет около 40 печатных работ в области изучения устойчивости основных компонентов лесных фитоценозов к антропогенному воздействию.



Зубарева Ольга Николаевна родилась в 1950 г., окончила в 1973 г. Красноярский государственный университет, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории физиологии и биохимии древесных растений Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. Имеет более 40 печатных работ в области геоботаники, экологии, изучения влияния загрязнения на растительность.



Перевозникова Валентина Дмитриевна родилась в 1950 г., окончила в 1974 г. Красноярский государственный педагогический институт, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биогеоценологии Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. Имеет 55 печатных работ в области геоботаники.

**ЛЕСОВОДСТВЕННАЯ ОЦЕНКА
И ПЫЛЕАККУМУЛИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА БЕРЕЗНЯКОВ
В РАЙОНЕ КАРЬЕРА ПО ДОБЫЧЕ ИЗВЕСТНЯКА**

Дана диагностика состояния основных компонентов лесных фитоценозов, испытывающих загрязнение пылью из карьера. Установлены количественные показатели перехвата пыли древесным ярусом, подростом и напочвенным покровом.

промышленные выбросы, загрязнение пылью, березняки, накопление фитомассы, подрост, напочвенный покров.

Проблема техногенного загрязнения окружающей среды актуальна для большинства крупных промышленных центров. При возросших масштабах и разнообразии промышленного загрязнения поля выбросов отдельных предприятий, перекрываясь, образуют огромные зоны локального загрязнения [1]. Главным загрязнителем атмосферы, по мнению В.Н. Виноградова [6], является пыль. По его данным, запыленность атмосферы над промышленными предприятиями составляет 86,0, городами – 12,9, сельской местностью – 1,0, над океанами – 0,1 %.

Известно, что Красноярск относится к числу городов с неблагоприятными условиями проживания, острыми проблемами экологической безопасности. Наряду с городской средой, сильное техногенное влияние испытывают и лесные массивы, окружающие город. В радиусе 50 км леса подвержены техногенному загрязнению выбросами промышленных предприятий, в основном газами и пылью. Техногенный модуль максимальной пылевой нагрузки на пригородные леса может достигать 900 кг/км² в сутки.

Лесные фитоценозы, листовая поверхность которых в 5-15 раз превышает занимаемую ими площадь, обладают высокой пылеаккумулирующей способностью и могут задерживать до 20 т пыли на 1 га леса за сезон вегетации [2]. Следовательно, поверхность растительного покрова является важным промежуточным звеном, в котором осуществляется переход загрязняющих соединений из атмосферы к различным компонентам биогеоценоза. Ю.З. Кулагин [10] квалифицирует лесные сообщества, заблокированные с промышленными предприятиями, как промышленные фитофильтры, локализирующие и обезвреживающие токсичные выбросы.

Пока сведения о воздействии промышленных выбросов в целом на лесные фитоценозы весьма немногочисленны и отрывочны, а данных о воздействии кальцийсодержащей пыли совсем мало. Известно, что отходы цементного производства, с одной стороны, используются в качестве калийного удобрения и применяются для известкования кислых почв; с другой – отмечается снижение лабильности ряда физиологических процессов и изменение характеристик роста древесных растений.

Цель настоящей работы – дать лесоводственную характеристику состояния насаждений, произрастающих в зоне влияния известняковых карьеров, и оценить их пылеаккумулирующие свойства.

Эффективность очистки воздуха растениями возрастает с повышением их облиственности и высоты растительного покрова при прочих равных условиях. Так, деревья тополя черного (*Populus nigrum* L.) с густой листвой вблизи цементного завода седиментируют до 18 ... 20 т/га пыли, а средневозрастной древостой способен осадить 16 ... 18 т/га пылевидных частиц и обезвредить в течение года до 6 т токсичных газов [8].

Поражение растительности наступает тогда, когда скорость осаждения и доза загрязняющих веществ превышают обезвреживающую способность растений, подавляют процессы фотосинтеза и транспирации. У березы и сосны, произрастающих в зоне факела Назаровской ГРЭС, на поверхности листьев и хвои седиментируется 4 и 3 г/м² пыли соответственно, при этом у березы транспирация снижается на 28, у сосны – на 9, а у подростка березы – на 32 % [9].

Долговременное воздействие загрязняющих веществ существенно влияет на накопление фитомассы стволовой древесины, ветвей и листьев. Если рассматривать растительный покров как фильтр, задерживающий эти вещества, то критическим параметром является пространственное распределение и общая площадь листьев как поглощающей поверхности [11].

Объекты и методика исследований

Пробные площади в районе исследований выбирали и закладывали в наиболее распространенной группе типов леса – березняках разнотравных, испытывающих пылевое загрязнение, исходящее от известнякового карьера. От него в южном направлении в условиях пересеченного рельефа было заложено три топоэкологических профиля, на которых по градиенту расстояния закладывали по две постоянные пробные площади. Профиль 1 (пробные площади 1 и 2) был заложен в зоне влияния действующего карьера, профиль 2 (пробные площади 3 и 4) – в районе складирования золошлаковых отходов. Контролем служили пробные площади 5 и 6, заложенные в зоне недействующего карьера (профиль 3). В последнем случае пробные площади являлись условным контролем, поскольку эти насаждения произрастают на окраине города и воздействие на них выбросов промышленных предприятий не исключается. Уклон местности во всех случаях не превышал 10°.

При закладке пробных площадей и определении основных лесоводственно-таксационных характеристик насаждений использовали общепринятые в лесоводственных исследованиях методики [3]; биометрических показателей березняков – работы А.А. Молчанова [12], Л.К. Позднякова и др. [14], В.А. Усольцева [20]. При оценках руководствовались рекомендациями: В.А. Алексеева [1] – для качественного состояния деревьев; А.В. Побединского – для естественного возобновления под пологом насаждений; Л.П. Рысина и др. [16] – для живого напочвенного покрова.

Объектами исследования служили простые по форме и чистые по составу березовые и смешанные березово-сосново-лиственничные насаждения с участием березы в составе от 6 до 9 единиц. Это насаждения V-VI классов возраста, II класса бонитета, с полнотой 0,7 ... 1,2, запас стволовой древесины 100 ... 280 м³/га.

Подрост представлен сосной обыкновенной, елью обыкновенной. Основными видами живого напочвенного покрова являются чина Гмелина, осока большехвостая, папоротник орляк, клопогон вонючий, костяника каменная, коротконожка перистая, володушка золотистая, борец высокий и др. В подлеске встречается спирея средняя и кизильник черноплодный.

Результаты и обсуждение

Древостой – основной компонент лесного фитоценоза, в котором концентрируется до 80 ... 90 % всей создаваемой надземной фитомассы. Ведущая роль основного яруса фитоценоза как главного генератора органического вещества обусловлена не только различием жизненных форм древесной и других типов растительности, представленных в насаждении, но и мощным эдифицирующим влиянием древостоя в конкретных лесорастительных условиях. От состояния древостоя в значительной степени зависит состав и структура нижних ярусов – подроста, подлеска и живого напочвенного покрова.

Сложность дигрессивных трансформаций, возникающих в древесном ярусе под действием антропогенных факторов, заключается в продол-

жительном скрытом характере изменений, вследствие большей устойчивости этого компонента фитоценоза по сравнению с другими [1].

Информация о накоплении фитомассы дерева и древостоя в целом содержится в их основных таксационных показателях [14, 17, 18, 20]. Именно в них в первую очередь проявляется фиксируемая из года в год в той или иной мере реакция дерева и всего древостоя на факторы внешней среды.

Основываясь на рекомендациях ряда авторов [4, 7] использовать березу бородавчатую (*Betula pendula* Roth.) в качестве индикатора загрязнений и учитывая преобладание березы в исследуемых насаждениях, мы составили таксационное описание отдельно для этой породы (табл. 1). Исследуемые

Таблица 1

Лесоводственно-таксационная характеристика березового элемента леса

№ пробной площади	Тип леса	Средние		Возраст, лет	Запас, м ³ /га	Полнота	Класс бонитета	Процент ослабленных и усыхающих деревьев
		H, м	D, см					
1	Разнотравно-осочковый	17,8±0,6	16,6±0,9	50	123	0,6	II	58
2	То же	19,5±0,9	17,0± 1,1	55	138	0,6	II	30
3	Осочково-орляковый	18,9±0,8	21,9±0,5	50	212	1,0	II	50
4	Осочково-крупнотравный	19,5±0,8	21,9±0,5	65	233	1,0	II	28
5	Орляково-разнотравный	20,2±0,7	18,3±0,8	65	86	0,4	II	20
6	Разнотравно-злаковый	19,8±1,0	15,1±0,7	55	112	0,5	II	14

Таблица 2

Надземная фитомасса и пылеаккумуляция березы в насаждениях

№ пробной площади	Расстояние от карьера, км	Фитомасса, т/га		Количество аккумулируемой пыли, кг/га	
		кроны	в том числе листьев	кроной	в том числе листьями
Загрязненные насаждения					
1	0,01	13,6	2,1	17,1	4,1
2	1,00	14,4	2,1	41,6	12,0
3	0,00	24,3	3,5	69,1	13,4
4	1,00	29,4	3,5	182,5	38,5
Контроль					
5	0,00	9,9	1,2	10,7	2,7
6	1,00	11,6	1,7	19,2	5,5

березняки имели порослевое происхождение, возраст IV – VI классы, средний диаметр 15,1 ... 21,9 см, средняя высота 17,8 ... 20,2 м, запас стволовой древесины 112 ... 233 м³/га, полнота 0,4 ... 1,0.

За летний период кроны березовых насаждений, произрастающих в районе известнякового карьера, аккумулируют от 1,8 до 2,6 т/га пыли. Полученные нами данные показали, что при таких параметрах пылевой нагрузки таксационные показатели древостоев не ухудшаются.

Однако в зависимости от расстояния до источника загрязнения в древесном ярусе изменяется соотношение числа ослабленных и усыхающих деревьев. Наибольшее количество ослабленных деревьев (до 58 %) наблюдается в насаждениях, непосредственно примыкающих к действующему карьере. Это обусловлено, по-видимому, механическим повреждением их кроны крупными частицами скальных пород при производстве взрывных работ. По мере удаления от карьера уменьшается процент ослабленных и усыхающих деревьев, на расстоянии 1 км – до 28 ... 30.

При всех разновидностях антропогенного воздействия на лесную растительность интегральным показателем ее состояния является способность к накоплению фитомассы. Ее запасы характеризуют как антропоустойчивость насаждений, так и способность выполнения средозащитных, средоулучшающих и других полезных функций [12, 15]. При этом, по мнению В.А. Усольцева [20], большое значение имеют соотношения фракций фитомассы древостоя, от которых зависит реакция дерева на среду обитания в различные периоды жизнедеятельности.

Установлено, что абс. сухая фитомасса кроны березы изменяется в диапазоне 10 ... 29 т/га, в том числе масса листьев 1,2 ... 3,5 т/га (табл. 2). Здесь же представлено количество аккумулируемой пыли, в зависимости от запасов фитомассы указанных фракций. Так, если на контрольном профиле кроны 1 га насаждения, произрастающего в 10 м от выработанного карьера (пробная площадь 5), перехватывает 11 кг пыли, то по мере удаления оно возрастает до 20 кг (проба 6), причем 12 ... 14 % перехватывается листьями. Увеличение перехвата пыли с удалением от карьера может быть объяснено как большим значением массы кроны, так и дальним переносом воздушными массами мелкодисперсной городской пыли.

В насаждениях, произрастающих вблизи работающего известнякового карьера (пробные площади 1 и 2), на кронах деревьев накапливается значительно больше пыли, чем в контроле (табл. 2), что обусловлено производственной деятельностью самого карьера. Известно, что пылегазовое облако при массовом взрыве может достигать высоты 16 км и распространяться по направлению ветра на 10 ... 14 км [19]. Однако, как и в контроле, по мере удаления от источника загрязнения увеличивается накопление пыли кронами древостоев. Вероятно, это объясняется двойственной природой пылевой нагрузки – выпадением мелкодисперсной известняковой пыли с карьера и городской пыли, поскольку в летний период доля ветров северо-восточного направления (из города) составляет 15 ... 20 % [5].

При заполнении карьерной выемки золошлаковыми отходами с Красноярской ТЭЦ-2 происходит интенсивное запыление (69 кг/га) прилегающих насаждений (пробная площадь 3). Это предприятие использует в качестве топлива Канско-Ачинские угли, вещественный состав зол и шлаков

которых представлен силикатами, в частности алюмосиликатами, алюминатами, алюмоферитами и феритами кальция, свободными оксидами кальция и магния, ангидритами, кальцитами; в незначительном количестве (до 2%) в золошлаках присутствуют частицы несгоревшего топлива [13]. Кроме того, в лесной массив поступает известняковая пыль с другого карьера.

Как и в предыдущих вариантах, максимальное количество пыли (182,5 кг/га) выпадает не у источника загрязнения, а на расстоянии 1 км. При транспортировке золошлаков из гидроотвалов к месту складирования они становятся дополнительным источником пыли. Мелкодисперсный состав золошлаков обуславливает большую дальность их переноса воздушными массами. Кроме того, максимальное значение перехвата пыли пологом древостоя на пробной площади 4 также связано с влиянием промышленных выбросов города и карьера.

Результаты исследований показывают, что в настоящее время нет заметного негативного влияния пылевого загрязнения на процесс образования березовым ярусом органической массы.

Одним из объективных показателей интенсивности антропогенного влияния на лесные фитоценозы и их устойчивости может служить естественное возобновление: наличие подроста под пологом, численность, высотно-возрастная структура и состояние. В исследованных насаждениях численность подроста изменяется от 600 до 7000 шт./га. Это в основном крупномерный подрост сосны (20 ... 25 лет); примесь других хвойных пород, преимущественно ели, незначительна.

Естественное возобновление в исследованных типах леса в целом оценивается как неудовлетворительное. Факторами, лимитирующими лесовозобновительный процесс, являются в ряде случаев высокая полнота насаждений, в других – при низкой полноте – хорошо развитый травяной

Таблица 3

Живой напочвенный покров под пологом березняков

№ пробной площади	Расстояние от карьера, км	Проективное покрытие, %	Фитомасса надземной части, т/га	Количество аккумулируемой пыли, кг/га
Загрязненные насаждения				
1	0,01	80	1,72 ± 0,17	9,2
2	1,00	60	1,57 ± 0,20	16,1
3	0,01	90	2,14 ± 0,51	13,9
4	1,00	80	1,59 ± 0,25	5,0
Контроль				
5	0,0	80	1,48 ± 0,16	5,6
	0,01	80	1,48 ± 0,16	5,6
6	1,0	80	1,59 ± 0,28	6,1

покров. Отрицательное влияние пылевого загрязнения отражается, прежде всего, на качественном состоянии хвойного подроста.

Подрост, в зависимости от близости к источнику загрязнения, аккумулирует за летний период от 0,07 до 0,13 т/га пыли. Состояние хвойного подростка достаточно четко коррелирует с местоположением по отношению к источнику загрязнения. Так, если в контроле численность неблагонадежного подростка по градиенту расстояния составляет 12 ... 23, то в загрязненных насаждениях увеличивается до 25 ... 50 %.

Живой напочвенный покров – важный компонент лесного фитоценоза, который при относительно небольшой массе по сравнению с древесным ярусом обеспечивает регулярное поступление в почву, вместе с опадом, значительного количества азота, зольных элементов и органических веществ. В этом отношении травяные типы леса занимают особое положение. Как и другие компоненты лесного фитоценоза, живой напочвенный покров обладает пылеаккумулирующими свойствами. По нашим данным, травяной покров исследуемых березняков с видовым разнообразием от 24 до 36 видов, проективным покрытием 70 ... 90 % и запасами надземной фитомассы 1,50 ... 1,72 т/га в абс. сухом состоянии аккумулирует за летний период в среднем от 5 до 16 кг/га пыли (табл. 3).

Таким образом, проведенные исследования показали, что в целом загрязнение известняковой пылью в настоящее время не влияет негативно на состояние березняков, произрастающих в районе карьера. Таксационные и биометрические характеристики древостоев не зафиксировали их реакции на атмосферное загрязнение. Однако увеличение вдвое доли ослабленных и усыхающих деревьев в загрязняемых насаждениях, неудовлетворительный ход естественного возобновления можно считать показателями некоторого неблагополучия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев В.А.* Диагностика повреждений деревьев и древостоев при атмосферном загрязнении и оценка их жизненного состояния // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. – Л.: Наука, 1990. – С. 38–53.
2. *Алексеев В.А., Доченжер Л.С.* Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение // Лесоведение. – 1981. – № 5. – С. 64–70.
3. *Анучин Н.П.* Лесная таксация. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 510 с.
4. *Арусте К., Реа К.* Поражение древесных пород соединениями серы и фтора в лесах зеленой зоны г. Таллина // Взаимодействие между лесными экосистемами и загрязнителями. – Таллин: АН ЭССР, 1982. – С. 61–62.
5. *Буренина Т.А.* Влияние лесных экосистем на ветровой режим. – Красноярск: ИЛиД СО РАН, 1988. – 131 с.
6. *Виноградов В.Н.* Проблемы охраны природы и рационального использования природных ресурсов // Лесн. хоз-во. – 1984. – № 7. – С. 7.
7. *Зубарева О.Н.* Влияние выбросов промышленных предприятий в Средней Сибири на сосну обыкновенную (*Pinus sylvestris*): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Красноярск: ИЛ СО РАН, 1993. – 23 с.
8. *Илькун Г.М.* и др. Поглощение тяжелых металлов древесными растениями / Г.М. Илькун, М.А. Маховская, О.Ф. Шарочка, Н.М. Бойко. – Таллин: АН ЭССР, 1982. – С. 139–141.
9. *Козлова Л.Н.* Влияние атмосферного загрязнения на транспирацию растений // Средоулучшающая роль леса. – Новосибирск: Наука, 1984. – С. 114–116.

10. Кулагин Ю.З. О некоторых закономерностях индустриальной дендрологии // Взаимодействие между лесными экосистемами и загрязнителями. – Таллин, 1982. – С. 31.
11. Матерна Я. Воздействие атмосферного загрязнения на природные экосистемы // Загрязнение воздуха и жизнь растений. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – С. 436.
12. Молчанов А.А. Продуктивность органической массы в лесах различных зон. – М.: Наука, 1971. – 275 с.
13. Озерский А.Ю. Техногенез геологической среды в районе золошлакоотвалов КАТЭКа // Экспериментальные основы географического прогнозирования воздействия КАТЭКа на окружающую среду. – Иркутск: ИГ СО РАН, 1984. – С. 34–47.
14. Поздняков Л.К., Протопопов В.В., Горбатенко В.М. Биологическая продуктивность лесов Средней Сибири и Якутии. – Красноярск: ИЛИД СО РАН, 1969. – 153 с.
15. Протопопов В.В. Средообразующая роль темнохвойного леса. – Новосибирск: Наука, 1975. – 327 с.
16. Рысин Л.П., Золотова Ф.Н. К методике определения продуктивности надземной части травяного покрова // Сложные боры хвойно-широколиственных лесов и пути ведения хозяйства в лесопарковых условиях Подмосковья. – М.: Наука, 1968. – С. 138–144.
17. Семечкина М.Г. Структура фитомассы сосняков. – Новосибирск: Наука, 1978. – 165 с.
18. Спицына Н.Т. Биологическая продуктивность березовых насаждений Канской лесостепи: Автореф. дис. .. канд. с.-х. наук. – Красноярск: КГТА, 1996. – 21 с.
19. Томаков П.И. и др. Экология и охрана природы при открытых горных работах / П.И. Томаков, В.С. Коваленко, А.М. Михайлов, А.Г. Калашников. – М.: МГИ, 1994. – 417 с.
20. Усольцев В.А. Рост и структура фитомассы древостоев. – Новосибирск: Наука, 1988. – 253 с.

Сибирский государственный
технологический университет

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН

Поступила 06.04.2000 г.

N.T. Spitsyna, O.N. Zubareva, V.D. Perevoznikova

Silviculture Assessment and Dust Accumulating Features of Birch Stands in the Loam Mining Pit Area

The condition diagnostics is provided for the main components of the forest phytocenosis experiencing the dust pollution from the open pit. The quantitative indices are set for the dust interception by the forest layer, undergrowth and ground layer.