

# Развитие подполового яруса растительности в сосновых насаждениях вокруг предприятия по производству цемента

Яковлев А. П., Белый П. Н., Николайчук А. М., Булавко Г. И.

*Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск, Беларусь, A.Yakovlev@cbg.org.by*

**Резюме.** Активное развитие строительной отрасли в нашей республике в современный период привело к увеличению загрязнения цементной пылью природной среды, в том числе лесных биогеоценозов. «Основной удар» техногенного загрязнения принимает на себя древостой, который во многом определяет состояние всех остальных компонентов. Показано, что по мере удаления пробных площадей от завода до 10 км в подлеске увеличивается количество лиственных видов деревьев и кустарников. В живом напочвенном покрове значительно снижается доля мхов и увеличивается присутствие нетипичных для лесных фитоценозов сорных и луговых видов.

**Development of underplants in pine forest around a cement production plant.** Yakovlev A. P., Bely P. N., Nikolaichuk A. M., Bulavko G. I. **Summary.** The active development of the construction industry in our republic in the modern period has led to an increase in pollution by cement dust of environment, including forest ecosystems. «The main impact» of anthropogenic pollution takes on the trees canopy, which largely determines the state of all other components. It is shown that as the distance from the cement plant is increased to 10 km, is go up the number of deciduous tree and shrub species in the underbrush on the test plots. The proportion of mosses in the living ground cover decreases significantly but increases the presence of ruderal and meadow species which are unusual for forest phytocenosis.

Цементная промышленность — базовая отрасль в комплексе отраслей, производящих строительные материалы. Роль цемента в современном строительстве очень велика, его ничем невозможно равноценно заменить. Несмотря на всю важность цементного производства, оно имеет ряд недостатков, в том числе, и в экологическом плане. Количество пыли, ежегодно осаждающейся на поверхности ассимилирующих органов деревьев и кустарников, почв, живого напочвенного покрова может достигать 10% от всего производства цемента и составлять до 0,25 т на 1 км<sup>2</sup> [1]. Частицы цементной пыли могут переноситься на расстояния до 4–5 км от источника, охватывая значительные территории.

Цементная пыль содержит от 10 до 40% кальция в виде оксида, карбоната, легкогидролизующихся силикатов, до 2,0–2,2% калия и характеризуется высокой мелиорирующей способностью, особенно на кислых почвах легкого гранулометрического состава [6]. Цементные частицы имеют слабощелочную реакцию, и при взаимодействии с осадками на поверхности хвои образуется щелочь, нарушая биохимические процессы в хлоропластах, образуется цементная корка, резко нарушающая тепловой баланс органа и увеличивающая потери растения на дыхание [4]. Поэтому по степени фитотоксичности О. Greis [7] поместил цементную пыль сразу за пылью цинкового и алюминиевого производств.

Изучению влияния на древостой и их компоненты техногенных загрязнителей, имеющих кислую химическую реакцию, у нас в республике посвящены монографии [2, 3, 5]. Оценка влияния промышленных щелочных загрязнений на все компоненты лесных биогеоценозов в Беларуси ранее не выполнялась. «Основной удар» техногенного загрязнения принимает на себя

древостой, который во многом определяет состояние всех остальных компонентов. Но не менее важным и информативным может оказаться исследование негативного воздействия цементной пыли на подпологовый ярус растительности и живой напочвенный покров хвойных насаждений, произрастающих вокруг цементных заводов.

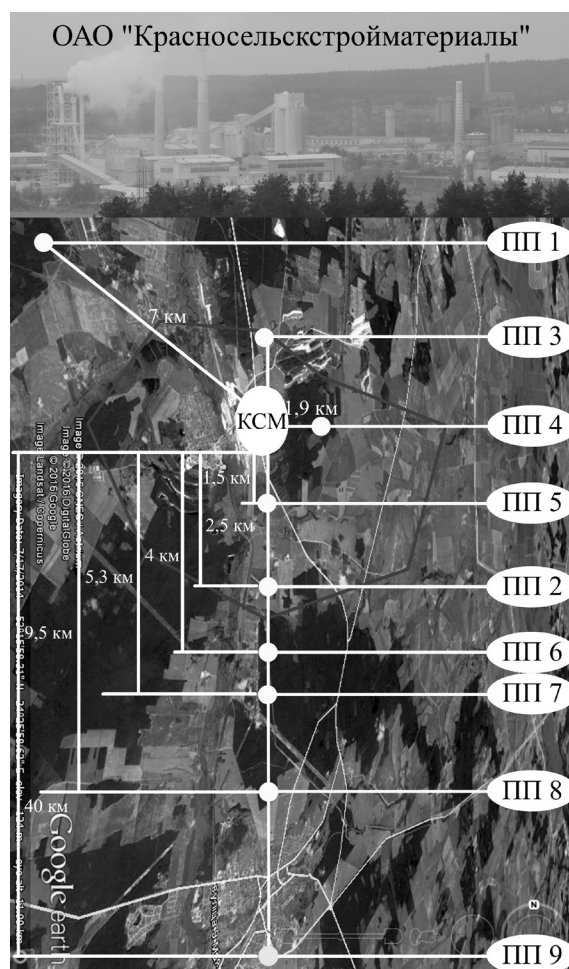
Исследования осуществлялись на территории Гродненской области, в которой расположено крупнейшее в республике промышленное предприятие по производству цемента — ОАО «Красносельскстройматериалы», или КСМ. Оно же является и самым старейшим в республике разменявшем в 2014 году вековой юбилей. КСМ — самое большое предприятие цементной промышленности Беларуси по многим параметрам, но, в первую очередь, по объему производства цемента и ширине ассортимента выпускаемой продукции. В мае 2012 г. введены новые линии по производству цемента «сухим способом», поэтому в структуре производства цементов 90% приходится на портландцемент, около 10% на другие его виды.

С целью получения информации о влиянии хронического загрязнения воздуха цементной пылью на состояние подчиненных компонентов сосновых биогеоценозов заложена сеть временных пробных площадей (ПП) в насаждениях с преобладанием сосны обыкновенной III-IV класса возраста (рис.).

На всех ПП был проведен учет численности и состояния подроста, который делили на два класса по высоте (0–0,5 м и 0,5–1,5 м) и четыре класса по состоянию (1 — благонадежный, 2 — сомнительный, 3 — неблагонадежный 4 — мертвый). На каждой пробной площади также проводили оценку численности и состояния подлеска с разделением по видовой принадлежности и степени жизнеспособности (1 — здоровые, 2 — ослабленные, 3 — мертвые). Для оценки живого напочвенного покрова на ПП использовали 20 учетных площадок размером 1×1 м, для которых рассчитывали проективное покрытие вида и определяли характеристики их роста и развития.

Как показали исследования российских коллег [6], наряду с ослаблением и выпадением яруса видов-эдификаторов, происходит смена доминантов и в подчиненных ярусах растительности, и как следствие, упрощение структуры фитоценозов и снижение их продуктивности. Аэротехногенное загрязнение отрицательно сказывается также на подросте лесообразующих пород. Установлено, по мере приближения к источнику загрязнения снижается численность подроста, сокращается его возрастная амплитуда и ухудшается жизнеспособность молодых особей.

В подросте на ПП-2–5 преобладали лиственные виды — береза бородавчатая, дуб черешчатый и клен остролистный. Ель европейская и сосна обыкновенная в небольшом количестве отмечены только на пробной площади № 5. При этом только 14% от общего количества зафиксированных хвойных деревьев в подросте на участке отнесены к категории «благонадежный», а свыше половины — к категориям «сомнительный» и «неблагонадежный». Наибольшее видовое разнообразие и густота подроста отмечены на ПП-2 и ПП-4. Из 7 видов лиственных пород, произрастающих на каждом из экспериментальных участков, только береза бородавчатая, клен остролистный и дуб черешчатый, насчитывающих около 310 шт./га, характеризо-



вались высоким процентом благонадежности (43%). Для ясеня обыкновенного и пенсильванского, липы мелколистной и граба обыкновенного величина данного показателя была сопоставимой с характеристиками хвойных пород на ПП-5.

По мере удаления от источника загрязнения количество хвойного подроста и степень его благонадежности повышались, достигая на контрольной площади (ПП-9) величины почти в 400 стволов на га и 67% соответственно. Состав, состояние и густота подроста позволяют сделать заключение о направленности действия антропогенного экологического фактора, об устойчивости древесных пород в данных условиях и направлении сукцессионных смен.

Важнейшим компонентом лесных биогеоценозов является также травяно-кустарниковый ярус, который чутко реагирует на промышленное загрязнение среды. При загрязнении среды промышленными поллютантами кислого типа в зоне максимального загрязнения происходит их деградация [2]. В условиях же загрязнения среды выбросами цементного завода наблюдается обратная картина: в зоне сильного воздействия значительно выше, по сравнению с другими участками, густота и доля рябины, лещины, бузины и калины.

Анализ густоты и видового состава подлеска выявил, что в зоне с минимальным удалением от источника загрязнения (ПП 2–5) значительно выше густота и доля участия рябины, лещины, клена и липы (до 7,5 тыс. шт./га) по сравнению с зоной на удалении свыше 5 км (4,2 тыс. шт./га). На фоновом участке (ПП-9) при доминировании лещины и рябины густота их не превышает 1,1 тыс. шт./га. Необходимо отметить также, что почти для 70% учтенных кустарников жизненное состояние характеризовалось как «здоровые».

Живой напочвенный покров — один из наиболее пластичных компонентов лесных фитоценозов. Его биоразнообразие зависит, главным образом, от эдафического фактора, гидрологических условий и освещенности, а также степени воздействия аэрополлютантов и хозяйственной деятельности лесхозов. При промышленном воздействии цементной пыли на лесные экосистемы наблюдается как прямое негативное влияние на растения, так и косвенное — через изменение реакции среды, вследствие чего происходят изменения древесного яруса, приводящие к вариации освещенности подпологового пространства, изменения условий питания и кислотности среды.

Живой напочвенный покров сосняков-зеленомошников в процессе эволюции адаптировался к кислым лесным почвам. Цементная пыль, попадая в почву, меняет кислотность верхних горизонтов, что сказывается на ростовых процессах растений напочвенного покрова и их распространении. В зонах воздействия цементного завода прослеживаются две тенденции: первая — по мере усиления воздействия загрязнений видовой состав лесных растений сокращается за счет исчезновения малоустойчивых видов, появляются луговые и сорные растения; вторая — по мере разреживания полога древостоя из-за воздействия промвыбросов покрытие ЖНП увеличивается. При этом обильное выпадение на поверхность почвы щелочной пыли подавляет его рост, приводит к уменьшению степени покрытия мхов, появлению луговых видов. В условиях загрязнения среды выбросами цементного завода по мере приближения к нему наблюдается уменьшение встречаемости ацидофильных и увеличение доли нейтрофильных растений.

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, а даже, наоборот, способствует появлению и развитию ряда видов, но в большинстве относящихся к сорным (табл.). 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%.

Многолетние выбросы щелочного типа существенным образом изменили также структуру бриофлоры соснового биогеоценоза. Цементная пыль, покрывая стволы деревьев, расширяет распространение на них кальциофильных мхов, а также видов, характерных для листовенных пород: *Amblystegium serpens*, *Bryoerythrophyllum recurvirostrum*, *Bryum capillare*, *Pylaisiella polyantha*.

**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

Наиболее представительна экологическая группа мхов, развивающихся на почве, среди которых массово встречаются *Brachythecium salebrosum*, который редок на фоновом участке, а также *Thuidium recognitum*, полностью отсутствующий там. Массовыми эпигейными видами являются также *Drepanocladus polycarpus*, *Abietinella abietina*, *Plagiomnium cuspidatum*, *Plagiomnium undulatum*, первый из которых является редким на контроле.

Таким образом, воздействие щелочных загрязнений на подрост, подлесок и живой напочвенный покров, как подчиненные компоненты лесного биогеоценоза, проявляется в значительной степени, что может быть использовано в фитоиндикационных целях оценки степени их негативного влияния.

## Список литературы

1. Оценка удельных выбросов тяжелых металлов по категориям источников. Цементное производство / С. В. Какарека [и др.] // Выбросы тяжелых металлов в атмосферу : опыт оценки удельных показателей. — Минск : Ин-т геолог. наук НАН Беларуси, 1998. — С. 85–94.
2. Промышленные загрязнения, оценка состояния и оптимизация природной среды городских экосистем / Е. А. Сидорович [и др.]; под общ. ред. В. Ф. Логинова. — Мн.: Беларус. навука, 2007.
3. Сергейчик, С. А. Экологическая физиология хвойных пород Беларуси в техногенной среде / С. А. Сергейчик, Е. А. Сидорович, А. А. Сергейчик. — Мн.: Беларус. навука, 1998.
4. Соколов, Г. И. Усыхание лесов около г. Сатки Челябинской области от промышленных воздействий АО «Магnezит» / Г. И. Соколов // Влияние атмосферных загрязнений и других антропогенных и природных факторов на дестабилизацию состояния лесов Центральной и Восточной Европы: тез. докл. Междунар. науч. конф. В 2 т. — М.: МГУЛ, 1996. — Т. 2. — С. 35–37.
5. Техногенное загрязнение лесных экосистем Беларуси / Е. Г. Бусько [и др.]; под общ. ред. Е. А. Сидоровича. — Мн.: Навука і тэхніка, 1995.
6. Шелуха, В. П. Изменение сосновых биогеоценозов зоны широколиственных лесов при хроническом воздействии веществ щелочного типа: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук : 06.03.03; 03.00.16 / В. П. Шелуха ; Брянская гос. инж.-техн. акад. — Брянск: БГИТА, 2003. — 34 с.
7. Griess, O. Nachweis zusätzlicher Immissionswirkungen durch das DKN-Zoltweg und ihre Quantifizierung in einem Talgebiet des Murwaldes / O. Griess // Mitt. Forstl. Bundesversuchsanst. — Wien, 1980. — 131. — S. 185–188.