

УДК 630*181.351:631.41:631.466

Микробиологические и биохимические исследования почвенного покрова в зоне воздействия цементного производства (на примере ОАО ПО «Якутцемент»)

Microbiological and biochemical research of soils in the zone of Open Joint Stock Company "Yakutcement" cement production influence

М.В. Щелчкова

M.V. Shchelchkova

ФГАОУ ВПО «Северо-восточный университет им. М.К. Аммосова

mar-shchelchkova@yandex.ru

Аннотация. В статье приводятся новые данные о влиянии пылевыбросов цементного производства ОАО ПО «Якутцемент» (Якутия) на микробиологические и биохимические свойства мерзлотных палевых осолоделых почв, карболитоземов темногумусовых и техногенных поверхностных образований. Установлено, что по мере приближения к источнику эмиссии и возрастания пылевой нагрузки происходит изменение геохимической среды в почвах, что влечет за собой снижение численности микроорганизмов разных трофических групп, понижение уреазной и повышение полифенолоксидазной активности.

Ключевые слова: цементное производство, пылевыбросы, мерзлотные почвы, численность микроорганизмов, активность ферментов, Якутия.

Урбанизация территории, сопровождающаяся ростом численности населения и градостроительства, вызывает необходимость расширения производства строительных материалов, в частности цемента. В Якутии крупнейшим цементным заводом республиканского значения является ОАО ПО «Якутцемент». Он производит в год до 300 тысяч тонн цемента и свыше 500 тысяч тонн щебня. Зона запыления вокруг завода превышает 20 км² [1]. В пределах данной зоны отмечено ухудшение жизненного состояния лиственничного леса (усыхание крон, дехромация хвои), накопление в растениях V, Cr, Pb и Co. Центральным звеном наземных экосистем являются почвы. В результате накопления компонентов индустриальной эмиссии в почве образуется новая геохимическая среда, изменяющая условия существования всего биоценоза [2]. Изучение влияния промышленного производства цемента на вещественный состав почв, их агрохимические, физико-химические и биологические свойства является важной экологической задачей. Ее решение позволит разработать научно-практические рекомендации охраны и рационального использования почв в зоне влияния цементного производства.

Целью нашей работы было изучение особенностей изменения химических, микробиологических и биохимических свойств мерзлотных почв в зоне влияния выбросов цементного завода ОАО ПО «Якутцемент».

Исследования проводили в 2013-2015 гг. Район исследований включал территорию завода протяженностью 2250 м, примыкающую к ней санитарную зону шириной 500 м и контрольную зону, удаленную от завода на 8000м. Почвенный покров территории исследования представлен техногенными поверхностными образованиями (ТПО) (реплантоземами и литостратами) и лесными почвами (палевыми осолоделыми и карболитоземами темногумусовыми), на которых развиты лишайничники брусничные. Исследования проводили по трем основным направлениям: 1) определение нагрузок аэротехногенных выбросов на почвы; 2) выявление изменений химических свойств почв; 3) изучение воздействия аэротехногенного загрязнения на численность основных эколого-трофических групп почвенных микроорганизмов и активность гидролитических и окислительно-восстановительных ферментов. В работе использовали методы: классические почвенные, микробиологические, энзимологические, снегосъемки. Отбор почвенных проб проводили 2 раза в течение вегетационного периода. Результаты исследований подвергали статистической обработке.

Анализ снежного покрова выявил значительное содержание в нем цементной составляющей. Наибольшая пылевая нагрузка на почвы наблюдается непосредственно на территории завода и на границе ее с санитарной зоной (50-2000 м от источника эмиссии). Она составляет 682-49881 кг/га пыли в год и снижается по мере удаления от источника. Причем, максимальные выпадения пыли зафиксированы на лишенных древесной растительности открытых участках литостратов. В санитарной зоне пылевая нагрузка почвы снижается до 583 кг/га, а в контрольной зоне – до 61 кг/га.

Вследствие распространения цементной пыли в почвах на территории завода и санитарной зоны обнаружено повышенное содержание свободных карбонатов кальция и подщелачивание среды. Поскольку цементная пыль распространяется воздушным путем, накопление карбонатов кальция наблюдается с поверхности и постепенно снижается с глубиной. В подстилках на территории завода их количество возрастает до 13-69%, что соответственно в 33-172 раза больше по сравнению с контролем (0,4%). В санитарной зоне содержание карбонатов превышает контрольные значения в 25 раз и равно 10%. Величина рН изменяется аналогичным образом. Подстилки незагрязненных почв имеют нейтральную реакцию среды(7,05), а запыленных – щелочную реакцию (8,75). В результате разбавления почвенного мелкозема цементной пылью в верхних слоях почв также снижается содержание гумуса.

Палевые осолоделые почвы и карболитоземы темногумусовые относятся к группе карбонатных почв. В Центральной Якутии они формируются в условиях недостаточного увлажнения, щелочной реакции среды, наличия многолетней мерзлоты в профиле, играющей роль непроницаемого водоупора. Для данных почв характерно избыточное содержание карбонатов, увеличение с глубиной величины рН от нейтральных до щелочных значений, слабая подвижность ряда микроэлементов [3]. Поэтому дополнительное поступление извне кальций содержащих веществ техногенного происхождения может негативно сказаться как на агрохимических, так и биологических свойствах этих почв.

Исследования выявили количественные изменения в составе микробных и ферментных комплексов ТПО и почв при возрастании пылевой нагрузки. Наиболее чувствительны к загрязнению бактерии, использующие органические источники азота, и микроскопические грибы. В подстилках почв контрольной зоны численность гетеротрофных бактерий в среднем составляет 79,5 млн. КОЕ/г, в 20-см слое почв – 13 млн. КОЕ/г, что соответственно в 10 и 6 раз выше, чем в загрязненных почвах. Численность микромицетов в почвах контрольной зоны лежит в диапазоне 43-59 тыс. КОЕ/г и снижается в десятки и сотни раз по мере приближения к источнику эмиссии. Развитие бактерий и актиномицетов, использующих минеральные источники азота, олигонитрофилов и целлюлозолитиков в подстилках и почвах подавляется в меньшей степени - в среднем в 2-6 раза. Выявленные закономерности изменения численности микроорганизмов описываются уравнениями прямолинейной регрессии. В подстилках они подтверждаются наличием достоверных ($p=0,05$) корреляционных связей с интенсивностью запыления ($r= -0,63 - -0,92$), с содержанием свободных карбонатов ($r= -0,63 - -0,94$), с рН среды ($r= -0,61 - -0,70$) и содержанием гумуса ($r= -0,60 - -0,64$). В почвах снижение численности микромицетов также носит статистически достоверный характер, в отношении остальных групп микроорганизмов - характер тенденции. Исследование биохимической активности показало, что при данном уровне пылевой нагрузки на почвы инвертазная, дегидрогеназная и каталазная активности не изменяются. Уреазная активность в подстилках и почвах, загрязненных цементной пылью снижается в 2-5 раз, а полифенолоксидазная активность увеличивается в 2-5 раза. Эти изменения носят закономерный характер и подтверждаются статистическими показателями (сравнением доверительных интервалов и расчетом коэффициентов корреляции).

Численность микроорганизмов и ферментативная активность почв формируются при совокупном влиянии разнообразных экологических и эдафических факторов. Вероятной причиной, определяющей изменение количества микроорганизмов в условиях цементного загрязнения, является подщелачивание почв. Известно, что в холодных регионах (тундра, тайга) микроорганизмы, особенно грибы, развивающиеся в верхних органогенных

горизонтах, ацидофильны. Сдвиг рН среды в щелочную область подавляет их рост. Уреазная активность, рН-оптимум действия которой лежит в нейтральной области (6,7), также снижается в щелочной среде. Между уреазной активностью и рН выявляется обратно пропорциональная связь высокой силы ($r = -0,82$). Повышение активности полифенолоксидазы при загрязнении почв цементной пылью может быть обусловлено накоплением карбонатов техногенного происхождения. В частности, при изучении мерзлотных остаточных карбонатных почв и палевых почв с иллювиальным карбонатным горизонтом, мы наблюдали рост полифенолоксидазной активности в соответствии с увеличением содержания свободных карбонатов. В литературе также отмечается тесная связь полифенолоксидазной активности с рН почв [4]. Мы выявили тесную прямо пропорциональную связь активности полифенолоксидазы с содержанием свободных карбонатов ($r = -0,69-0,73$) и рН среды ($r = -0,70-0,90$).

Таким образом, под влиянием аэротехногенных выбросов цементного завода ОАО ПО «Якутцемент» происходит закарбоначивание и подщелачивание мерзлотных почв и ТПО. В подстилках и почвах снижается в десятки и сотни раз численность микромицетов, в подстилках в несколько раз снижается численность целлюлозолитиков, бактерий, использующих органические и минеральные источники азота, олигонитрофилов, в ферментном комплексе почв избирательно снижается активность уреазы и повышается активность полифенолоксидазы. Подавление почвенной микрофлоры неизбежно ведет к нарушению микробиологических процессов разложения и трансформации органических остатков и обеспеченности растений доступными элементами минерального питания. Изменения в составе почв и почвенной микрофлоры адекватно отражают химические сдвиги в почвах, загрязненных аэротехногенными выбросами цементного производства.

Литература

1. Соромотин В.А. Влияние выбросов цементного завода на растительный покров Центральной Якутии: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Якутск, 2008. 21 с.
2. Шатохина С.Ф., Христенко С.И., Шатохин А.В., Лапта Е.И. Влияние пылевыбросов цементного производства на физико-химические показатели и биологическую активность чернозема обыкновенного // Агрoхимия. 1999. №5. С. 13-18.
3. Еловская Л.Г. Классификация и диагностика мерзлотных почв Якутии. Якутск: изд-во ЯФ СОАН СССР, 1987. 172 с.
4. Sinsabaugh R.L., Lauber C.L., Weintraub M.N., Allison S.D. et al. Stoichiometry of soil enzyme activity at global scale // Ecology Letters. 2008. N11. P. 1-13.