

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ЛЕСНЫЕ БИОГЕОЦЕНОЗЫ В ОКРЕСТНОСТЯХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

А.И. Курбатова

*Экологический факультет, Российский университет дружбы народов,
Подольское ш., 8/5, 113093, Москва, Россия*

В данной статье обсуждены основные результаты исследований по воздействию тяжелых металлов на лесные биогеоценозы. Показано, что взаимодействие тяжелых металлов с лесной растительностью приводит к снижению продуктивности лесов и последующей их гибели.

Для оценки и прогноза воздействия тяжелых металлов на лесные биогеоценозы рассмотрим предприятия цветной металлургии, находящиеся в подзонах лесотундры, северной и южной тайги. Вредные вещества образуются при производстве глинозема, алюминия, меди, свинца, никеля и других металлов в печах, на дробильно-размольном оборудовании, в конвертерах, местах погрузки, выгрузки и пересылки материалов, в сушильных агрегатах, на открытых складах. Преобладающие загрязняющие элементы в пылевых выбросах рассматриваемых предприятий — Ni и Cu . Металлургические пыли представляют собой мелкодисперсные смеси сульфидов и окислов металлов — халькозина (Cu_2S), халькопирита ($CuFeS_2$), пирротина ($Fe_7S_8Ni_x$), пентландита ($(NiFe)_9S$), ковеллина (CuS), куприта (Cu_2O), тенорита (CuO), металлических Ni и Cu . В пылях много окислов Fe , силикатов Ca, Mg, Al . Тонкие фракции обогащены Pb, Zn, As . Наряду с ними в составе выбросов содержится Se , он также поступает в атмосферу частично с пылью, но преимущественно в виде возгона летучей двуокиси. На ландшафте металлосодержащие и селеносодержащие компоненты объединяются [1].

Влияние тяжелых металлов заключается не только в непосредственном токсическом эффекте, но и в опосредованном изменении условий жизни растений вследствие изменения напряженности конкурентных отношений в ценозе.

В зависимости от внешних факторов среды действие тяжелых металлов может быть снижено в период ограниченной физиологической активности растений (например, ночью, а у хвойных деревьев — зимой).

Деревья из загрязненных районов позже уходят в состояние покоя в предзимний период и раньше выходят из него весной. Явление усыхания деревьев в районах с высоким уровнем загрязнения может быть следствием неполного их ухода в состояние зимнего покоя. В результате незавершенности процесса подготовки к зиме, который направлен, прежде всего, на формирование условий по связыванию воды в тканях, растения в условиях загрязнения атмосферы оказываются не готовы переносить воздействие низких температур и препятствовать возникновению водного дефицита в зимний период.

Экосистемы Крайнего Севера по своей устойчивости к действию тяжелых металлов значительно уступают экосистемам средней полосы [2]. Для регио-

нов Крайнего Севера основным негативным фактором воздействия на экосистему является прямое воздействие загрязняющих веществ на растительный покров. При этом наиболее ранимыми сообществами являются мхи и лишайники. Поэтому сход растительности приводит к трехкратному увеличению глубины протаивания, в результате чего значительно интенсифицируются эрозивные процессы деградации природного ландшафта.

Тяжелые металлы (ТМ), входящие в группу основных типов загрязняющих веществ, представляют собой наибольшую опасность в силу высокой токсичности их избыточных количеств, своей долговечности и практической не выводимости из системы: почва — растения — животные — человек. ТМ называются цветные металлы с плотностью большей, чем у железа: Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Co, Sb, Sn, Bi, Hg.

Тяжелые металлы выбрасываются металлургическими предприятиями в атмосферу в основном в нерастворимых формах [3]. Вблизи источников осаждаются, прежде всего, наиболее крупные частицы, растворимость которых меньше чем высокодисперсных частиц. По мере удаления от источника увеличивается доля растворимых, наиболее токсичных форм соединений металлов.

Накопление частиц тяжелых металлов на поверхности растений может происходить в результате осаждения под действием силы тяжести, импакции (влипания), под действием вихревых токов и выпадения с метеорологическими осадками. В первом случае крупные частицы тяжелых металлов отлагаются на верхней поверхности органов растений. Скорость осаждения зависит от плотности и формы частицы. Импакция происходит, когда при обтекании какого-либо препятствия воздушный поток разделяется, а содержащиеся в нем твердые частицы продолжают прямолинейное движение в силу инерции и ударяются в это препятствие. Эффективность накопления этим путем растет с уменьшением диаметра препятствия и увеличением диаметра частицы [2].

Большинство тяжелых металлов являются метаболическими ядами, действующими на энергетику клетки, фотосинтез и регуляторные процессы. В основе их фитотоксического действия лежат следующие механизмы: изменение проницаемости клеточных мембран (Ag, Au, Cd, Hg, Pb); конкуренция с жизненно важными метаболитами As, Sb, Se, Fe; сродство к фосфатным группам и активным центрам в АДФ и АТФ (Al, Ba, Zn); замещение жизненно важных ионов (Cs, Pb, Sr); захват в молекулах позиций, занимаемых жизненно важными функциональными группами типа фосфата (арсенат, селенат, теллурад, вольфрамат).

При исследовании устойчивости северотаежных ландшафтов к загрязнению тяжелыми металлами [4] было определено, что сумма металлов — это важная причина постепенного отмирания лесообразующих пород (ель, сосна, береза), а при высоких концентрациях, возможно, основная.

При изучении воздействий атмосферных загрязнений Карабашского медеплавильного комбината на лесные биогеоценозы [5] было определено, что при техногенном поступлении тяжелых металлов в экосистему пространственная неоднородность распределения их концентраций увеличивается в ряду почва-растительность. Одной из причин обнаруженной закономерности может быть вариабельность следующих почвенных параметров: содержание органического вещества, емкость поглощения металлов, кислотность почвенного раствора. Неоднородность загрязнения почвы сказывается на вариабельности концентраций тяжелых металлов в растительности.

Миграция тяжелых металлов в лесных биогеоценозах определяется влиянием почвенных условий. При увеличении кислотности почвы значительно

возрастает скорость перехода тяжелых металлов в водорастворимое состояние, в результате ускоряется поражение растений.

Адаптация микроорганизмов почвы к тяжелым металлам происходит постепенно. Сначала снижается их численность, замедляются процессы обмена веществ. В результате перестройки метаболических путей у микроорганизмов исключаются чувствительные к металлам звенья метаболизма. Однако адаптация микроорганизмов к тяжелым металлам возможна только до определенных пределов.

Длительное аэротехногенное загрязнение почвы тяжелыми металлами приводит к нарушению стабильности естественных сообществ микроорганизмов. В сильно загрязненных почвах угнетена самая устойчивая к воздействию меди и никеля часть микробных сообществ — грибная флора. В органическом горизонте незагрязненных почв длина грибного мицелия составляет 33 м/г почвы, в почвах сильно загрязненных участков длина гиф на порядок меньше [6].

Накопление тяжелых металлов в организмах червей и других почвенных беспозвоночных отрицательно влияет на их жизнеспособность. Тяжелые металлы образуют стойкие соединения с органическим веществом почвы, делая его труднодоступным для бактерий и животных деструкторов. Корни сосудистых растений, в отличие от низших, защищены от свободного проникновения в них металлов оболочкой из паренхимы. Благодаря этому свойству концентрация меди, свинца и цинка в тканях оказывается сравнительно невысокой, но зато металлы скапливаются вокруг корневых волосков, образуя плотный чехол. В результате всасывающая деятельность корней замедляется, требует больших затрат энергии, что может привести к гибели растений, в первую очередь молодых.

В связи с высокой способностью листвы аккумулировать частицы редких металлов [2] наблюдается значительный интерес к оценке воздействия тяжелых металлов на филлосферу (микроорганизмы, обитающие в кроне деревьев на поверхности листьев, ветвей), поскольку ее виды способны вызывать болезни или влиять на другие патогенные микроорганизмы. Специальных данных о взаимодействии тяжелых металлов с филлосферными патогенами немного. Показано, что листья, искусственно загрязненные цинком, свинцом и кадмием, хуже инфицировались *Botrytis cinerea*, чем незагрязненные.

В условиях загрязнения окружающей среды металлами отмечается значительное снижение продуктивности как отдельных деревьев, так и насаждения в целом.

Снижению продуктивности деревьев во многом способствуют поражения тяжелыми металлами ассимиляционных органов. В условиях хронического загрязнения тяжелыми металлами наблюдается слабое развитие корневой системы, что напрямую связано с падением продуктивности лесов. Появление сопутствующих бактериальных и грибковых болезней при ослаблении деревьев под воздействием тяжелых металлов тоже вносит вклад в уменьшение продуктивности лесных биогеоценозов. Таким образом, продуктивность лесов зависит от целого комплекса экологических факторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кизеев А.Н., Беляевский А.Т. Оценка агрессивности промышленных выбросов комбината «Североникель» на лесные экосистемы // Экология антропогена и современности: природа и человек. Материалы конференции. Волгоград-Астрахань, 24-27 сентября 2004г. - СПб.: «Гуманистика», 2004. - С. 446-447.
2. Смит У.Х. Лес и атмосфера. М.: Прогресс, 1988. — 420 с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кизеев А.Н., Беляевский А.Т. Оценка агрессивности промышленных выбросов комбината «Североникель» на лесные экосистемы //Экология антропогена и современности: природа и человек. Материалы конференции. Волгоград-Астрахань, 24-27 сентября 2004г.- СПб.: «Гуманистика», 2004. - С. 446-447.
2. Смит У.Х. Лес и атмосфера. М.: Прогресс, 1988. — 420 с.
3. Евдокимова Г.А., Кислых Е.Е., Мозгова Н.П. Биологическая активность почв в условиях аэротехногенного загрязнения на Крайнем Севере. — Л.: Наука, 1984. 120 с.
4. Арманд А.Д., Кайданова В.В., Кушнарева Г.В., Добродеев В.Г. Определение пределов устойчивости геосистем на примере окрестностей Мончегорского металлургического комбината. Изв. АН СССР. Сер.география, 1991, №1. - С. 93-104.
5. Безель В.С, Большаков В.Н., Воробейчик Е.Л. Популяционная экотоксикология. М., Наука, 1994.- 120 с.
6. Мониторинг природной среды Кольского Севера. Апатиты, 1984г. Кольский филиал АН СССР.Сборник статей. — С. 26-34.

THE INFLUENCE OF HEAVY METALS OVER FORESTRY IN SURROUNDINGS OF METALLURGICAL PLANT

A.I. Kurbatova

*Ecological Faculty, Russian Peoples' Friendship University,
Podolskoye shosse, 8/5, 113093, Moscow, Russia*

In the article have been analyzed the influence of heavy metals over forestry. At pollutions by heavy metals there is a decrease in the productivity of forests biocenosis.