Рыкова Татьяна Владимировна. Лесоводственно-экологическая оценка устойчивости сосновых экосистем к загрязнению среды тяжелыми металлами;[Место защиты: ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»], 2023

ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ

ЛЕСОВОДСТВА И МЕХАНИЗАЦИИ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА»

(ФБУ ВНИИЛМ)

На правах рукописи

РЫКОВА ТАТЬЯНА ВЛАДИМИРОВНА

ЛЕСОВОДСТВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ

СОСНОВЫХ ЭКОСИСТЕМ К ЗАГРЯЗНЕНИЮ СРЕДЫ ТЯЖЕЛЫМИ

МЕТАЛЛАМИ

Специальность 4.1.6 - Лесоведение, лесоводство, лесные культуры,

агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация

Диссертация

на соискание ученой степени

кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель доктор с.-х. наук, академик РАН Мартынюк А.А.

Москва - 2024

Содержание

Стр.

Содержание 2

Введение 5

ГЛАВА 1. ОСОБЕННОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ (АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ) 12

1.1. Естественное содержание тяжелых металлов в природной среде 13

1.2. Антропогенные источники поступления тяжелых металлов

в окружающую среду 15

1.3. Общие закономерности накопления и миграции тяжелых металлов

в лесных экосистемах 29

1.4. Фитотоксичность тяжелых металлов и их влияние на лесную

растительность 37

1.5. Общая характеристика мероприятий по повышению устойчивости

лесов к техногенному загрязнению 47

ГЛАВА 2.ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ. ПРОГРАММА ИМЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ. ОБЪЕКТЫ РАБОТ 51

2.1. Характеристика природных условий и состояния окружающей среды

района исследований 51

2.2. Программа и методика исследований 55

2.3. Лесоводственно-таксационная характеристика

объектов исследований 60

ГЛАВА 3. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ НЕКОТОРЫХ КОМПОНЕНТОВ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ 63

3.1. Анализ уровня загрязнения лесов объекта исследований тяжелыми

металлами 63

3.2. Оценка уровня выпадений тяжелых металлов в лесных насаждениях

объекта исследований 67

3.3. Особенности распределения цинка в почвах сосновых экосистем

при различных величинах его выпадений (полевой эксперимент) 71

3.4. Особенности загрязнения атмосферных осадков и почвенных вод

в сосновых насаждениях 77

Выводы по главе 3 83

ГЛАВА 4. ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ И РОСТА СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ 85

4.1. Оценка влияния тяжелых металлов на состояние сосновых

насаждений в условиях влияния промышленных выбросов 85

4.2. Изменение состояния насаждений разного возраста при воздействии

различных нагрузок цинка(результаты полевого эксперимента) 88

4.3. Изменение прироста древостоев сосны при воздействии различных

нагрузок цинка (полевой эксперимент) 98

Выводы по главе 4 102

ГЛАВА 5. ИЗМЕНЕНИЕ ПОДЧИНЕННЫХ ЯРУСОВ СОСНОВОГО ФИТОЦЕНОЗА ПОД ВЛИЯНИЕМ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЦИНКОМ 105

5.1. Изменение состояния самосева сосны при различных уровнях

загрязнения почв цинком (полевой эксперимент) 106

5.2. Всхожесть семян сосны при различных уровнях загрязнения почвы

цинком (лабораторный эксперимент) 110

5.3. Реакция напочвенного покрова средневозрастных и спелых сосняков

на различные нагрузки цинка (полевой эксперимент) 112

Выводы по главе 5 119

ГЛАВА 6. ОБОСНОВАНИЕ ДОПУСТИМОГО УРОВНЯ ВЫПАДЕНИЙ ЦИНКА ДЛЯ СОСНОВЫХ ЭКОСИСТЕМ 120

6.1. Обзор существующих подходов к нормированию техногенного

воздействия на леса 120

6.2. Обоснование допустимого уровня выпадений цинка для сосновых

экосистем 124

Выводы по главе 6 130

Выводы и предложения 132

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 136

Приложение А - Схемы расположения опытных делянок на стационарных

участках 160

Приложение Б - Описания почвенных разрезов 164

Приложение В - Динамика состояния древостоев сосны

разных групп возраста 167

Приложение Г- Динамика индексов состояния деревьев разных

классов Крафта в средневозрастных древостоях сосны 171

**Выводы и предложения**

1. Несмотря на многочисленные исследования, остаются не до конца раскрытыми закономерности загрязнения тяжелыми металлами отдельных компонентов лесных экосистем, особенности их влияния на состояние и динамику структуры лесного фитоценоза, а также вопросы определения пороговых значений их допустимого воздействия как первоочередной меры по сокращению ущерба лесам от техногенного загрязнения.
2. По уровню средних концентраций в растворимой части снеговых вод изученные тяжелые металлы образуют следующий ряд: Zn>Ni>Co>Cu=Cr>Cd; в лесной подстилке и почвах: Zn>Pb>Cu> Ni>Co>Cd.

Цинк является основным загрязняющим элементом лесных экосистем среди изучаемых тяжелых металлов.

Максимальные оценки выпадений суммы изученных металлов составляют 46 кг/га в год (или 4,6 г/м2), в том числе по цинку и кобальту - около 15 кг/га (или 1,5 г/м2), никелю - 12 кг/га (или (1,2 г/м2), меди - около 4 кг/га (или 0,4 г/м2).

1. В полевом эксперименте с внесением азотнокислого цинка на поверхность почвы установлено, что распределение элемента по почвенному профилю и его динамика во времени коррелируют с объемами поступления. При небольших нагрузках (до 90 г/м2) цинк почти полностью поглощается верхним слоем почвы (0-20 см). С увеличением нагрузки до 150-300 г/м2 более половины его удерживалось в верхнем слое, а остальное количество поступает вглубь почвы или частично поглощается корнями растений. Концентрация цинка в слое почвы 0 - 60 см постепенно уменьшается, однако даже через 7 лет около 35-75 % Zn, в зависимости от объема первоначальных выпадений, удерживается почвой.
2. Вынос цинка за пределы корнеобитаемого слоя деревьев с

лизиметрическими водами увеличивается с возрастанием его техногенной нагрузки. Даже при максимальной нагрузке в 600 г/м2 значение выноса не превышает 1,6 % от вносимой нагрузки, что свидетельствует о преимущественной аккумуляции элемента в лесной подстилке и почве, а также поглощении растениями лесной экосистемы в процессе жизнедеятельности.

1. Разработана методика оценки аэротехногенного влияния тяжелых металлов на состояние сосновых насаждений с использованием статистического анализа корреляции между накоплением загрязнителей в снежном покрове и расстоянием к источнику выбросов, индексом состояния древостоев. Предложения позволяют доказательно оценивать воздействие техногенного загрязнения на состояние лесов.
2. Невысокая теснота связи между индексами состояния древостоев и накоплением в снеге растворимых форм тяжелых металлов, а также незначимость коэффициентов корреляции этой связи для изученных возрастных групп насаждений свидетельствует, что наблюдаемый уровень загрязнения лесов тяжелыми металлами оказывает несущественное влияние на состояние сосновых насаждений района исследований.
3. Полевыми экспериментами установлено, что избыточное поступление цинка в организм деревьев приводит к дехромации (хлорозу) ассимиляционных органов, которая возрастает с увеличением интенсивности воздействия. В молодняках сосны, спустя год после внесения цинка, хлороз хвои наблюдался при нагрузках 150-225-300 г/м2 у 13%, 47% и 94% деревьев соответственно. Нагрузки цинка 225 и 300 г/м2существенно уменьшали длину и массу хвоинок.
4. После двух лет воздействия цинка индекс состояния молодняков сосны

начал ухудшаться с нагрузки в 30 г/м2, снизившись при 90 - 150 г/м2 до ИС=1,7 балла (слабоослабленное состояние), при 225 и 300 г/м2 - до ИС=3.45 (сильно ослабленное состояние) и ИС = 4.0 балла (усыхающее состояние)

соответственно. Ухудшение состояния древостоев приводит к перераспределению деревьев различных категорий в составе, причем интенсивность перехода от более здоровых деревьев к более ослабленным и интенсивность образования отпада возрастают с увеличением нагрузки металла. К завершению эксперимента при выпадениях цинка 225-300 г/м2древостой на 50 - 70% состоял из усыхающих и сухих деревьев, т.е. фактически распался.

Состояние средневозрастных сосняков при нагрузках цинка 225-300­600 г/м2снижалось в 2-3,4 раза, по сравнению с контролем. Ухудшение состояния спелых сосняков наблюдалось на участках с нагрузкой цинка в 600 и 900 г/м2 (на 0,8-2,0 балла).

1. Загрязнение почвы цинком отрицательно влияет на энергию прорастания семян сосны и количество их всходов, снижая количество взошедших семян от 100% на контроле до 11% при нагрузке 300 г/м2 и 0%- при 600 г/м2.

Практически необратимые изменения в состоянии естественного возобновления сосны (всходы, самосев, подрост) наблюдались при нагрузке цинка 90 г/м2и более.

1. Реакция флористического состава травяно-кустарничкового и

мохового ярусов растительности сосняков зеленомошниковых на загрязнение проявлялась в уменьшении числа видов в травяном покрове. Компоненты подпологовых ярусов и отдельных видов растений по чувствительности к воздействию нагрузок цинка составляют последовательность: всходы

сосны > моховой ярус > злаки > самосев, молодой подрост > черника.

1. За величину предельно допустимого (критического) выпадения (нагрузок) рекомендуется принимать минимальные расчетные значения, которые характеризуют начало структурно-функциональных перестроек в древостое. Величины установленных допустимых нагрузок, отражающих чувствительность разных компонентов древостоя к воздействию цинка, образуют следующий ряд: сохранность самосева сосны (4 г/м2) > количество самосева сосны (7 г/м2) > количество всходов сосны (9 г/м2) > ежегодный прирост по высоте (14 г/ м2) > дехромация мхов (17 г/м2) > количество выпавших видов травяного покрова = дехромация хвои деревьев (22 г/м2) > индекс состояния древостоя (42 г/м 2) > отпад деревьев (54 г/м2) > длина хвои (62 г/м2).

Предложена технология определения допустимого воздействия тяжелых металлов на лесные насаждения на основе полевых экспериментальных работ, что значительно повышает объективность экологического нормирования техногенного воздействия на леса. Разработанные подходы могут быть использованы для прогноза последствий техногенного загрязнения лесных экосистем, а также оценки воздействия промышленных предприятий на леса