

20-2067

ДУБЛЕТ

Sr

Ni

Pb

Cu

As

Zn

Cr

Co

20-02293

Cd

Mn

Mg

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В АГРОЦЕНОЗАХ: МИГРАЦИЯ, ДЕЙСТВИЕ, НОРМИРОВАНИЕ

Под редакцией чл.-корр. РАН Н.И. Санжаровой, к.б.н. П.Н. Цыгвинцева

Обнинск
2019

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»
(ФГБНУ ВНИИРАЭ)

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В АГРОЦЕНОЗАХ: МИГРАЦИЯ, ДЕЙСТВИЕ, НОРМИРОВАНИЕ

Под редакцией чл.-корр. РАН Н.И. Санжаровой, к.б.н. П.Н. Цыгвинцева

Обнинск
2019

УДК 546:631.4:631.95
ББК 40.0
Т 99

Авторы:

Н.И. Санжарова, П.Н. Цыгвинцев, В.С. Анисимов,
С.А. Гераськин, В.К. Кузнецов, Н.Н. Лой, Е.П. Пименов,
А.В. Панов, А.Н. Ратников, А.И. Санжаров, Л.И. Гончарова,
Д.Г. Свириденко, С.П. Арышева, Л.Н. Анисимова, А.В. Дикарев,
Г.И. Попова, Т.В. Переволоцкая, А.А. Суслов, Л.М. Фригидова,
Д.В. Васильев, Д.Н. Курбаков, С.И. Спиридонов

Под общей редакцией

чл.-корр. РАН Н.И. Санжаровой, к.б.н. П.Н. Цыгвинцева

Редакционная коллегия:

С.И. Санжарова (отв. ред.), О.А. Шубина, Е.В. Гордиенко

Рецензенты:

доктор биологических наук, профессор Б.И. Сынзыныс
доктор сельскохозяйственных наук П.В. Прудников

Т 99 **Тяжелые металлы в агроценозах: миграция, действие, нормирование** / Под ред. чл.-корр. РАН Н.И. Санжаровой, к.б.н. П.Н. Цыгвинцева. Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ. – 2019. – 398 с.

ISBN 978-5-903386-60-4

В монографии обобщены результаты цикла фундаментальных и прикладных исследований по изучению поведения тяжелых металлов (ТМ) в почвах и системе почва-сельскохозяйственные растения с учетом уровней загрязнения, свойств почв, физико-химических свойств ТМ, видов растений. Описаны ответные реакции компонентов агроценозов (микробоценоз, сельскохозяйственные растения) на различных уровнях организации от молекулярно-клеточного до ценоотического на основании физиологических (включая продуктивность), цитогенетических и биохимических показателей. Рассмотрены подходы к развитию принципов экологического нормирования и оценки устойчивости компонентов агроэкосистем к техногенному воздействию. Представлены технологии реабилитации почв, загрязненных тяжелыми металлами.

УДК 546:631.4:631.95
ББК 40.0

ISBN 978-5-903386-60-4

© ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2019
© Авторы, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА 1. Поведение природных тяжелых металлов в биосфере	11
1.1. Общие биогеохимические закономерности миграции тяжелых металлов	11
1.2. Миграция тяжелых металлов в почве	16
1.3. Факторы, определяющие поступление тяжелых металлов в растения	19
1.4. Количественные параметры накопления тяжелых металлов в сельскохозяйственных культурах	28
ГЛАВА 2. Антропогенные источники поступления тяжелых металлов на сельскохозяйственные угодья	36
2.1. Промышленные источники загрязнения	37
2.2. Сельскохозяйственные источники загрязнения	42
2.3. Загрязнения тяжелыми металлами почв сельскохозяйственных угодий: уровни, показатели	47
2.4. Особенности распределения и накопления тяжелых металлов в агроценозах в зоне воздействия предприятий Липецкой промышленной агломерации	56
ГЛАВА 3. Физико-химические механизмы, определяющие подвижность тяжелых металлов в почвах	66
3.1. Процессы сорбции тяжелых металлов в почвах: описание и моделирование	66
3.2. Оценка подвижности тяжелых металлов в почвах: методы фракционирования	88
3.3. Экспериментальные исследования подвижности тяжелых металлов в почвах различных типов	90
ГЛАВА 4. Накопление тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями при техногенном загрязнении почв	103
4.1. Закономерности корневого поглощения тяжелых металлов растениями	103
4.2. Накопление тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями на разных типах почв: экспериментальные исследования	107

4.2.1. Накопление тяжелых металлов растениями ячменя	108
4.2.2. Накопление тяжелых металлов растениями кормовых бобов	124
4.2.3. Накопление тяжелых металлов растениями салата латук и редиса	156
ГЛАВА 5. Влияние тяжелых металлов на биохимические и цитогенетические показатели растений	180
5.1. Биохимические изменения, индуцированные тяжелыми металлами в растениях	180
5.2. Цитогенетические эффекты при действии тяжелых металлов на сельскохозяйственные растения	194
ГЛАВА 6. Влияние тяжелых металлов на развитие и продуктивность растений	214
6.1. Влияние тяжелых металлов на содержание фотосинтетических пигментов в растениях	215
6.2. Влияние тяжелых металлов на морфологические показатели и продуктивность растений различных культур в зависимости от типа почвы	227
6.3. Влияние загрязнения почвы тяжелыми металлами на урожайность	241
ГЛАВА 7. Реакция почвенного микробоценоза на повышенное содержание тяжелых металлов	250
7.1. Общие закономерности изменения биологической активности почв под действием тяжелых металлов	250
7.2. Изменение биологической активности почв при действии возрастающих концентраций тяжелых металлов	253
ГЛАВА 8. Нормирование содержания тяжелых металлов в агрэкосистемах	271
8.1. Методология нормирования содержания тяжелых металлов в почвах	272
8.2. Нормирование содержания тяжелых металлов в почвах	279
8.3. Нормирование тяжелых металлов в продукции растениеводства	284
8.4. Методология нормирования воздействия техногенных факторов на агроэкосистемы	286
8.5. Пороговые концентрации тяжелых металлов в почвах	287

ГЛАВА 9. Восстановление почв, загрязненных тяжелыми металлами, и получение экологически безопасной продукции	293
9.1. Агротехнические и агрохимические приемы для снижения поступления тяжелых металлов в сельскохозяйственные культуры	294
9.2 Применение растений-аккумуляторов тяжелых металлов для реабилитации загрязненных земель	308
9.3 Реестр технологических приемов восстановления почв, загрязненных тяжелыми металлами	314
9.4 Критерии оценки эффективности реабилитационных технологий	318
9.5 Краткий анализ эффективности реабилитационных технологий на территориях, загрязненных тяжелыми металлами	325
ГЛАВА 10. Принципы оценки устойчивости компонентов агроэкосистем к техногенному воздействию	333
10.1. Определение понятия устойчивости агроэкосистем к техногенному воздействию	333
10.2. Особенности агроэкосистем как объекта техногенного воздействия	335
10.3. Оценка устойчивости агроэкосистем на основе экологических критериев	337
10.4. Ответные реакции растений на действие техногенных факторов разной природы	343
10.5. Функции, режимы и свойства почв – основные параметры их устойчивости к техногенному загрязнению	345
10.6. Структура, организация и продуктивность агроценозов как параметры устойчивости к техногенному воздействию	355
10.7. Применение концепции рисков для оценки устойчивости агроэкосистем	357
10.7.1. Общая классификация рисков для агроэкосистем	358
10.7.2. Фактические и прогностические риски	360
10.7.3. Этапы и методы оценки рисков для компонентов агроэкосистем	362
Список литературы	365