## «УТВЕРЖДАЮ»

Лиректор Фелерального государственного иятия «Кировская ная станция» йственных наук \_\_\_\_ А.Н. Уланов 016 г.

организации Федеральное государственное унитарное предприятие «Кировская лугоболотная опытная станция» диссертационную Сладковой работу Надежды Анатольевны «Распределение цинка и кадмия в системе торфяная почва - растение под влиянием фосфорных и калийных удобрений», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук специальности 06.01.03. - агрофизика.

Актуальность темы исследований. Широкое географическое распространение в нашей стране и в мире получили торфяные низинные почвы. Они интенсивно используются в сельском хозяйстве как основа для выращивания многих полевых и кормовых культур, а также в качестве субстрата для создания плодородного грунта, используемого в тепличном хозяйстве. Это обстоятельство делает актуальной проблему изучения химических процессов, происходящих в органогенной почве.

К источникам загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами относят выбросы промышленных предприятий и автотранспорта, деятельность по удалению, уничтожению и переработке отходов производства и потребления, использование осадков сточных вод в качестве удобрения, внесение в почву органических и минеральных удобрений, обогащенных примесными элементами. Распространение и поведение токсикантов в почве, становится главной исследовательской областью в науках об окружающей природной среде. Получение достоверных данных, позволяющих создать прогностические модели состояния природной среды и разработать систему природоохранных мероприятий, становится возможным только на основе глубокого комплексного исследования процессов миграции, трансформации и аккумуляции веществ-загрязнителей, форм их соединений в почве и поступления в растения.

В настоящее время широко изучены основные формы нахождения тяжелых металлов в почве, механизмы их аккумуляции, миграции и поступления в растения. Однако недостаточно исследованы динамика этих процессов во времени, влияние различных форм и доз минеральных удобрений на подвижность экотоксикантов в почве и их взаимодействие с различными группами почвенных соединений. И в меньшей степени изучены эти процессы в органогенных почвах.

Научная новизна. Автором диссертации проведен сопряженный анализ динамики процессов распределения цинка и кадмия в системе почва-растение на торфяной низинной и дерново-подзолистой почвах под действием калийных удобрений. В работе использована математическая модель накопления химических элементов из почвы, основанная на логистической функции, позволившей оценить параметры роста растений и накопления ими ряда макро- и микроэлементов в изменяющихся условиях среды при выращивании пшеницы яровой сортов: Красноуфимская-100 и Ленинградская-97.

Автором впервые отмечена смена типов взаимодействия (антагонизмсинергизм) между K-Cd в системе почва-растение при возрастании дозы калийного удобрения; выявлено воздействие фосфорных удобрений на увеличение доступности тяжелых металлов растениям; исследовано влияние микроорганизмов р. Pseudomonas на подвижность цинка и кадмия в почве и распределение их между основными группами и фракциями фосфатов торфяной низинной почвы.

Теоретическая и практическая значимость работы. Полученные результаты отражают важные аспекты влияния минеральных удобрений на подвижность цинка и кадмия в торфяной низинной почве и накопления этих элементов сельскохозяйственными растениями. Исследования, проведенные в очень широком диапазоне доз калийных и фосфорных удобрений, выявили закономерности поведения тяжелых металлов в системе почва-растение при увеличении концентрации макроэлементов в почве.

Изучена зависимость динамики накопления кадмия пшеницей яровой от типа почвы, дозы калийного удобрения, сортовых особенностей растений.

В результате проведения вегетационных опытов показаны широкие возможности применения логистической функции при исследовании динамики роста растений яровой пшеницы и выноса ими макро- и микроэлементов из органогенной и минеральной почв.

ПДК и ОДК тяжелых металлов для органогенных почв разработаны недостаточно, хотя торфяные низинные почвы могут активно использоваться под пашню в полевых и овощных севооборотах, а также в тепличном хозяйстве. Полученные результаты могут служить основой для определения нормируемых параметров загрязнения почв, а также для разработки методов снижения токсичного действия ТМ.

Установленные в ходе исследований закономерности распределения цинка и кадмия и накопления их пшеницей яровой и салатом могут послужить основой при проведении дальнейших полевых исследований по ведению растениеводства на загрязненной токсичными элементами территории. Выявленные накопления цинка и кадмия в растениях в зависимости от дозы сульфата калия и простого суперфосфата могут использоваться при разработке мероприятий по фиторемедиации почв, загрязненных этими химическими элементами.

Степень достоверности. Достоверность результатов исследований подтверждена обоснованным выбором методов исследований и средств измерений, тщательным планированием экспериментов, использованием соответствующих целям и задачам методов. Опытные данные прошли статистическую обработку, подтвердившую их существенность и соответствие сделанным в работе выводам и результатам экспериментов. Необходимый объем выборки данных обеспечен достаточным количеством повторностей опыта, либо достаточным количеством наблюдений в прецизионных исследованиях.

Основные выводы и результаты исследований озвучены на научных конференциях различного уровня и опубликовано 9 работ, в том числе 5 в изданиях, рекомендованных Высшей Аттестационной Комиссией (ВАК).

## Анализ содержания диссертационной работы

Диссертация изложена на 187 страницах, иллюстрирована 30 рисунками, содержит 24 таблицы. Работа состоит из введения, 5 глав, выводов, списка литературы, содержащего 251 источник, из них 97 англоязычных и 15 приложений в виде таблиц.

<u>Во введении</u> автором обоснована актуальность диссертационной работы, приведен анализ степени разработанности темы, научная новизна, сформулированы цели и задачи работы, приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Распределение тяжелых металлов в системе почва-растение» автором приведен аналитический обзор литературных источников по изучаемой тематике. Рассмотрены основные свойства торфяных почв, отвечающих за поведение тяжелых металлов в системе почва-растение. Автором изучены физико-химические характеристики цинка и кадмия, основные виды соединений ТМ и их трансформация в почве, а также формы поступления их в растения. Отмечены механизмы, снижающие подвижность тяжелых металлов в почве и ограничивающие поступление их в растения.

Во второй главе «Объекты и методы исследований» приведено описание методик поставленных экспериментов, дана характеристика объектов исследований: почв, сельскохозяйственных культур и микроорганизмов. Подробно изложена методика определения удельных скоростей роста растений и выноса ими химических элементов, используемая в работе при математической обработке полученных данных.

В третьей главе «Влияние калийных удобрений на распределение кадмия и некоторых макроэлементов в системе почва — растение» представлены результаты исследований влияния калийных удобрений на динамику роста пшеницы на загрязнённых кадмием почвах, а также изучена динамика сопутствующих процессов поступления основных макроэлементов (К, N, P, Mg и Ca) в растения пшеницы. Для проведения сравнительного анализа и выявления особенностей питания растения опыт был поставлен на двух различных почвах: органической (торфяной низинной почве) и минеральной (дерново-подзолистой почве).

Установлено, что логистическая функция, представленная в работе, хорошо описывает динамику нарастания массы пшеницы яровой сортов Красноуфимская –

100 и Ленинградская – 97 и динамику выноса химических элементов: Cd, K, P, N, Ca, Mg пшеницей из почвы. Автором выявлено, что удельная скорость выноса кадмия и кальция из торфяной низинной почвы в 2 раза ниже, чем из дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы, удельные скорости выноса K, P, N, Mg пшеницей не имели существенных отличий на минеральной и органогенной почвах.

При оценке влияния калийных удобрений на поступление кадмия в растения на торфяной почве зафиксирован эффект синергизма между калием и кадмием при накоплении их в растениях, сделано предположение, что вероятной причиной синергизма является вытеснение кадмия калием из ионообменных позиций в почвенно-поглощающем комплексе. На дерново-подзолистой почве автором отмечены два эффекта взаимодействия калия и кадмия при накоплении элементов пшеницей из почвы: синергизм и антагонизм. Проявление этих событий зависит от концентрации калия в почве. Эффект антагонизма между калием и кадмием при накоплении растениями отмечен в вариантах с высокими концентрациями калия в почве, вероятно, как результат конкуренции ионов на поверхности корневой системы растений.

В четвертой главе «Влияние фосфорных удобрений на подвижность цинка и кадмия в системе торфяная низинная почва-растения салата» приведены результаты вегетационного опыта по изучению влияния фосфорных удобрений на поступление тяжелых металлов в растения при комплексном загрязнении торфяной низинной почвы цинком и кадмием.

Установлено, что увеличение общего содержания фосфора в торфяной низинной почве за счет внесения удобрений способствовало возрастанию содержания подвижных соединений кадмия и цинка. При этом, выявлено, что подвижность цинка в почве зависит от содержания гидролизуемых соединений фосфора. Наибольший вклад в процесс снижения подвижности цинка вносят железофосфаты. Кадмий из однозамещенных фосфатов и фосфатов остатка пополняет концентрацию доступных для растений соединений этого элемента в торфяной низинной почве и увеличивает его накопление растениями салата. Вынос тяжелых металлов растениями салата возрастал при увеличении дозы фосфорного удобрения. Коэффициенты накопления цинка в растениях были в 1,4–3,6 раза выше, чем коэффициенты накопления кадмия.

В пятой главе «Влияние микроорганизмов г. PSEUDOMONAS на распределение цинка и кадмия в торфяной низинной почве» приведены результаты лабораторного опыта по изучению взаимного влияния цинка, кадмия и микроорганизмов на трансформацию соединений фосфора в торфяной низинной почве.

Было установлено, что фосфатредуцирующие микроорганизмы р. Pseudomonas несущественно увеличивали содержание подвижных соединений цинка и кадмия в торфяной низинной почве, при этом, подвижность цинка возрастала более заметно, чем подвижность кадмия. Концентрация подвижных соединений цинка в почве увеличивалась по отношению к контролю на 11% и 14% соответственно.

Далее в работе представлены основные выводы, полностью основанные на результатах проведенных исследований, представленных в диссертационной работе.

Достоинства. К достоинствам работы следует отнести рассмотрение процессов распределения кадмия в системе торфяная почва-растение в динамике. Исследовано влияние доз калийных удобрений на формирование удельной скорости выноса кадмия растениями из почв разных типов. Были изучены механизмы взаимодействия кадмия и макроэлементов при их накоплении растениями из торфяной почвы, проведен сопряженный анализ исследуемых явлений с подобными процессами, протекающими в дерново-подзолистой почве. Дано теоретическое обоснование особенностей поведения этого тяжелого металла в системе торфяная почва-растение.

Влияние фосфорных удобрений и фосфатредуцирующих микроорганизмов рода Pseudomonas на накопление цинка и кадмия растениями было исследовано с применением анализа фракционного состава почвенных фосфатов, что обогатило результаты исследований дополнительными данными, позволяющими более точно описать распределение тяжелых металлов в системе почва-растение.

Полученные в работе данные тщательно проанализированы с использованием методов дисперсионного и корреляционного анализа, проведена статистическая обработка результатов всех опытов.

Диссертация выполнена с использованием большого объема информационного материала, который включает мировые и отечественные литературные источники. В работе используются современные и общепринятые методы исследований, получен обширный материал опытных данных, проведен их анализ и выявлены достоверные результаты. Автором сделаны выводы, логично вытекающие из сути работы. Работа полностью соответствует целям, задачам и основной теме диссертации. В полной мере прослеживается личное участие автора

## Замечания.

- Отсутствие в работе полевых исследований не позволяет дать непосредственные рекомендации к ведению сельского хозяйства на территориях, загрязненных цинком и кадмием.
- 2. В опыте с микроорганизмами отсутствуют данные о количественном содержании бактерий рода *PSEUDOMONAS* и влиянии тяжелых металлов на их численность и жизнеспособность.
- 3. Главная особенность работы заключается в том, что исследования проводятся в вегетационных сосудах, т.е. в ограниченном пространстве. В этой связи было бы неплохо более подробно и в динамике отразить условия, в которых растения функционировали: влажность и температура почвы, тип водного режима, степень доступности влаги и пр.
- 4. О степени подвижности ТМ более объективно можно было бы судить при наличии их валовых запасов.

Заключение. Отмеченные недостатки не могут повлиять на положительную оценку диссертационной работы в целом. Диссертационная работа Сладковой Надежды Анатольевны имеет научную ценность, теоретическую и практическую значимость и является законченной научно-квалификационной работой.

Результаты работы могут быть полезны при разработке мероприятий по фиторемедиации почвы, загрязненной тяжелыми металлами, при определении нормативных показателей содержания цинка и кадмия в торфяной низинной почве, при планировании экспериментальной работы по ведению растениеводства на почвах, загрязненных тяжелыми металлами в натурных условиях.

Считаем, что представленная диссертационная работа «Распределение цинка и кадмия в системе торфяная почва — растение под влиянием фосфорных и калийных удобрений» выполнена на высоком теоретическом и экспериментальном уровне и отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям в соответствии с п. 9 действующего Положения о порядке присуждения ученых степеней, а её автор — Сладкова Надежда Анатольевна - заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 06.01.03 — агрофизика.

Отзыв составила заведующая лабораторией почв и болотных агроландшафтов, кандидат с.-х. наук Смирнова Анна Владимировна.

Зав. лабораторией почв и болотных агроландшафтов ФГУП «Кировская ЛОС» канд. с.-х. наук

А.В. Смирнова

Отзыв обсужден и утвержден на заседании Ученого Совета ФГУП «Кировская ЛОС» от «20» октября 2016 г., протокол № 5.

Федеральное государственное унитарное предприятие «Кировская лугоболотная опытная станция», 612097, Кировская область, Оричевский район, п.Юбилейный, д.33. Контактный телефон: (83354) 61-531адрес Web-сайта: <a href="http://losagro.ru">http://losagro.ru</a>

адрес электронной почты: bolotoagr

Подлинность подписи А.В. Смирь

110

инспектор по кадрам Е.Л. Платун