

На правах рукописи

Саптарова Лилияна Минкаировна

**ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В СИСТЕМЕ ВОДА-ПОЧВА-РАСТЕНИЕ  
В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ ТЕХНОГЕННО-ЗАГРЯЗНЕННОЙ ВОДОЙ**

Специальность 03.02.08 - Экология (биологические науки)

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Уфа – 2011

Работа выполнена в Государственном автономном научном учреждении  
Институт региональных исследований Академии наук Республики  
Башкортостан

Научный руководитель : доктор биологических наук, профессор  
Суяндукوف Ялиль Тухватович

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор  
Габбасова Илюся Масгутовна

доктор биологических наук, профессор  
Абрамова Лариса Михайловна

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Оренбургский  
государственный университет»

Защита состоится 9 декабря 2011 г. в 16 часов на заседании Объединенного диссертационного совета ДМ 002.136.01 при Учреждении Российской академии наук Институт биологии Уфимского научного центра РАН по адресу: 450054, г.Уфа, Проспект Октября, 69. Тел./факс (347)235-53-62. E-mail: [ib@anrb.ru](mailto:ib@anrb.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Учреждения Российской академии наук Института биологии УНЦ РАН, с авторефератом – в сети Интернет по адресу <http://ib.anrb.ru> и на сайте ВАК Минобрнауки РФ.

Автореферат разослан « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2011 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,  
кандидат биологических наук, доцент



Р.В.Уразгильдин

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Актуальность темы.** Загрязнение окружающей среды, в особенности воды, почв и растений, тяжелыми металлами (ТМ), обладающими высокой токсичностью, является актуальной экологической проблемой современности. По данным Я.Т.Суюндукова и Ю.А.Шагиевой (2001), Л.Н.Белан (2003) особенностью почв Зауралья Башкортостана является их естественный повышенный фон по содержанию ТМ, на который накладывается техногенное загрязнение. Одним из мощных антропогенных источников поступления токсикантов в окружающую среду являются отходы предприятий горнодобывающей промышленности (Шилова и др., 1984; Матвеев, Прохорова и др., 1985, 1988; Ильин и др., 2000; Шагиева и др., 2003, 2004). Кроме того, поступая через внутри- и надпочвенные стоки, тяжелые металлы выступают в качестве загрязнителей водоемов Зауралья. В свою очередь, водные объекты, в особенности реки, способствуют более активной миграции ТМ, которые вновь попадают на поверхность почвы, включаются в почвообразовательный процесс, поглощаются растениями и поступают в пищевые цепи живых организмов (Коршиков, 1996; Габбасов, 2000; Габбасова, 2003). Важную роль в водоснабжении промышленных предприятий, населенных пунктов и орошении сельскохозяйственных угодий Зауралья Башкортостана играет река Таналык.

Развитие орошаемого земледелия в регионе с использованием для полива водных ресурсов из естественных и искусственных водоемов, которое предусмотрено в рамках реализации «Среднесрочной комплексной программы экономического развития Зауралья на 2011-2015 годы», недостаточно обосновано с точки зрения охраны окружающей среды. В частности, остаются малоизученными вопросы влияния поведения тяжелых металлов в системе «вода-почва-растения».

**Целью исследований** явилось изучение динамики распределения тяжелых металлов в системе «вода-почва-растение» в условиях орошения техногенно-загрязненными водами реки Таналык.

### **Задачи:**

1. Изучить динамику загрязнения воды реки Таналык и почв прибрежной зоны тяжелыми металлами;

2. Определить содержание и взаимосвязь тяжелых металлов в садово-огородных почвах и в растениеводческой продукции в условиях орошения водой реки Таналык;

3. Исследовать закономерности накопления и распределения металлов в системах почва-растение, вода-растение в зоне орошения техногенно-загрязненными водами.

**Научная новизна.** Впервые в условиях Зауралья Башкортостана на основе комплексных исследований выявлены особенности накопления и распределения ТМ в системе «вода-почва-растение» в условиях орошения техногенно-загрязненными водами.

#### **Практическая и теоретическая значимость исследований.**

Результаты исследований позволяют дать оценку экологического состояния воды реки Таналык, почв и качества выращиваемой на них продукции растениеводства в пределах исследуемой территории. Результаты могут быть основой для проведения мониторинговых исследований по динамике тяжелых металлов в воде, почвах и растениях, а также для разработки основных направлений и методов природоохранных мероприятий, обеспечивающих экологическую безопасность населения в регионе. Результаты работы могут быть использованы Министерством природных ресурсов Республики Башкортостан для обеспечения экологической безопасности использования воды рек Башкирского Зауралья при орошении с целью повышения продуктивности растительной продукции.

#### **Основные положения диссертации, выносимые на защиту:**

- В результате загрязнения ТМ под влиянием отработанного карьера Куль-Юрт-Тау и города Баймак, качество воды в верховье реки Таналык не соответствует нормативным требованиям для воды рыбохозяйственного назначения.

- Садово-огородные почвы, расположенные в черте города Баймак, загрязнены относительно РГФ медью, цинком и кадмием под влиянием ОАО «БМЛЗ» и орошения техногенно-загрязненной водой реки Таналык.

- Концентрация тяжелых металлов в растениях зависит от их содержания в почвах и поливной воде. Она закономерно снижается с уменьшением общего объема поливной воды.

**Организация исследований.** Работа проводилась с 2008 по 2011 гг., выполнена в рамках плановой научно-исследовательской деятельности Государственного автономного научного учреждения Институт региональных исследований, а также по Государственной научно-технической программе Республики Башкортостан (госконтракт 17/3-Б).

**Декларация личного участия автора.** Автором определены цель и задачи, осуществлен выбор методов проведения исследований. Проведен сбор, обработка данных лабораторных исследований, подготовка материалов к опубликованию. Выполнена статистическая обработка результатов, анализ и обобщение полученных результатов, сформулированы научные положения и выводы.

**Апробация работы.** Основные положения диссертации были доложены и обсуждены на региональных (Уфа, 2008; Сибай, 2010а,б), на II Всероссийской (Уфа, 2010), Международной (Чебоксары, 2011 а,б) научно-практических конференциях.

**Публикации.** По материалам диссертационной работы опубликовано 12 научных работ, в том числе 2 в изданиях рекомендованных ВАК РФ

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов, список литературы. Работа изложена на 163 страницах, включая 15 таблиц, 25 рисунков. Список литературы включает 277 источника, в том числе 35 иностранных.

## **ГЛАВА 1. ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ**

Дается обзор литературы по характеристике природных и антропогенных источников поступления в окружающую среду ТМ (Минеев, 1982; Ильина, 1991; Овчаренко, 2001), которые являются наиболее опасными загрязнителями. ТМ способны накапливаться в почве, растениях, продуктах питания человека, вызывая необратимые процессы в его жизнедеятельности.

В Зауралье Башкортостана лимитирующим фактором земледелия выступает почвенная влага. Несмотря на имеющиеся многочисленные естественные реки и озера, а также построенные в последние годы водохранилища, запасы воды для поливного земледелия ограничены. Для многих водоемов Зауралья одной из важных проблем выступает качество

воды, которое в значительной степени определяется загрязнением тяжелыми металлами (ТМ), поступающими от естественных и антропогенных источников. В этом отношении не является исключением и река Таналык, которая является правым притоком реки Урал и протекает по всей территории Баймакского и Хайбуллинского районов РБ. Качество воды в р. Таналык соответствует категориям «грязная» и «очень грязная», часто наблюдается превышение концентрации тяжелых металлов (ТМ) над ПДК для воды рыбохозяйственных водоемов (Суюндуков и др., 2009).

В результате разлива рек в весеннее половодье, орошения и грунтовой подпитки весомый вклад в распространение ТМ вносят и водные объекты, находящиеся в зоне влияния предприятий. Вопросы содержания и динамики ТМ в системе вода-почва-растение в условиях орошения техногенно-загрязненной водой изучены недостаточно.

## **ГЛАВА 2. ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЗАУРАЛЬЯ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН**

Дано описание эколого-географических условий Зауралья РБ, для которого характерен резко континентальный климат с продолжительной суровой малоснежной зимой, теплым, иногда жарким летом. Среднегодовая температура составляет 1,4-1,8°C. Гидрографическая сеть представлена многочисленными реками, озерами и водохранилищами, входящими в основном в бассейн реки Урал. Господствует естественная степная растительность. В почвенном покрове преобладают черноземы, занимающие более 70% от всей площади территории.

## **ГЛАВА 3. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Объектами исследований явились вода р.Таналык, почвы прибрежной зоны и основные представители культур, возделываемые в садах и огородах. Река Таналык протекает с севера на юг по территории южных районов Зауралья РБ. Вода расходуется преимущественно для водоснабжения горнодобывающих предприятий и орошения земель. В то же время она является одним из наиболее загрязненных водных объектов, в ее бассейне сконцентрированы горнодобывающие предприятия Зауралья.

Исходные почвы района исследований были представлены аллювиальными луговыми черноземовидными почвами и черноземом обыкновенным. Аллювиальные луговые черноземовидные почвы (в черте города Баймак) характеризуются средне- и тяжелосуглинистым механическим составом, близким залеганием грунтовых вод, повышенным содержанием гумуса и довольно мощным гумусовым (А+АВ) горизонтом. Почва территории коллективного сада ОАО «Баймакский литейно-механический завод» представлена черноземом обыкновенным среднегумусным тяжелосуглинистым, имеющим наибольшее распространение в Зауралье РБ.

В исследованиях применялись маршрутно-полевой и лабораторный методы. Изучалась динамика содержания ТМ в воде верховья реки Таналык (в зонах влияния отработанного карьера Куль-Юрт-Тау и города Баймак). Для сравнительного изучения пробы воды отбирались в 7-и местах в реке Таналык: непосредственно при выходе из озера Графское (точка 2); в русле реки Таналык в месте впадения загрязняемого подотвальными водами притока (точка 3); при входе реки в черту города Баймак (точка 4); в центре города (первое водохранилище, точка 5); при выходе реки из черты города (точка 6), на удалении 3 км г.Баймак ниже по течению (второе водохранилище, точка 7). В качестве контроля отобрали воду в карьерной воде месторождения Куль-Юрт-Тау (точка 1). Анализ воды проводился в лаборатории Сибайского филиала Учалинского ГОК атомно-абсорбционным методом.

Для изучения содержания наиболее распространенных ТМ (Cu, Zn, Fe, Cd и Mn) в садово-огородных почвах прибрежной зоны нами проводились исследования в почвах садов и огородов населения г.Баймак, расположенных вдоль р.Таналык. Образцы отбирались на расстоянии 8-10 м от водоема в трех точках (1, 2 и 3 на огородных участках) вдоль берега водохранилища и ниже плотины (точка 4), а также в коллективном саду ОАО «Баймакский литейно-механический завод», расположенного на правобережье водохранилища в 3-х км ниже по течению, в 3-х площадках (5, 6 и 7) на удалении от берега соответственно 20, 40 и 70 м.

Пробы отбирались в пяти точках в каждой площадке, трехкратной повторности. Отбор и подготовка проб для химического анализа проводились по ГОСТ 17.4.4.02-84. Для сравнительной оценки степени загрязнения почвы использованы значения регионального геохимического фон (РГФ) по металлам Cu, Zn, Mn и Cd, установленные М.Г.Опекуновой с соавт. (2001), кларк железа по Р.Р.Бруксу (1986).

Нами были исследованы клубни картофеля, корнеплоды моркови и свеклы, которые являются наиболее распространенными во всех пробных площадках. Кроме того, содержание ТМ определялось и в органах (плодах, листьях, стеблях и корнях) плодовых культур: яблони и груши. Отбор и подготовка проб растительного материала проводились по ГОСТ 27662-87.

Определение ТМ в почве и растительном материале проводилось в аккредитованной лаборатории ФГУ Центр Агрохимической Службы «Башкирский» атомно-абсорбционным методом. Полученные данные обработаны статистическими методами с использованием стандартных компьютерных программ Microsoft Excel.

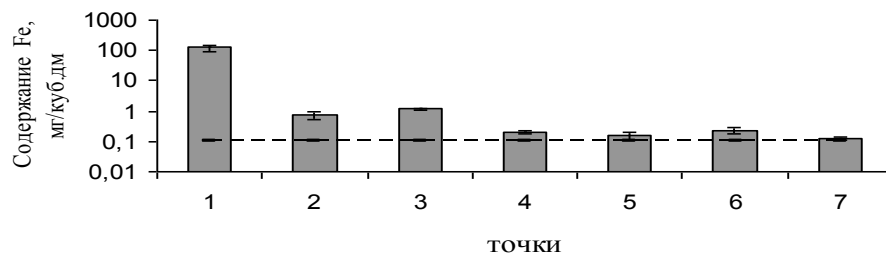
#### **ГЛАВА 4. АНТРОПОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДЫ р.ТАНАЛЫК**

Карьерная вода и городские стоки оказывают значительное отрицательное влияние на качественный состав воды р.Таналык.. В карьерной воде отмечено многократное превышение ПДК: Cu - 2500 раз, Zn - 248, Cd - 2, Mn -159, Fe - более 1000. В фоновом створе (при выходе из озера Графское) содержание тяжелых металлов в воде намного ниже, хотя также превышает уровень ПДК от 3 до 5 раз (рис. 1).

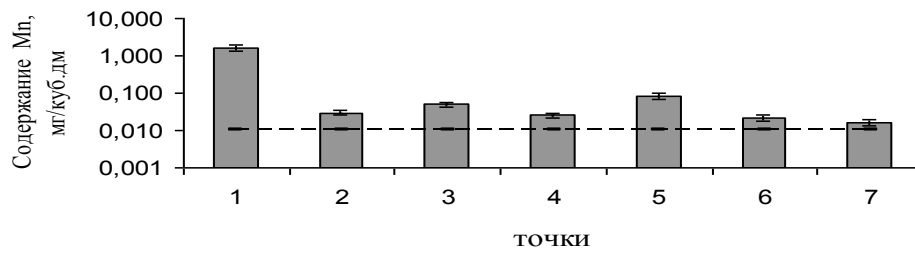
Это связано с естественным повышенным геохимическим фоном Башкирского Зауралья. Исключение составляет низкая концентрация кадмия.

Под влиянием инфильтрации карьерной воды происходит достоверное повышение содержания всех ТМ (точка 3). Далее вниз по течению реки в результате самоочищения концентрация металлов в воде падает, однако, под влиянием предприятий города Баймак вновь происходит повышение содержания ТМ до 4-6 раз. Ниже в 3-х км от г.Баймак во втором водохранилище (точка 7), в связи самоочищающей способностью реки, наблюдается значительное снижение содержания тяжелых металлов .

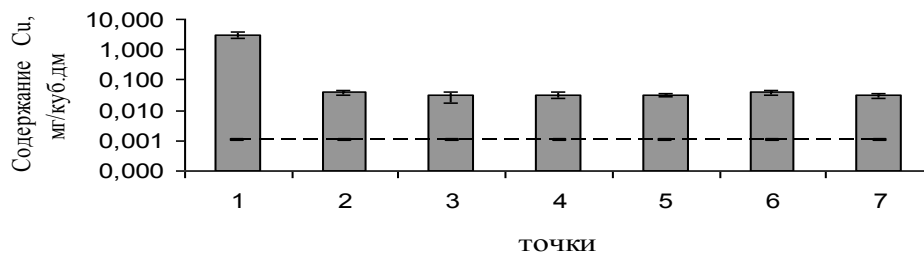




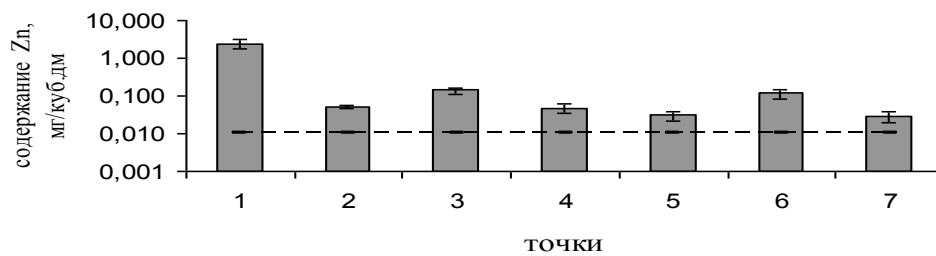
Fe



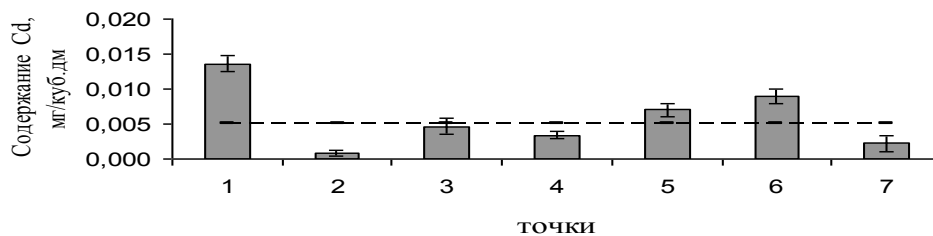
Mn



Cu



Zn



Cd

Рис. 1. Содержание тяжелых металлов в воде отработанного карьера и в р. Таналык. Усл. обозн.: 1-7 – точки отбора проб воды согласно методике исследований, ---- - ПДК.

По содержанию в воде реки Таналык ТМ располагаются в следующем убывающем ряду:  $Fe > Cu > Zn > Mn > Cd$ . В целом, в результате загрязнения ТМ под влиянием отработанного карьера Куль-Юрт-Тау и города Баймак, качество воды в верховье реки Таналык не соответствует нормативным требованиям для воды рыбохозяйственного назначения.

## **ГЛАВА 5. ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В СИСТЕМЕ ПОЧВА-РАСТЕНИЕ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ р.ТАНАЛЫК**

**Динамика содержания тяжелых металлов в почвах.** В результате разлива рек в весеннее половодье, грунтовой подпитки, а также орошения весомый вклад в распространение ТМ вносят и водные объекты, находящиеся в зоне влияния предприятий.

Данные по содержанию металлов в садово-огородных почвах прибрежной зоны р.Таналык приведены на рисунке 2.

Почвы садов и огородов, расположенные в черте г.Баймак, загрязнены ТМ, за исключением железа, в значительно большей степени по сравнению с почвами коллективного сада. Такая разница объясняется, во-первых, тем, что в черте города прибрежные почвы орошаются более загрязненной водой по сравнению с почвой коллективного сада. Во-вторых, коллективный сад сам находится на более удаленном расстоянии от месторождения Куль-Юрт-Тау, а также от города Баймак, которые являются источником аэрогенной эмиссии ТМ. В-третьих, исследуемые участки значительно отличаются и по длительности орошения.

Накопление ТМ в почвах имеет следующий убывающий ряд:  $Fe > Mn > Zn > Cu > Cd$ . Наиболее высокое содержание Mn, Zn, Cu и Cd наблюдается в почве площадки 4 в черте города Баймак вблизи первого водохранилища.

В среднем содержание меди в почвах в черте города превышает РГФ более чем в 5 раз, кадмия – в 8,9 раза, цинка – 1,4 раза. Содержание марганца ниже РГФ, железа – ниже кларка. Вниз по течению реки происходит самоочищение от ТМ, в результате чего вода нижерасположенного водохранилища значительно менее загрязненная. Это обстоятельство, а также некоторая удаленность от г.Баймак способствовали общему уменьшению содержания кадмия, цинка и меди в почвах коллективного сада.

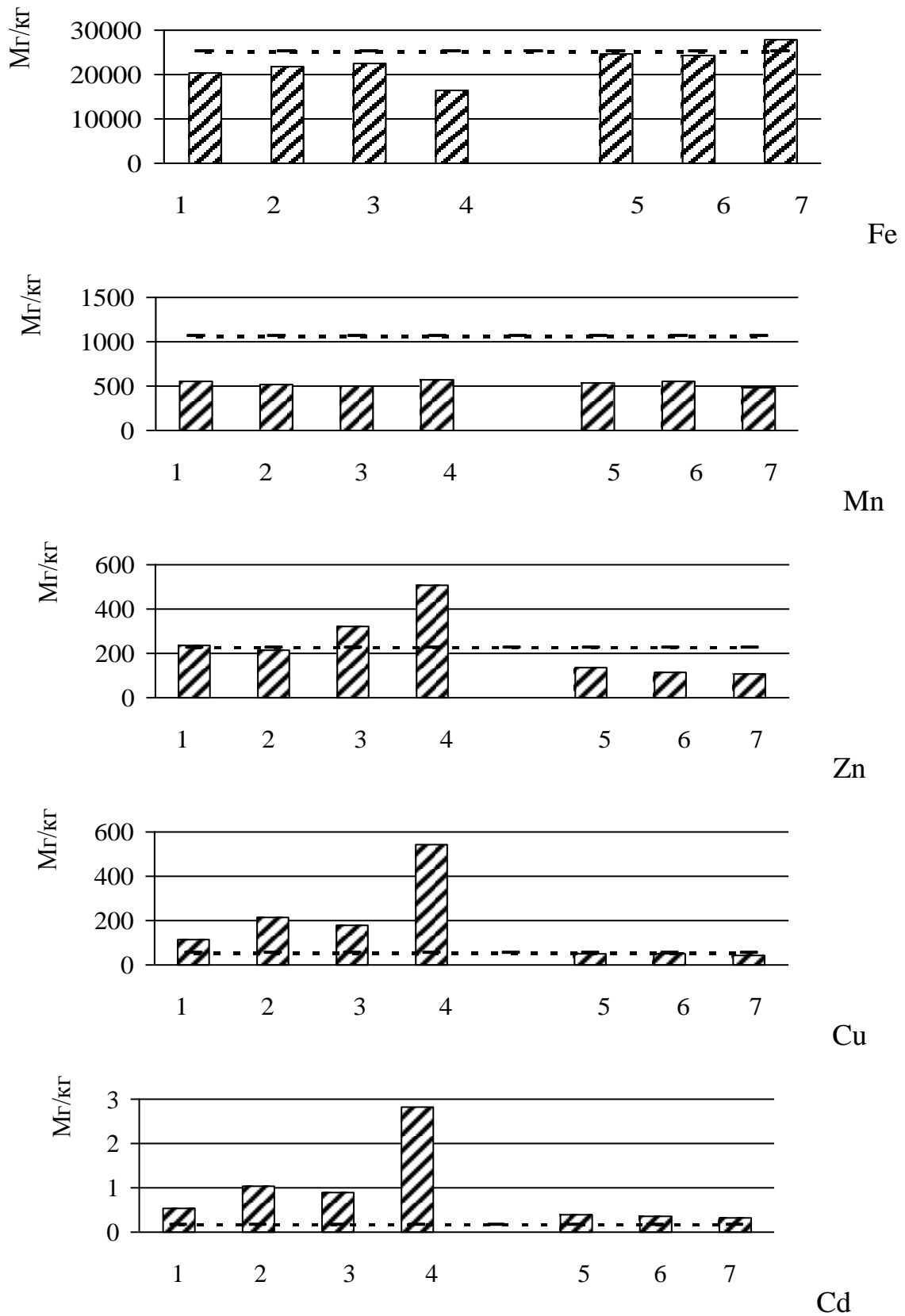


Рис. 2. Содержание ТМ в садово-огородных почвах (мг/кг). 1-7 – площадки согласно методике отбора почвенных проб; --- - РГФ (кларк).

Кроме того, в пределах коллективного сада отмечено постепенное снижение содержания названных металлов от площадки 5 к площадке 7. По всей вероятности, это связано с уменьшением грунтового поступления металлов, а также увеличением срока полива и общего объема поливной воды по мере удаления от водоема.

**Содержание тяжелых металлов в клубнях картофеля (*Solanum tuberosum* L.).** В клубнях, выращенных на территории коллективного сада, содержание железа достоверно выше, что связано с его повышенным содержанием в почве. Если на площадках 1-4 (в черте города) среднее содержание железа в клубнях картофеля составило 26,4 мг/кг и корреляционная зависимость слабая ( $r=0,3$ ), то на площадках 5-7 его концентрация выше более чем в два раза (61,7 мг/кг) (рис. 5.7) и между содержанием железа в почве и клубнях картофеля отмечена тесная положительная корреляционная связь ( $r=0,7$ ).

Среднее содержание марганца в черте города составило 1,7 мг/кг, в коллективном саду – 2,1 мг/кг. При этом какой-либо четко выраженной закономерности динамики металла в зависимости от расположения площадок не отмечено. Корреляционный анализ содержания марганца в почве и клубнях картофеля показал, что в черте города отмечается лишь слабая положительная корреляция ( $r=0,28$ ). При этом коэффициент корреляции недостоверен. В то же время как в коллективном саду отмечена средняя достоверная корреляционная связь ( $r=0,63$ ).

В черте города наблюдается тенденция постепенного повышения содержания цинка в клубнях картофеля, выращенного в прибрежных почвах вниз по течению (от площадки 1 к площадке 4), соответственно - от 17,8 до 27,8 мг/кг. Это связано с влиянием ОАО «БЛМЗ», который расположен ближе всех остальных к площадке 4.

Определение содержания Zn в клубнях картофеля, выращенного в коллективном саду, показало, что на площадке 5 оно составило 17,6 мг/кг и закономерно снижалось к площадкам 6 и 7, соответственно до значений 11,6 и 8,1 мг/кг с.в. Между содержанием цинка в почвах и клубнях картофеля отмечена сильная положительная корреляционная связь ( $r=0,92\div 0,93$ ).

В черте города Баймак наблюдаются повышенные значения меди ( $7,3 \div 10,7$  мг/кг) по сравнению с содержанием ее в клубнях, выращенных в коллективном саду ( $2,7 \div 5,3$  мг/кг с.в.). На площадках коллективного сада изменение содержания меди в почве нашло отражение в динамике их концентрации в клубнях картофеля: наблюдается четкая закономерность снижения его концентрации от площадки 5 к площадке 7. Между содержанием меди в почве и клубнях картофеля отмечена сильная положительная корреляционная связь ( $r=0,81 \div 0,88$ ).

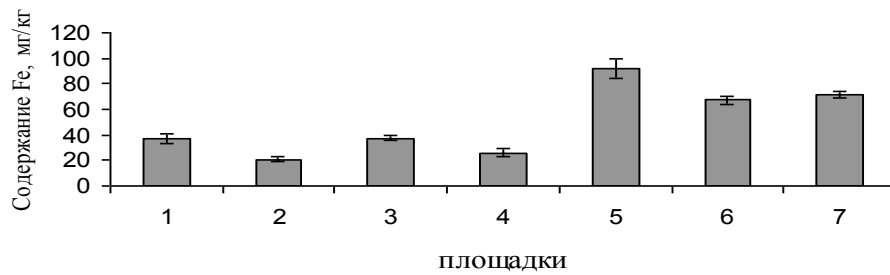
Аналогичная ситуация наблюдается с содержанием кадмия в клубнях картофеля (коэффициент корреляции составляет от 0,82 до 0,91).

В целом, изменение содержания металлов в почве нашло отражение в динамике их концентрации в клубнях картофеля. Содержание тяжелых металлов в них имеет следующий убывающий ряд  $Fe > Zn > Cu > Mn > Cd$ .

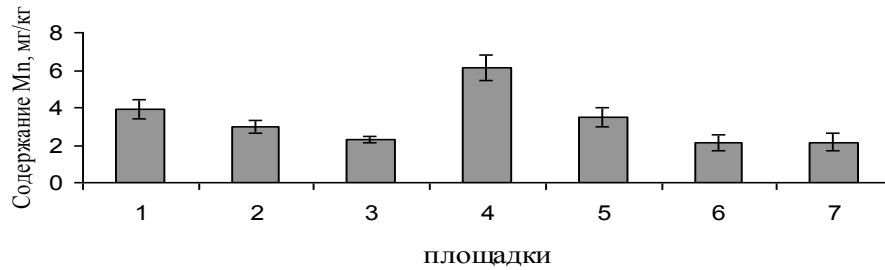
**Динамика содержания тяжелых металлов в корнеплодах моркови посевной (*Daucus carota* L.).** Содержание железа в корнеплодах, выращенных в черте города, значительно ниже по сравнению с корнеплодами из площадок коллективного сада (рис. 3).

В корнеплодах моркови, выращенной в черте города, по содержанию железа тенденции закономерного увеличения или уменьшения в зависимости от местоположения не наблюдается. В пределах коллективного сада самое высокое содержание железа в корнеплодах моркови (91,4 мг/кг) наблюдается на площадке 5, что является отражением его содержания в почве. По мере удаления от водоема отмечено достоверное снижение содержания железа в корнеплодах моркови. Корреляционная зависимость содержания железа в корнеплодах от его концентрации в почве слабая ( $r = 0,23 \div 0,29$ ).

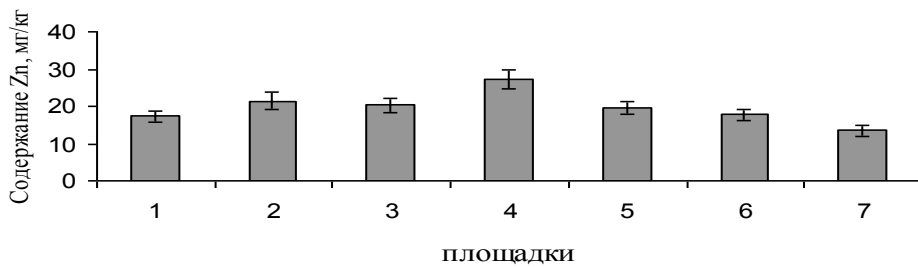
Наибольшее значение марганца в черте города Баймак отмечено в корнеплодах, выращенных на площадке 4. Между содержанием металла в почвах и корнеплодах моркови отмечена сильная достоверная корреляционная связь ( $r=0,91$ ). В пределах коллективного сада в корнеплодах моркови отмечено постепенное снижение содержания марганца от площадки 5 к площадке 7 при слабой корреляционной связи между содержанием его в почвах ( $r = 0,27$ ).



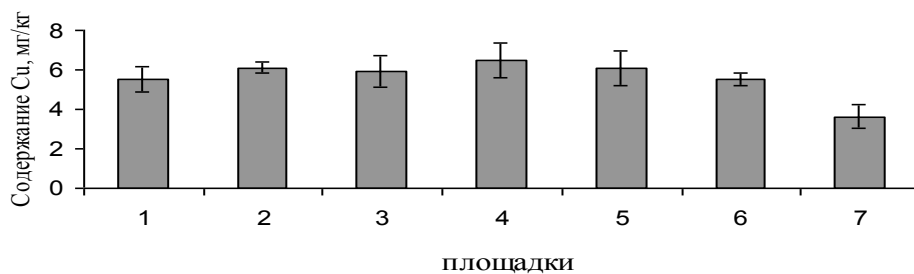
Fe



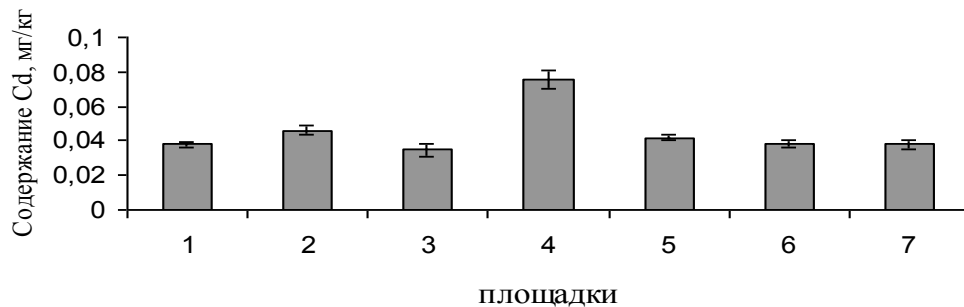
Mn



Zn



Cu



Cd

Рис. 3. Содержание кадмия в корнеплодах моркови (1-7 – площадки согласно методике отбора проб)

Концентрация цинка в корнеплодах моркови отражает динамику его содержания в почве. Из рисунка видно, что в черте города наблюдается тенденция повышения его вниз по течению реки – от 17,3 до 27,2 мг/кг, что коррелирует с данными анализа почвы ( $r=0,74$ ). В корнеплодах, выращенных на территории коллективного сада, отмечено закономерное снижение содержания цинка по мере удаления от водоема (от 19,8 до 13,5 мг/кг) при сильной достоверной корреляционной связи ( $r=0,72$ ).

Аналогичная ситуация наблюдается в корнеплодах моркови по содержанию меди и кадмия. Между содержанием меди в почвах и корнеплодах моркови в черте города отмечена средняя корреляционная связь ( $r=0,36$ ), в коллективном саду - тесная ( $r=0,88$ ), по кадмию коэффициенты корреляции составили соответственно 0,84 и 0,60.

**Динамика содержания тяжелых металлов в корнеплодах свеклы обыкновенной (*Beta vulgaris* L.).** Содержание Fe в корнеплодах свеклы, выращенной в коллективном саду значительно выше по сравнению с таковым в черте города. Это связано со спецификой концентрации данного металла в почвах исследуемых территорий.

В черте города Баймак не наблюдается закономерного изменения содержания железа в корнеплодах свеклы. Корреляционная связь содержания металла в корнеплодах и почве слабая ( $r=0,30$ ). В корнеплодах, выращенных в коллективном саду, отмечена средняя корреляционная связь ( $r=0,53$ ).

В черте города изменение концентрации марганца в почве нашло отражение в динамике его содержания в корнеплодах свеклы: наблюдается средняя достоверная корреляционная связь ( $r=0,51$ ). В пределах коллективного сада в корнеплодах отмечено незначительное снижение содержания марганца от площадки 5 к площадке 7 ( $r=0,35$ ).

По содержанию цинка в корнеплодах свеклы в черте города наблюдается тенденция повышения вниз по течению реки, что коррелирует с данными анализа почвы ( $r=0,97$ ). В корнеплодах свеклы, выращенной на территории коллективного сада, отмечено достоверное снижение содержания цинка от площадки 5 к площадке 7 ( $r=0,90$ ).

Аналогичная ситуация наблюдается в корнеплодах свеклы и по содержанию меди и кадмия. Для почв в черте города коэффициенты

корреляции составляют 0,58 и 0,97, в коллективном саду – соответственно 0,80 и 0,81.

Корреляционный анализ зависимости содержания металлов в клубне- и корнеплодах с их концентрацией в воде реки Таналык показал, что между ними в основном отмечается слабая степень корреляционной связи. Более заметная корреляция (средняя) отмечена по кадмию и марганцу.

### **5.3. Содержание тяжелых металлов в органах плодовых культур**

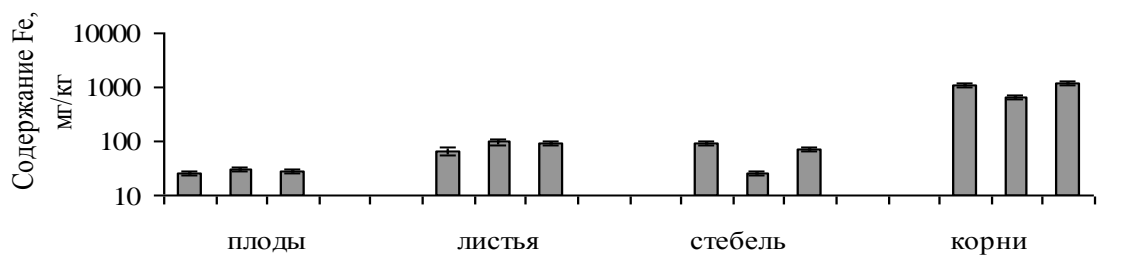
**Яблоня домашняя.** Данные по накоплению ТМ в органах яблони приведены на рисунке 4. По содержанию в органах яблони Fe образует следующий убывающий ряд: корни > листья > стебли > плоды. Между содержанием железа в почве и корнях яблони, а также в почве и стеблях отмечена средняя положительная корреляционная связь ( $r$  равна соответственно 0,64 и 0,32).

Средняя положительная корреляция отмечена и по содержанию железа в корнях и стеблях ( $r=0,35$ ). В отношении его содержания в плодах и листьях яблони корреляции с почвенными данными не выявлено.

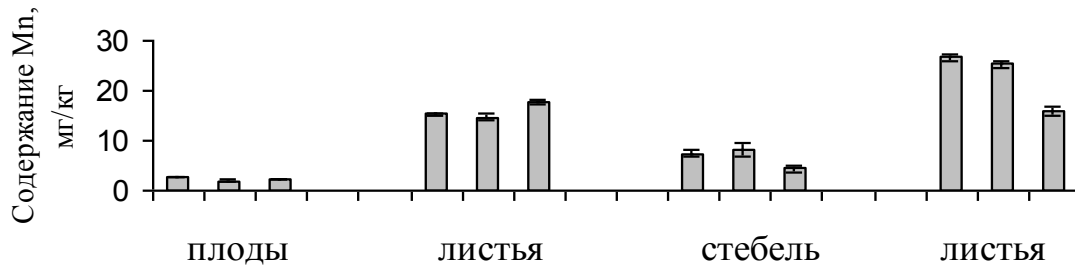
В отношении содержания марганца в плодах и листьях яблони в зависимости от расстояния от водоема четкой закономерности не наблюдается. Динамика содержания Mn в стеблях и корнях яблони закономерно отражает ее изменение в почве: наблюдается достоверное уменьшение по мере удаления от водоема. Отмечена тесная положительная корреляционная связь содержания металла в почве и органах яблони (корнях и стеблях,  $r$  соответственно 0,93 и 0,88). Тесная корреляция отмечена по содержанию марганца в корнях и стеблях ( $r=0,78$ ).

Содержание цинка в плодах яблони относительно невысокое и колеблется также в небольших пределах - от 3,3 до 3,4. Какой-либо закономерности изменения содержания в них данного металла от площадки 5 к площадке 7 не отмечено ( $r=0,14$ ). В листьях, стеблях и корнях наблюдается статистически достоверное снижение концентрации металла вдоль указанного градиента, что является отражением содержания цинка в почвах: коэффициенты корреляции составляют соответственно 0,87, 0,86 и 0,94.

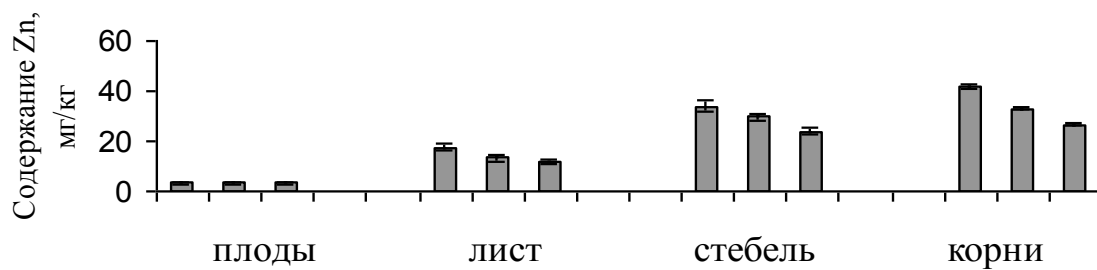




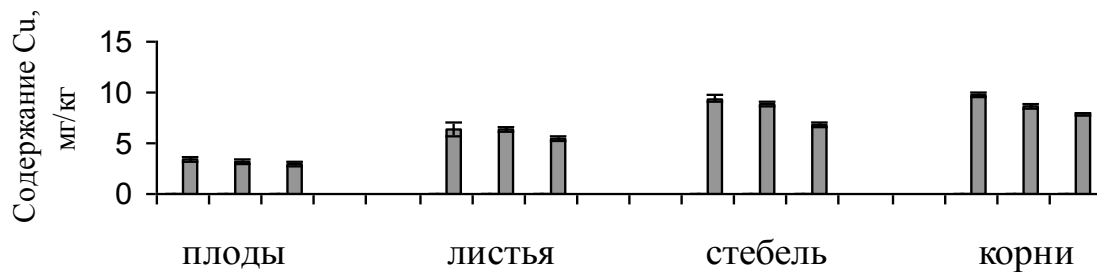
А



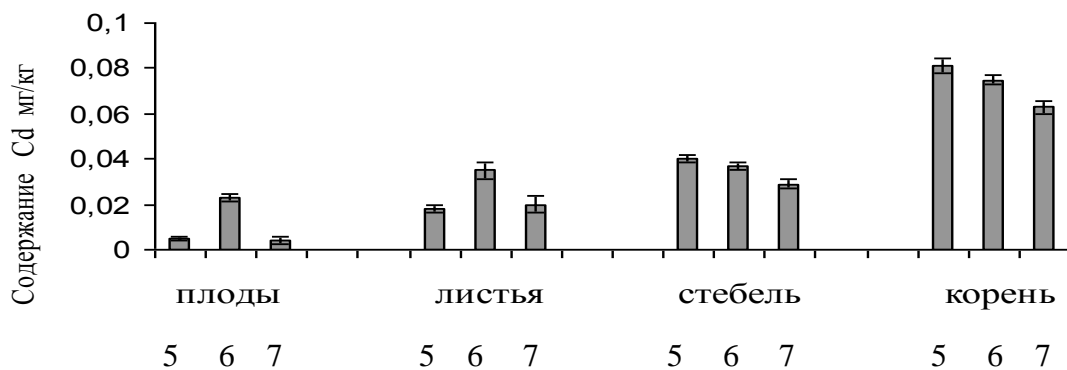
Б



В



Г



Д

Рис. 4. Содержание металлов в органах яблони на территории коллективного сада (5-7 – площадки согласно методике отбора проб)

Отмечены тесные корреляционные связи между органами: листья-стебли ( $r=0,85$ ), листья-корни ( $r=0,80$ ) и стебли-корни ( $r=0,91$ ).

По содержанию меди в органах яблони наблюдается аналогичная закономерность: коэффициенты корреляции с концентрацией ее в почве составили для листьев 0,69, для стеблей 0,91 и для корней 0,74. Наблюдается тенденция снижения меди в плодах яблони по мере удаления от водоема ( $r=0,54$ ). Между содержанием меди в корнях и стеблях отмечена тесная ( $r=0,87$ ), между остальными органами – средняя ( $r=0,59\div 0,69$ ) степень корреляционной связи.

В стеблях и корнях яблони отмечено закономерное и достоверное снижения кадмия вдоль градиента уменьшения срока и количества поливной воды. Отмечена тесная корреляционная связь между содержанием кадмия в почве и названных органах ( $r=0,79$  и  $0,76$ ). По отношению к концентрации металла в плодах и листьях коэффициенты корреляции составили соответственно 0,39 и 0,31. Тесная корреляционная связь отмечена по содержанию кадмия в стеблях и корнях ( $r=0,87$ ), средняя – между органами плоды-листья ( $r=0,60$ ), плоды-стебли ( $r=0,42$ ), плоды-корни ( $r=0,49$ ), слабая – стебли-листья ( $r=0,17$ ) и корни-листья ( $r=0,24$ ).

**Груша обыкновенная.** В плодах груши концентрация железа варьирует от 26,9 до 30,1 мг/кг, в листьях – 70,1-89,9 мг/кг, в стеблях - от 36,3 до 38,9 мг/кг и в корнях - от 1013,3 до 1055 мг/кг сухого вещества. По содержанию железа органы груши образуют следующий убывающий ряд: корни - листья - стебли - плоды. Не отмечена зависимость концентрация железа в плодах и листьях груши от его содержания в почве. В корнях и стеблях она в некоторой степени отражает его динамику в почве: отмечена средняя положительная корреляционная связь ( $r$  равна соответственно 0,33 и 0,45). Средняя корреляционная зависимость по содержанию железа отмечена между листьями и стеблями; между листьями и корнями, стеблями и корнями ( $r$  от 0,35 до 0,63).

Содержание марганца в плодах груши колеблется в небольших пределах – от 2,8 до 2,9 мг/кг, в листьях– 20,5-22,1 мг/кг, в стеблях – 5,9 -6,4 мг/кг, в корнях - 21,8- 43,4 мг/кг с.в. Между содержанием металла в почве и его концентрацией в плодах и листьях коэффициенты корреляции составили

соответственно 0,34 и 0,32. Наибольшее содержание марганца наблюдается в корнях, затем в убывающей последовательности – в листьях, стеблях и плодах груши.

Содержание Mn в корнях груши закономерно и достоверно уменьшается по мере удаления от водоема, что отражает его динамику в почве. По содержанию марганца в почве и органах груши (корнях и стеблях) отмечена сильная корреляционная связь ( $r$  соответственно равен 0,78 и 0,86). Кроме того, анализ показал тесную положительную связь по концентрации марганца в стеблях и корнях ( $r=0,89$ ), среднюю – между органами листья-корни ( $r=0,37$ ), плоды-стебли ( $r=0,68$ ), плоды-корни ( $r=0,57$ ) и слабую – плоды-листья ( $r=0,10$ ), листья-стебли ( $r=0,07$ ).

Содержание цинка в плодах груши не коррелирует с концентрацией металла в почве ( $r=0,16$ ). По концентрации металла в листьях, стеблях и корнях наблюдается статистически достоверное закономерное его снижение от площадки 5 к площадке 7, что является отражением содержания металла в почвах данных площадок ( $r$  равен соответственно 0,59, 0,63 и 0,90). Отмечена тесная корреляционная связь между органами: плоды-стебли ( $r=0,75$ ) и листья-стебли ( $r=0,88$ ), средняя - плоды-листья ( $r=0,69$ ), слабая ( $r=0,30$ ) - корни-листья, корни-стебли.

По содержанию меди в органах груши наблюдается аналогичная закономерность. По концентрации в органах груши медь образует следующий убывающий ряд: корни > листья > стебли > плоды. В органах груши содержание меди коррелирует с его концентрацией в почве: коэффициенты корреляции составили для плодов 0,68, для листьев 0,55, для стеблей 0,7 и для корней 0,79. Корреляционная связь содержания меди в плодах и листьях средняя ( $r=0,69$ ), между остальными органами – тесная (от 0,73 до 0,91).

Наибольшее содержание кадмия отмечено в корнях, затем в убывающей последовательности - в стеблях, листьях и плодах. В отношении содержания исследуемого металла в плодах и листьях груши четкой закономерности изменения в зависимости от расстояния от водоема не наблюдается. В динамике содержания Cd в корнях и стеблях груши наблюдается достоверное уменьшение его по мере удаления от водоема и

закономерно отражается динамика его концентрации в почве: коэффициенты корреляции составляют соответственно 0,84 и 0,74. Отмечена также тесная положительная корреляционная связь по концентрации кадмия в органах: плоды-листья ( $r=0,91$ ), плоды-стебли ( $r=0,85$ ), листья-стебли ( $r=0,89$ ), стебли-корни ( $r=0,91$ ), средняя корреляция - между органами плоды-корни ( $r=0,63$ ) и листья-корни ( $r=0,68$ ).

## ВЫВОДЫ

1. Концентрация тяжелых металлов в воде реки Таналык имеет следующий убывающий ряд:  $Fe > Cu > Zn > Mn > Cd$ . Несмотря на самоочищающую способность реки, в результате загрязнения под влиянием отработанного карьера Куль-Юрт-Тау и промышленных и городских стоков г.Баймак, содержание в ней ТМ превышает ПДК и качество воды не соответствует нормативным требованиям для воды рыбохозяйственного назначения.

2. Накопление тяжелых металлов в почвах прибрежной зоны р.Таналык имеет следующий убывающий ряд:  $Fe > Mn > Zn > Cu > Cd$ . Почвы садов и огородов, расположенные в черте г.Баймак, загрязнены ТМ, за исключением железа, в значительно большей степени по сравнению с почвой коллективного сада. В почвах коллективного сада вдоль градиента увлажнения по мере удаления от водоема отмечено закономерное снижение содержания тяжелых металлов. Между содержанием металлов в воде и почве прибрежной зоны р.Таналык по цинку, меди и кадмию отмечена тесная ( $r=0,71 \div 0,89$ ), по марганцу и железу средняя ( $r=0,41 \div 0,66$ ) корреляционная связь.

3. Содержание тяжелых металлов в почве отражается в их концентрации в запасующих органах клубне- и корнеплодов. Наибольшее содержание ТМ наблюдается в корнеплодах свеклы, далее – моркови, наименьшее - в клубнях картофеля. По накоплению в клубне- и корнеплодах металлы образуют следующий убывающий ряд:  $Fe > Zn > Mn > Cu > Cd$ . Между концентрацией в почве и клубне- и корнеплодах по Zn, Cu и Cd отмечена тесная корреляционная связь ( $r=0,72 \div 0,86$ ), по Fe и Mn – средняя ( $r=0,39 \div 0,49$ ).

По концентрации металлов (Zn, Cu и Cd) в органах яблони и груши отмечено их увеличение в ряду плоды-листья-стебли-корни. Содержание Mn и Fe в листьях яблони и груши ниже, чем в стеблях. Максимальное накопление всех изученных металлов отмечено в корнях плодовых культур, что подтверждает барьерную роль корневой системы в пищевой цепи почва-растение. Между концентрацией в почве Zn, Mn, Cu и Cd и содержанием их в корнях и стеблях плодовых культур отмечена тесная ( $r=0,63\div 0,94$ ), по железу – средняя корреляционная связь ( $r=0,31\div 0,64$ ). Теснота корреляционной связи концентрации Zn, Mn, Cu и Cd в почве с их содержанием в листьях груши средняя ( $r=0,32\div 0,59$ ), в плодах – от слабой до средней. Концентрация Zn и Mn в почве коррелирует с содержанием их в листьях яблони тесно, в плодах – слабо, Cu и Cd в листьях и плодах - в средней степени. Благодаря барьерной функции корней и других органов растений, зависимость содержания тяжелых металлов в плодах от их концентрации в почве незначительная, что способствует получению экологически более доброкачественной продукции.

#### **Список работ, опубликованных по теме диссертационной работы**

##### ***Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ***

1. Саптарова Л.М., Суюндуков Я.Т., Бактыбаева З.Б. Влияние воды реки Таналык на содержание тяжелых металлов в почве и растениях // Аграрная наука. 2010. № 9. С. 9–11.
2. Саптарова Л.М., Суюндуков Я.Т. Содержание тяжелых металлов в органах плодовых культур // Аграрная наука. 2011 № 11. С. 15-16.

##### **Публикации в других изданиях**

3. Бактыбаева З.Б., Саптарова Л.М. Загрязнение реки Таналык тяжелыми металлами под влиянием предприятий горнопромышленного комплекса // Социально-экономические проблемы Уральского региона Республики Башкортостан: Республиканская науч.-практ. конференции (26 сентября 2008 г.). В 2-х частях. Ч. I. Уфа: РИЦ БашГУ, 2008. С. 183–185.
4. Суюндуков Я.Т., Саптарова Л.М., Бактыбаева З.Б., Кутлугалямова Р.А. Динамика содержания меди в воде реки Таналык в зоне влияния месторождения Куль-Юрт-Тау и города Баймак // Уральский регион Республики Башкортостан: человек, природа, общество: материалы региональной научно-практической конференции (8 октября 2009 г.). Уфа: Зауральский филиал ФГОУ ВПО «Башкирский ГАУ», 2009. С. 321–324.
5. Саптарова Л.М., Бактыбаева З.Б., Суюндуков Я.Т. Содержание тяжелых металлов в садово-огородных почвах прибрежной зоны р.Таналык в черте г.Баймак // Агроэкологические и социально-экономические проблемы и

перспективы развития АПК Зауралья: материалы региональной научно-практической конференции (22–23 апреля 2010 г.). Сибай: Зауральский филиал ФГОУ ВПО «Башкирский ГАУ», 2010. С. 31–34.

6. Суюндуков Я.Т., Саптарова Л.М., Бактыбаева З.Б. Тяжелые металлы в садово-огородных почвах прибрежной зоны верховья р.Таналык // Устойчивое развитие территорий: теория и практика: материалы II Всероссийской научно-практической конференции (20 мая 2010 г.). Уфа: ФГОУ ВПО «Башкирский ГАУ», 2010. С. 173–177.

7. Суюндуков Я.Т., Саптарова Л.М., Бактыбаева З.Б. Содержание тяжелых металлов в системе почва-растение (на примере картофеля) при орошении водой реки Таналык // Уральский регион Республики Башкортостан: человек, природа, общество: материалы региональной научно-практической конференции. Сибай: Изд-во ГУП РБ «СГТ», 2010. С. 352-354.

8. Саптарова Л.М. Физико-химические свойства садово-огородных почв и динамика содержания тяжелых металлов в зоне орошения реки Таналык // Уральский регион Республики Башкортостан: человек, природа, общество: материалы региональной научно-практической конференции. Сибай: Изд-во ГУП РБ «СГТ», 2010. С. 326-329.

9. Саптарова Л.М. Динамика содержания тяжелых металлов в садово-огородных почвах и корнеплодах // Устойчивое развитие территорий: теория и практика: материалы III Всероссийской научно-практической конференции (19 мая 2011 г.). Уфа: Зауральский филиал ФГОУ ВПО «Башкирский ГАУ», 2011. С. 251-254.

10. Саптарова Л.М., Суюндуков Я.Т. Динамика содержания тяжелых металлов в органах плодовых культур // Устойчивое развитие территорий: теория и практика: материалы III Всероссийской научно-практической конференции (19 мая 2011 г.). Уфа: Зауральский филиал ФГОУ ВПО «Башкирский ГАУ», 2011. С. 254-257.

11. Саптарова Л.М., Бактыбаева З.Б., Суюндуков Я.Т. Динамика содержания тяжелых металлов в воде верховья реки Таналык // Экологические проблемы природных и антропогенных территорий: Материалы Международной научно-практической конференции. Чебоксары: Новое время, 2011. С. 234-236.

12. Саптарова Л.М., Бактыбаева З.Б. Влияние полива на физико-химические свойства садово-огородных почв // Экологические проблемы природных и антропогенных территорий: Материалы Международной научно-практической конференции. Чебоксары: Новое время, 2011. С. 255-256.

Саптарова Лилияна Минкаировна

**ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В СИСТЕМЕ ВОДА-ПОЧВА-РАСТЕНИЕ  
В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ ТЕХНОГЕННО-ЗАГРЯЗНЕННОЙ ВОДОЙ**

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук