

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет  
имени И.Т. Трубилина»

На правах рукописи

**ПОГОРЕЛОВ Александр Вячеславович**



**ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ  
ТЫКВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ИХ  
В УСЛОВИЯХ ЮГА РОССИИ**

Специальность: 4.1.4 Садоводство, овощеводство, виноградарство и  
лекарственные культуры

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Научный руководитель:  
кандидат биологических наук,  
доцент Чернышева Наталья  
Викторовна

Краснодар – 2026

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	4
<b>1 СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА ИССЛЕДОВАНИЯ</b> .....	11
1.1 Источники и миграция тяжелых металлов в окружающей среде.....	11
1.2 Накопление некоторых тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями.....	27
<b>2 УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ, МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ</b> .....	42
2.1 Погодно-климатические условия в период проведения исследований .....	42
2.2 Почвенные условия .....	47
2.3 Объекты исследований.....	51
2.4 Методы и методики исследований .....	55
<b>3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ</b> .....	63
3.1 Влияние свойств чернозема выщелоченного и лугово-черноземных почв рисового севооборота на накопление в вегетативных и генеративных органах тыквы тяжелых металлов при комплексном воздействии загрязнителей.....	63
3.2 Определение комплексного влияния тяжелых металлов на биометрические показатели и урожай тыквы на изучаемых почвах.....	76
3.3 Влияние сортовых особенностей тыквы на накопление меди и кадмия при выращивании на почве чернозем выщелоченный.....	93
3.4 Накопление меди и кадмия в тыкке при выращивании на лугово-черноземных почвах рисового севооборота в зависимости от сортовых особенностей.....	101

3.5 Содержание в тыкве тяжелых металлов в зависимости от их концентрации в атмосферных осадках при выращивании ее на почве чернозем выщелоченный .....	109
3.6 Накопление в вегетативных и генеративных органах тыквы тяжелых металлов в зависимости от концентраций в атмосферных осадках при выращивании на лугово-черноземных почвах рисового севооборота.....	114
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	121
<b>ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ</b> .....	123
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	124
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b> .....	143

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** Увеличение численности населения на планете требует соответствующего увеличения темпов развития сельскохозяйственного производства. Современные технологии, применяемые в промышленности и сельском хозяйстве, существенно снижают загрязнение окружающей среды, однако оно всё же происходит. В последние десятилетия загрязнение окружающей среды приобрело угрожающие масштабы. В атмосферу и гидросферу выбрасываются миллионы тонн разных видов загрязнителей. Кроме того, в связи с интенсификацией сельскохозяйственного производства происходит загрязнение сельскохозяйственных угодий, что в конечном итоге обязательно скажется на качестве и урожае сельскохозяйственных растений. Загрязняющие вещества, которые оказались в атмосфере или гидросфере в основном накапливаются в почве или донных отложениях. В дальнейшем их ждет миграция по соответствующим трофическим цепям, в которых часто одним из звеньев является человек.

В окружающей среде под действием природных факторов часть загрязняющих веществ быстро распадается, другая часть – переходит в труднодоступную для растений форму и долгие годы ждет своего часа для воздействия на сельскохозяйственные растения.

Среда, в которой мы живем, во времени изменяется в основном под действием антропогенного фактора. В целом можно утверждать, что эти изменения имеют продолжительный характер, а их проявления могут обнаруживаться, как через несколько дней или часов, так и через несколько десятилетий после попадания на объект.

«К таким опасным загрязнителям для сельскохозяйственного производства и окружающей среды относятся тяжелые металлы. Они в основном попадают в атмосферу в составе аэрозолей, значение которых в химическом загрязнении воздуха крайне велико» [6, 113, 127].

Почва обладает высокой поглотительной способностью, она довольно хорошо может удерживать положительно заряженные ионы металлов. Постоянное поступление загрязнителей в различных количествах приводит в конечном итоге к их накоплению. На юге России сельскохозяйственное производство многие десятилетия является одним из основных видов деятельности человека. При этом в почву поступает огромное количество химических загрязнителей различного вида при использовании химических препаратов. Ну и, конечно, не малая часть загрязнителей поступает в почву из атмосферы и гидросферы. К сожалению воздействие тяжелых металлов в целом на биосферу будет со временем только увеличиваться. Проблема, связанная с изучением миграции тяжелых металлов по трофическим цепям в дальнейшем будет еще больше актуализироваться, так как техногенные геохимические аномалии будут постоянно увеличиваться в связи с тем, что будут возрастать масштабы и интенсивность хозяйственной деятельности человека.

«Таким образом, так называемый «металлический пресс» в целом на биосферу и в частности на сельскохозяйственные угодья будет увеличиваться, следовательно, он превращается в постоянно действующий мощный экологический фактор» [68, 74].

Установить величину фитотоксичности металла для растений и микроорганизмов почвы, довольно трудно. Эту задачу приходится решать каждый раз для различных растений с учетом их чувствительности к металлам, а также на различных почвах для одного и того же вида растений.

Растительная пища в рационе человека занимает ведущее место. Содержание различных витаминов и питательных веществ делают ее не заменимой. Однако при выращивании сельскохозяйственных растений может происходить их загрязнение, которое в конечном итоге попадает в организм человека и оказывает негативное влияние на его здоровье. Поэтому исследования по возможному накоплению тяжелых металлов в различных сельскохозяйственных растениях имеют актуальное значение, которое в продолжении следующих лет будет увеличиваться.

В условиях юга России исследований по выращиванию тыквы на почвах, загрязненных тяжелыми металлами не проводилось. Определенный интерес при этом вызывают исследования по загрязнению этого замечательного растения при возможном аэральном выпадении загрязненных осадков.

Поэтому уже в 2020 году эти исследования на территории полей ВНИИ риса г. Краснодара были начаты с учетом различного использования почв, разных сортов тыквы и определенного спектра тяжелых металлов. В связи с тем, что это растение имеет большую вегетативную массу, которая к тому же располагается довольно близко к поверхности почвы, при изучении загрязнения растения от выпадающих осадков следует учитывать еще и фактор подъема почвы при ударе капли дождя.

На основе полученного экспериментального материала разработаны предложения по выращиванию тыквы на исследуемых почвах в условиях юга России при комплексном влиянии тяжелых металлов. Актуальность работ в этом направлении в дальнейшем будет расти.

Изучена миграция тяжелых металлов в тыквенные растения в зависимости от сортовых особенностей, почвенных условий и концентрации тяжелых металлов в растворе атмосферных осадков для юга России.

**Степень разработанности темы.** Южные регионы России были и остаются важнейшими аграрными территориями, где выращивается большой спектр сельскохозяйственных растений. Плодородные почвы позволяют получать высокие урожаи качественной продукции. Поэтому черноземы всегда считались «золотым» запасом страны. Их надо охранять, беречь и использовать только по прямому назначению – выращивать сельскохозяйственные растения при высокой культуре земледелия. Однако использование многие десятилетия химических препаратов, привнесение загрязнителя воздушным путем или водным привело к снижению качественных показателей почвы. Произошло накопление различных загрязнителей в почвенном субстрате. В результате миграционных процессов из почвы в растения и при выпадении загрязненных атмосферных осадков на растения возможно их накопление, что в конечном итоге может привести не только к утрате

качества продукции, но и к потере самого урожая этой сельскохозяйственной культуры.

В настоящее время проблеме возможного использования загрязненных почв для выращивания тыквенных растений уделяется большое внимание. Кроме того, требуется изучить возможность снижения содержания загрязняющих веществ в продуктах питания сельскохозяйственного происхождения.

«Следует отметить, что подобные исследования выполнялись ранее в различных областях России» [1 – 3, 6, 25, 34, 78, 80, 94 – 104, 113, 117 – 119, 127, 138, 161, 165, 166, 170, 189, 201]. Однако исследований по возможному выращиванию тыквы на почвах, загрязненных тяжелыми металлами в условиях юга России ранее не выполнялись.

**Цель и задачи исследования** – изучить влияние техногенного загрязнения тяжелыми металлами тыквенных растений при выращивании их в условиях юга России и разработать предложения для производства тыквы на исследуемых почвах.

В соответствии с поставленной целью были решены **следующие задачи**:

1. Изучить накопление тяжелых металлов в вегетативных и генеративных органах тыквы в зависимости от свойств чернозема выщелоченного и лугово-черноземных почв рисового севооборота;
2. Исследовать влияние загрязнителя на биометрические показатели и урожай тыквы на изучаемых почвах;
3. Определить содержание изучаемых тяжелых металлов в тыквенных растениях в зависимости от их сортовых особенностей;
4. Изучить влияние концентраций тяжелых металлов в атмосферных осадках на их накопление в изучаемых растениях;
5. Разработать предложения для выращивания тыквы в условиях юга России при комплексном влиянии тяжелых металлов на изучаемых почвах.

#### **Научная новизна.**

Впервые изучена миграция и накопление тяжелых металлов в вегетативных и генеративных органах тыквы в зависимости от свойств чернозема выщелочен-

ного и лугово-черноземных почв рисового севооборота;

впервые установлено влияние исследуемого загрязнителя на биометрические показатели и урожай тыквы на изучаемых почвах;

впервые определено содержание тяжелых металлов в вегетативных и генеративных органах тыквенных растений в зависимости от сортовых особенностей;

впервые изучено влияние концентраций тяжелых металлов в атмосферных осадках на их накопление в тыквенных растениях;

разработаны предложения для выращивания тыквы в условиях юга России при комплексном влиянии тяжелых металлов на изучаемых почвах.

### **Теоретическая и практическая значимость.**

Теоретическое значение работы заключается в том, что полученная в полевых условиях научная информация позволит объективно оценить влияние изучаемых факторов не только на биометрические показатели тыквенных растений, но и на качество и количество выращиваемого урожая.

Изучены варианты выращивания тыквы с наименьшим накоплением тяжелых металлов. Определены сорта с наименьшим накоплением тяжелых металлов. Установлено влияние тяжелых металлов на урожай выращиваемого сельскохозяйственного растения. Определены наиболее подходящие (из изученных) почвы для выращивания тыквы при их загрязнении тяжелыми металлами.

На основании экспериментального материала разработаны и практически в полевых условиях испытаны предложения для выращивания тыквы в условиях юга России при комплексном влиянии тяжелых металлов.

**Методология и методы исследований.** Основу методологии составляет работа по изучению источников научной литературы ученых разных стран по теме исследований, научного обоснования актуальности изучаемой проблемы, постановки цели и разработке задач для ее достижения. Для получения экспериментального материала был применен метод полевых исследований с использованием общепринятых агрохимических методов для анализа почв и растений.

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

1. На лугово-черноземных почвах рисового севооборота в вегетативных ор-

ганах и плодах тыквы меньше накапливается меди и кадмия, чем при выращивании на почве чернозем выщелоченный;

2. На лугово-черноземных почвах рисового севооборота кадмий оказал большее влияние на биометрические показатели тыквы, чем на почве чернозем выщелоченный. Урожай тыквы сортов Мраморная и Прикубанская на почве чернозем выщелоченный был выше, чем на лугово-черноземных почвах рисового севооборота.

На лугово-черноземной почве рисового севооборота произошло наибольшее снижение биометрических показателей тыквы под действием меди. При концентрации ее в атмосферных осадках в 5 ПДК снижение урожая сортов Мраморная и Прикубанская на почве чернозем выщелоченный соответственно составило на 10 % и 27 %, на лугово-черноземной почве рисового севооборота соответственно – на 30 и 43 %;

3. Сорт тыквы Мраморная отличается наибольшим накоплением меди в плодах в сравнении с сортом Прикубанская на изучаемых почвах. Наибольшим накоплением кадмия отличается сорт Ромашечка в сравнении с сортом Мраморная и Прикубанская на лугово-черноземной почве рисового севооборота;

4. Накопление изученных тяжелых металлов в плодах сортов Мраморная, Прикубанская и Ромашечка зависит от концентрации раствора, нанесенного на растение. Полученный в полевых условиях экспериментальный материал позволяет разработать предложения для выращивания тыквы в условиях юга России при комплексном влиянии тяжелых металлов.

**Степень достоверности.** Исследования по изучению миграции и накоплению тяжелых металлов в тыкве сортов Мраморная, Прикубанская и Ромашечка на почве чернозем выщелоченный и на лугово-черноземной почве рисового севооборота проведены в период 2020 – 2022 гг. При обработке полученного экспериментального материала был применен метод дисперсионного анализа. Часть экспериментального материала была обработана вручную, другая – большая, с использованием Microsoft Office Excel 2007. В процессе обработки экспериментального материала получены коэффициенты корреляции, оценена достоверность разницы

сравниваемых величин. Принятый уровень  $P = 0,95$ ,  $F > 3$ .

**Апробация работы.** Материалы экспериментальных полевых исследований доложены на 6 международных и всероссийских конференциях: международная научно-практическая конференция «Социально-гуманитарный аспект научного знания: современность и перспективы развития», Краснодар, 2021; Всероссийская научно-практической конференции «Экология и природопользование», Краснодар, 2022; международная научно-практическая конференция «Современные тенденции в селекции и семеноводстве тыквенных культур. Традиции и перспективы», ВНИИССОК, 2022; Всероссийская научно-практическая конференция «Экология и природопользование: устойчивое развитие сельских территорий», Краснодар, 2023; международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов, преподавателей «Российская цивилизация в эпоху глобальной эволюции: обеспечение безопасности и поиск путей решения проблем в условиях меняющегося миропорядка», г. Армавир, 2023; международная научно-практическая конференция «Приоритетные направления развития науки и технологий», Тула, 2024.

**Личный вклад автора.** Автор на основании проработанной научной литературы выбрал тему исследований и обосновал ее актуальность. Для постановки эксперимента автором разработана схема опыта, подобраны современные методы и методики для выполнения поставленных задач. Лично автором был заложен полевой опыт, отобраны образцы проб и проанализированы. Автор подготовил публикации в научных журналах и опубликовал накопленный им экспериментальный материал по теме исследований.

**Публикации.** Автором по теме диссертации опубликовано 11 научных работ (4 из которых, в журналах, рекомендованных ВАК).

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 3 глав, заключения, предложений, библиографического списка из 201 наименования. В работе 161 страница текста, 18 таблиц, 39 рисунков, 12 таблиц приложения.

## **1 СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА ИССЛЕДОВАНИЯ**

### **1.1 Источники и миграция тяжелых металлов в окружающей среде**

Вследствие деятельности различных промышленных предприятий в окружающую среду попадет большое количество загрязняющих веществ. В связи с ростом численности населения требуется всё больше промышленной и сельскохозяйственной продукции, что влечет за собой и рост выбрасываемых загрязняющих веществ в биосферу. Причиной увеличения загрязнителей в окружающей среде является не только рост производства, но и не совершенные технологии, слабое экологическое воспитание, недостаток средств на экологические мероприятия и т.д.

В настоящее время всё более актуальными становятся работы В.И. Вернадского (учение о биосфере, ноосфере), который еще в прошлом веке предостерегал человечество от хищнического отношения к природе. Ноосфера – сфера разума, как иногда просто пытаются дать ей определение. Тем не менее, всегда ноосфера оставалась и остается сферой взаимного влияния, взаимного действия человека и природы. В настоящее время можно с уверенностью сказать, что человек стал тем самым определяющим фактором, от которого во многом зависит останется ли жизнь на планете Земля. Конечно, в основном человечество уже определилось в том, что только гармоничная взаимосвязь всех составляющих структуры есть основа устойчивого существования и развития ноосферы.

В течение многих сотен лет человек «преобразовывал верхнюю оболочку Земли». Вначале его действия не наносили сильного вреда окружающей среде. Но постепенно они становились все более смелыми и масштабными. То есть человек уже стал мощной силой способной изменять не только микроклимат, но и оказывать сильное воздействие на климатические факторы, вызывающие глобальные изменения. Очень часто человек даже понимая последствия продолжает свои действия связанные с увеличением прибыли, увеличением своего благосостояния.

Тем не менее, конечно же следует соизмерять свои потребности с возможностями биосферы. Возможное воздействие на нее должно быть дозировано разумом. Постепенно биосфера преобразуется в ноосферу, где ее развитие должно приобрести направляемый характер.

В 21 веке наиболее распространенными абиотическими факторами, которые выходят на первый план по влиянию на биоту являются загрязняющие вещества и ионизирующее излучение.

Загрязнением называют любое возможное изменение абиотических факторов, пищевых продуктов, которые могут вызвать нежелательное влияние на здоровье человека и других живых организмов. Загрязнение биосферы может быть физическим, биологическим, химическим и т.д.

«В настоящее время под химическим загрязнением почв понимают – накопление в почве различных химических веществ, в основном антропогенного характера, в таких количествах, которые оказывают негативное действие на живые организмы, даже могут вызывать их гибель» [4, 7, 9, 10, 12, 15, 19, 20, 24, 26, 28, 29, 31, 42 – 47, 68, 77, 110, 125, 139, 152, 159, 181, 184, 187, 195]. Особую опасность химические вещества оказывают накапливаясь в почве в составе подвижных соединений. В этом состоянии они легко усваиваются растениями. Кроме того, в растения загрязняющие вещества попадают из атмосферы и гидросферы. В дальнейшем по трофическим цепям они поступают в организмы животных, человека. В зависимости от токсичности загрязняющих веществ, их концентраций, накопленного количества может произойти отравление живого организма или его гибель.

По словам известного почвовед-академика Российской академии наук М.С. Соколова: «Почва – это живой организм». Поэтому одной из главных причин довольно низкой ее продуктивности является деградация и патология. Почвы, подвергшиеся деградации, практически утратили природную микрофлору и не способны выполнять свои функции по производству продукции.

В настоящее время современные почвы подразделяют на три основные группы: здоровые – это почвы не деградированные, окультуренные, различающи-

еся по плодородию; больные – это в различной степени деградированные почвы; аномальные – почвы различных биогеохимических провинций.

Конечно, следует предупреждать и не допускать деградации почв.

Наибольшую опасность для почв любого региона России представляют тяжелые металлы – ртуть, кадмий, медь, свинец и др., химические препараты – ДДТ, дильдрин, гептахлор, гексахлорбензол и др., а также суперэкоотоксиканты, ПАУ. Опасность для почв представляют пестициды, нефтепродукты, ТЕРН (тяжелые естественные радионуклиды). Тяжелые естественные радионуклиды и радионуклиды техногенного происхождения еще и тем опасны, что они даже в небольших активностях могут наносить большой вред сельскохозяйственным растениям.

«В дальнейшем загрязненные почвы не только снижают или не позволяют получить оптимальный урожай сельскохозяйственных растений» [5, 11, 13, 17, 18, 21, 23, 27, 30, 31, 42, 44, 71, 83, 144, 153, 154, 196].

Один из основных способов защиты сельскохозяйственной продукции от вредителей и болезней – химический способ. Во всем мире этот способ интегрированной защиты занимает ведущее место. Тем не менее следует отметить, что опасность пестицидов обусловлена их высокой биологической активностью, подвижностью в естественной среде (биосфере) и способностью аккумулироваться.

«Кроме того, некоторые пестициды способны сохранять токсичные свойства в течение довольно длительного времени» [33, 35, 41, 48, 93].

Качественное состояние окружающей среды оценивают по одному из важнейших санитарно-гигиенических критериев – предельно-допустимой концентрации.

Конечно, прямых контактов человека с почвой очень мало, например, при вдыхании в организм человека может попасть пылеватая фракция почвы. Однако опосредованно, через другие компоненты, например, по пищевым цепям: почва – растение – человек; почва – растение – животное – человек; почва – вода – человек и т.д. загрязнитель довольно легко может оказаться в организме любого живого существа.

Многие химические вещества находятся в почве и должны в ней находиться в оптимальных для «жизни» почвы количествах.

«Представление об обязательной токсичности тяжелых металлов является заблуждением, так как в эту же группу попадают медь, цинк, молибден, кобальт, марганец, железо, т. е. те элементы, большое позитивное биологическое значение которых давно обнаружено и доказано. Некоторые из них в сельском хозяйстве получали название микроэлементов, что было связано не с их величиной, а с теми концентрациями, в которых они необходимы живым организмам. Следовательно, микроэлементы и тяжелые металлы – понятия, относящиеся к одним и тем же элементам, но используемые в разных значениях, характеризующих, скорее всего, их концентрацию в почве, удобрениях и продукции растениеводства и животноводства. Справедливо использовать термин «тяжелый металл», когда речь идет об опасных для животных организмов концентрациях элемента с относительной атомной массой более 40 и говорить о нем же, как о микроэлементе в том случае, когда он находится в почве, растении, организме животных и человека в нетоксичных концентрациях или используется в малых количествах, как удобрение или минеральная добавка к корму для улучшения условий роста, развития растений и животных» [6, 28, 32, 36, 40, 50, 58, 75].

Исходя из собранного теоретического материала стало ясно, что ПДК для почв должна устанавливаться не только по общесанитарному показателю (это принято для других сред), но и по транслокационному, миграционному водному и миграционному воздушному.

«Пределно допустимые концентрации тяжелых металлов в почвах приведены в таблице 1» [110].

Логично представить, а так оно и есть, что накопление тяжелых металлов в почве во многом зависит от содержания их в атмосфере. Известно, что концентрации тяжелых металлов в почве выше на территориях, прилегающих к промышленным объектам и другим источникам возможного выброса загрязнителей в атмосферу. Распространение и масштабы загрязнения могут быть подтверждены аварийными ситуациями на предприятиях. Так, например, после аварии на Черно-

быльской АЭС масштабы загрязнений оказались просто колоссальными. Радиоактивно загрязненные территории были обнаружены в Европе далеко от источника аварии.

Таблица 1 – «Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов в почвах (мг/кг)», [110]

Элемент	Кларк почв (Виноградов, 1962)	ПДК	Показатель вредности		
			общесанитарный	транслокационный	миграционный водный
Общее содержание					
марганец	$8 \times 10^2$	$15 \times 10^2$	$15 \times 10^2$	$35 \times 10^2$	$15 \times 10^2$
ванадий	$1 \times 10^2$	$1,2 \times 10^2$	$1,50 \times 10^2$	$1,70 \times 10^2$	$3,50 \times 10^2$
свинец	10	$0,32 \times 10^2$	$0,30 \times 10^2$	$0,35 \times 10^2$	$2,60 \times 10^2$
ртуть	$1 \times 10^{-2}$	$0,021 \times 10^2$	5,0	$0,021 \times 10^2$	$0,33 \times 10^2$
Подвижные соединения					
медь	$0,20 \times 10^2$	3	3	3,5	$0,72 \times 10^2$
никель	$0,40 \times 10^2$	4	4	4	$0,14 \times 10^2$
цинк	$0,50 \times 10^2$	$0,23 \times 10^2$	$0,37 \times 10^2$	$0,93 \times 10^2$	$2,00 \times 10^2$
кобальт	$0,08 \times 10^2$	5	5	$0,25 \times 10^2$	$10 \times 10^2$
кадмий	0,7	0,5	0,5	0,5	0,6

В атмосфере тяжелые металлы в основном находятся в виде аэрозолей, иногда в виде твердой пылеватой фракции. На почву они попадают вместе с различными осадками – дождем, снегом, градом и т.д. Качественный состав загрязнителей, которые выпадают вместе с осадками на почву, в первую очередь зависит от источника, от которого они попали в атмосферу и этот спектр может быть различным. В основном тяжелые металлы и другие загрязнители в атмосферу попадают от промышленных предприятий, поэтому качественный состав тяжелых металлов и других видов загрязняющих веществ будет зависеть от специфики промышленного производства. Например, предприятия тяжелой промышленности и

цветной металлургии могут выбрасывать в атмосферный воздух соединения меди, цинка, кадмия, кобальта, свинца и других химических элементов.

«Каменный уголь содержит церий, хром, свинец, медь, кадмий, олово и другие элементы. Ртуть может находиться в нефти (0,02 – 30 мг/кг)» [6, 29, 37, 39, 61, 64, 68, 79, 85, 150].

Конечно, определенное количество тяжелых металлов при сжигании топлива остается в золе, однако часть их всё же выносится с горячим воздухом через дымовые трубы в атмосферу. В зависимости от величины самих частиц зависит расстояние, на которое будут они перенесены. На процесс переноса загрязняющих окружающую среду веществ, кроме того будут оказывать погодные явления, рельеф местности, высота заводской трубы и т.д. Примерно около 10 – 20 % от общего выброса в атмосферу загрязняющих почву веществ распространяются на расстояние от 10 км и более от источника. Поэтому в дальнейшем возможны одновременно два пути проникновения загрязнителя в растение – аэральный, через устьица растения и корневой.

Аэральный вариант загрязнения почвы играет заметную роль и, что очень важно, в дальнейшем этот транспорт загрязнителя к почве будет усиливаться в связи с ростом промышленного производства. Одной из ключевых проблем в изучении загрязнения почв тяжелыми металлами в настоящее время является выяснение закономерностей миграционных процессов в различных компонентах агроэкосистем или различных природных экологических систем. Это важнейшее направление в изучении «поведения» тяжелых металлов в биогеоценозах определяется тем, что эти и другие загрязняющие вещества участвуют в пищевых цепях, которые в конечном итоге в основном завершаются человеком, как одним из последних ее звеньев.

Для получения высоких и стабильных урожаев почву требуется удобрять. Для специалистов сельского хозяйства одним из основных требований к удобрениям является их хорошая растворимость. Однако при том, что в удобрениях находятся требуемые для растений вещества, в них так же содержатся и тяжелые металлы. Дело в том, что при производстве минеральных удобрений используется

определенное сырьё. В нем то и содержится этот загрязнитель и, не только тяжелые металлы. Становится ясно, что количество тяжелых металлов и их качественный состав сильно зависит от сырья и технологии его переработки. Наиболее существенными, как по набору, так и по концентрациям примесей тяжелых металлов являются фосфорные удобрения. Качественный и количественный состав тяжелых металлов сильно зависит от способа получения удобрений, например, если удобрения производят с участием ортофосфорной кислоты.

В сельскохозяйственных регионах нашей страны многие десятилетия для получения высоких урожаев сельскохозяйственных растений применяют удобрения. Данный прием известен и не оспаривается. Однако при этом в почву попадает большое количество веществ, которые растения или не используют для своего роста и развития вообще, или используют, но определенное их количество.

«Не использованные химические элементы постепенно переходят в малодоступную или не доступную форму для растений, загрязняя при этом почву. Однако при определенных условиях (подкисление почвы) часть этих загрязняющих веществ может высвобождаться» [6, 14, 41, 52, 54, 55, 57, 60, 62, 63, 65, 87, 114 – 116, 183].

Для улучшения роста и развития сельскохозяйственных растений применяют удобрения. Большинство из них производят из природного сырья. В зависимости от того откуда это сырьё во многом будет зависеть качественный и количественный состав загрязнителей.

В таблице 2 приведены некоторые из них.

Так же следует заметить, что заграничные удобрения, произведенные из местного сырья будут сильно отличаться от удобрений Российского производства. Причина этого различия кроется не столько в технологии их производства, сколько в содержании различных примесей в сырье, из которого произведено удобрение. Последствия применения таких удобрений на территориях других стран могут быть различными.

Таблица 2 – «Среднее содержание тяжелых металлов в удобрениях, мг/кг» [54]

Тяжелые металлы	Удобрения		
	Двойной гранулированный суперфосфат	Аммиачная селитра	Хлористый калий
Pb	3,45	1,12	1,32
Co	0,16	0,15	0,19
Cu	1,87	0,47	2,40
Zn	1,42	1,35	2,50

Во, первых, предельно допустимые концентрации в разных странах разрабатываются с учетом содержания примесей в сырье, во-вторых, многократное применение таких удобрений может довольно быстро увеличить содержание некоторых загрязнителей в почве, так как они содержатся в больших количествах в сырье и производимых из них удобрениях, в-третьих, это несет в себе дополнительную химическую нагрузку в почве по тяжелым металлам из этих удобрений.

Среди химических элементов тяжелые металлы отличаются особой токсичностью.

«К токсичным элементам можно отнести: Ni, Cu, Cd, Co, Zn, Sn, As, Se, Te, Rb, Ag, Au, Hg, Pb, Pm, Sb, Sr, Bi, Pt» [8, 10, 15, 31, 38, 44 – 46, 56, 71, 73, 76, 92, 106, 108, 144, 153, 154].

Для сельскохозяйственной местности не менее важным источником загрязнения почв является применение пестицидов. Использование пестицидов в настоящее время практикуется практически на всех сельскохозяйственных растениях. Некоторые пестициды содержат в своем составе тяжелые металлы, например, ртуть, цинк, медь, железо.

«Фунгициды могут содержать медь, цинк. К таким соединениям относятся: трихлорфенолят меди  $(C_6H_2Cl_3O)_2Cu$ , купрозан (37,5 % хлорокиси меди и 15 % цинеба), медный купорос  $CuSO_4 \times 5H_2O$ , хлорокись меди  $3Cu(OH)_2 \times CuCl_2 \times H_2O$ , цинеб  $C_4H_6N_2S_4Zn$ , цирам  $C_6H_{12}N_2S_4Zn$ . Для борьбы с грызунами используют

фосфид цинка  $Zn_3P_2$ . Длительное применение препаратов, содержащих тяжелые металлы часто приводит к накоплению их в почве в токсичных для растений концентрациях» [6].

При длительном использовании препаратов, содержащих медь, происходит накопление её в почве. Известно, что высокие содержания некоторых химических элементов после превышения предельно-допустимых концентраций их содержания почве, оказывают уже не благотворное влияние на растения, а наоборот – угнетают их или даже могут привести к гибели.

Мобильность многих тяжелых металлов в почве зависит от различных факторов. Одним из них является кислотность почвы (Таблица 3).

Таблица 3 – «Подвижность микроэлементов в почве в зависимости от величины рН» [31]

Кислотность почвы	Степень подвижности элементов		
	практически неподвижен	слабо подвижен	подвижен
Кислая, рН<5,5	Mo	Ni, Se, Co, Pb, Cr, V, As	Cu, Cd, S, Ni, Zn, Hg Sr, Ba
Слабокислая, нейтральная, рН 5,5–7,5	Pb	Sr, Ba, Cr, Ni	Zn, V, As, S
Щелочная, сильнощелочная, рН 7,5–9,5	Pb, Ba, Co	Co, Mo, Hg, Zn, Ag, Sr, Cu, Cd	Mo, V, As, S

Мобильность миграционных процессов во многом зависит от биогеохимических провинций, где находятся изучаемые растения. Поэтому большую роль в этом механизме оказывают климатические и почвенные условия. Нельзя при выполнении и получении экспериментального материала в одной биогеохимической провинции делать выводы о поведении загрязняющих веществ в другой, отличающейся по указанным факторам.

«Содержание различных химических элементов в почве может сильно отличаться в зависимости от биогеохимических провинций, что в конечном итоге проявится и в содержании их в растениях» [74 – 76].

Барьером при поступлении загрязняющих веществ в организм растений может быть, как само растение, так и фактор времени. С течением времени мобильность некоторых тяжелых металлов и других загрязняющих веществ может снижаться. И, конечно, барьером в этом процессе может служить почва. Однако большую роль в этом случае играет ее состояние.

В условиях глобального загрязнения биосферы различными поллютантами особое место должны занять комплексные исследования комбинированных воздействий на окружающую среду. Эти исследования в настоящее время приобретают актуальнейшее значение. Они должны выполняться в динамике в различных регионах страны. В дальнейшем, опираясь на полученный в полевых условиях экспериментальный материал, можно будет вести речь о создании модели «поведения» загрязнителей в окружающей среде.

Комплексные исследования в этом направлении позволят приблизить решение проблемы в изучении особенностей сочетанного действия различных загрязнителей на компоненты окружающей среды. Кроме того, исследования, связанные с миграцией тяжелых металлов в динамике по временам года, а также в течение нескольких лет позволят точнее оценить экологические функции почв при различных вариантах техногенного загрязнения. Динамика накопления различных загрязнителей в растениях позволит определить виды, в которых накопление происходит больше, а также избирательность по отдельным химическим элементам.

«На миграцию тяжелых металлов в почве большое влияние оказывает почвенная влага, осадки. В целом наблюдается тесная связь накопления тяжелых металлов в растениях при увлажнении почвы» [6, 8, 22, 38, 51, 53, 66, 67, 90, 91, 95 – 105, 107, 109, 112, 120, 122 – 124, 158, 168].

В почве не прекращаются процессы синтеза и разложения органического вещества. Поэтому можно утверждать, что происходит круговорот элементов минерального питания по цепи почва – растения – почва.

«По этой причине многие вещества минерального или органического происхождения, находящиеся в почве, могут менять свои свойства» [11, 16, 23, 30, 47, 51, 71, 77, 111, 113, 121, 148, 149].

Миграция тяжелых металлов в почвах может происходить из-за различных процессов и действий. Например, вертикальная миграция загрязнителей почвы может происходить под действием силы тяжести. В зависимости от типа почв этот процесс может идти с различной скоростью.

«Химическим соединениям элементов, которые находятся в водорастворимой или в обменной фракции, характерен конвективный перенос с помощью капиллярных и гравитационных сил» [5].

«Передвижение углесолей вверх в основном из карбонатного слоя почвы к гумусовому горизонту происходит по причине «обратных токов воды» [17 – 19, 27, 30, 36, 45, 75, 81, 82, 130, 135, 136, 142, 143, 148, 156, 162, 163, 171, 178, 179, 180].

В целом влияние почвы проявляется в снижении биологической подвижности (накапливаемости в растениях) тяжелых металлов при увеличении содержания в почве обменных катионов, органического вещества, физической глины и ила, минералов монтмориллонитовой группы, емкости поглощения. Одним из факторов, определяющим сорбцию тяжелых металлов в почвах, является рН среды.

«С увеличением рН почвы поглощение большинства тяжелых металлов увеличивается. Причиной этого действия является образование менее растворимых органо-глинистых комплексов» [96].

При изучении миграционной способности различных загрязняющих веществ, следует обратить внимание на особенность черноземов, которая касается высокой поглотительной способности. Известно, что черноземные почвы имеют возможность довольно прочно связывать различные химические элементы и загрязняющие вещества. К таким химическим элементам относятся многие тяжелые металлы и радионуклиды. Поглощение этих загрязнителей коллоидами практически исключает их из свободной водной миграции в ландшафтной среде. Тем не менее, следует учитывать силу связи в почвах тех или иных загрязнителей. Например, цезий в почвах связывается быстрее и прочнее, чем стронций. Стронций дольше находится в ионообменной форме, более мобилен и дольше находит-

ся в доступном для растений состоянии.

«Химические элементы, которые находятся в почвах и воде содержатся в виде минеральных солей. Однако химические элементы в различных средах могут образовывать множество органических комплексов за счет соединений, возникающих в результате разложения отмирающих частей растений» [75, 76].

Согласно процессов избирательности в накоплении тех или иных химических элементов или веществ, в организмах увеличивается количество одних, но снижается количество других.

«Адсорбция Zn, Pb и Cd черноземом выщелоченным описывается уравнениями изотерм Фрейндлиха. Установлено, что с ростом концентраций металлов уменьшается селективность их адсорбции почвой и начинают преобладать реакции эквивалентного обмена катионов Zn, Pb и Cd на поглощенный Ca» [120, 122, 125, 145, 160, 169, 192, 193].

«С увеличением дисперсности почвенных частиц доступность тяжелых металлов растениям снижается» [81, 158].

«Различная доступность химических элементов растениям во многом зависит от органического вещества почвы. Тяжелые металлы довольно хорошо сорбируются почвами с высоким содержанием гумуса» [5, 24, 122, 123, 135, 137, 155, 175, 191].

В настоящее время происходит снижение содержания гумуса в почвах юга России, что ведет к увеличению подвижности тяжелых металлов и накоплению их в сельскохозяйственных растениях.

Ряд авторов считает, что «органическое вещество может не снизить, а даже увеличить его подвижность» [145, 156, 160].

Выполненные исследования на территории Краснодарского края по определению влияния органического вещества на мобильность химических элементов в почве показывают, что их миграция снижается. Так же следует добавить, что мобильность многих загрязняющих почву веществ отличается в зависимости от их физико-химических свойств, носителя, погодных условий и т.д.

«Изучение процессов миграции и перераспределения химических элементов в различных растительных организмах обязательно требуется выполнять в единстве с естественной геохимической средой» [133, 134, 140, 143, 146, 147, 151, 157, 164, 167, 186].

Источников химического загрязнения почвы в настоящее время можно перечислить большое количество. Однако большинство из них имеют происхождение, связанное с антропогенной деятельностью. Это и отходы промышленных предприятий, которые могут оказаться в окружающей среде в виде аэрозолей, твердых отходов, газообразные. В конечном итоге они окажутся на поверхности почвы или воды. В почве происходит накопление загрязнителей в результате сельскохозяйственной деятельности человека.

«К отходам туковой промышленности, которые можно разумно и с определенным экономическим эффектом использовать в сельскохозяйственном производстве, относится фосфогипс» [6].

Фосфориты являются весомым источником содержания кадмия в почве. За счет их внесения около 80 % кадмия поступило в почвы Австралии. Скипин (2007 г) в своих исследованиях приводит данные по Тюменской области.

Следует иметь в виду, что чем выше ёмкость катионного обмена и буферность почвы, чем больше содержится в ней органического вещества, а также фосфатов и карбонатов, тем ниже доля подвижных форм токсичных ТМ, извлекаемых из ППК, тем, следовательно, они менее доступны растениям и тем меньше опасность их выщелачивания в почвенные и грунтовые воды.

«В зависимости от химической природы элементов, свойства почв оказывают разное влияние на их подвижность – в одних случаях повышают ее, в других – понижают» [156, 160].

Исследований, связанных с изучением источников загрязнения почв, поведения их в почве и накоплении в растениях проводится в целом по стране не так уж мало. Однако экспериментальный материал, который получен в одних почвенных и климатических условиях никаким образом не должен полностью использоваться в других – отличных от этого региона условиях. Поэтому получен-

ный в полевых условиях экспериментальный материал по миграции и накоплению тяжелых металлов в условиях юга России практически всегда является уникальным и всегда востребованным сельскохозяйственными производителями.

Для условий юга России создались благоприятные условия для производства риса. При выращивании этой важной для народного хозяйства сельскохозяйственной культуры требуются особые условия. Одно из них – это затопление рисовых чеков на определенный промежуток времени и внесение определенного спектра и количества удобрений. Выращивание этой культуры на одних и тех же полях постепенно привело к некоторым, не кардинальным изменениям их состояния. Кроме того, водный режим, требуемый для выращивания риса, ведет к большему по глубине проникновению химических элементов, которые попадают туда при применении химических препаратов различного назначения. В конечном итоге это может оказать влияние на рост и развитие некоторых сельскохозяйственных растений, участвующих в севообороте. Поэтому требуется исследовать это влияние на различные сельскохозяйственные культуры и разработать рекомендации для их выращивания в названных севооборотах. Если происходит отрицательное влияние создавшихся условий на состояние сельскохозяйственных растений, то на основании экспериментального материала дать заключение о невозможности выращивания изученных растений в создавшихся условиях.

В настоящее время постепенно на «лидирующие позиции» по загрязнению окружающей среды выходит автотранспорт. Его становится всё больше и уже во многих городах, даже не мегаполисах, проблема использования автотранспорта, как источника загрязнения окружающей среды выходит на первое место.

Пока автомобиль новый он загрязняет окружающую среду выхлопными газами, в которых довольно много различных химических веществ. При этом утечек масла, подтеков бензина или дизельного топлива нет. Однако и выхлопные газы при большом количестве автотранспорта являются большой проблемой для компонентов окружающей среды.

Если автомобиль уже не новый, то загрязнение окружающей среды резко увеличиваются. Кроме уже перечисленных, добавляются утечки моторного и

трансмиссионного масла. Могут быть загрязнения и от утечек бензина и дизельного топлива. В химический состав вышеперечисленных загрязнителей окружающей среды входят и тяжелые металлы. Большинство населения разных стран делают ставку именно на «подержанный» автотранспорт, а он, как известно довольно сильно загрязняет окружающую среду.

Над многими городами, особенно мегаполисами, автомобильный смог может висеть сутками, а то и неделями. Это происходит особенно часто в летний период года, когда установится жаркая погода с очень слабым ветром. За этот период происходит загрязнение почвы городов и растений. Некоторые виды растений уже не выдерживают действия химических загрязнителей, в том числе тяжелых металлов и погибают. В настоящее время уже не легко подобрать для городских условий древесные и кустарниковые растения, которые хорошо переносят бы агрессивную городскую среду.

Если происходит под действием ветра движение воздушных масс, то они с большой долей вероятности окажутся над территорией сельскохозяйственных угодий. Выпадающие загрязняющие вещества, в том числе и тяжелые металлы, сильно загрязняют почву и находящиеся на ней сельскохозяйственные растения. Если тяжелые металлы попадают на поверхность почвы, то постепенно под влиянием силы тяжести, осадков и т.д. они оказываются на некоторой глубине и имеют тесный контакт с корневой системой растений. В дальнейшем в зависимости от химических свойств загрязнителей, их носителя, вида растения и т.д. происходит проникновение в растение. Итог сельскохозяйственное растение загрязнено, теряются его пищевые качества и, оно не всегда пригодно для употребления в пищу.

Если загрязнитель попадает на поверхность растения, то в конечном итоге загрязнитель также окажется в растении известным способом.

Источником химического загрязнения, как почвы, так и растений может быть вода. Большое количество загрязняющих веществ может попадать в воду, например, рек, озер, водохранилищ. Очень часто для полива сельскохозяйственных растений происходит забор воды из этих источников. Если вода загрязнена,

например, при выпадении загрязнителей из атмосферы, то при поливе произойдет под действием этой воды загрязнение и почвы, и сельскохозяйственных растений. При этом следует учитывать, что при орошении увеличивается миграция питательных веществ из почвы в растения, так как они находятся в растворенном состоянии, а вместе с ними происходит и накопление тяжелых металлов.

Не следует забывать и сопутствующие автомобильному транспорту источники загрязнения окружающей среды. Один из них – это строительство автомобильных дорог. В компонентах, которые используются для этого строительства можно обнаружить большой спектр различных опасных загрязнителей окружающей среды, в том числе и тяжелые металлы. Для улучшения благосостояния человека, для возможности быстрого передвижения в любую точку города или междугородних поездок требуется много сотен тысяч километров автомобильных дорог с асфальтовым покрытием. Оптимальное время года для укладки асфальтового покрытия считается лето. Высокие летние температура, горячий асфальт все это способствует не только сильному загрязнению атмосферы, но и при переносе этих загрязнителей на различные расстояния ветром загрязнению почв, воды, растений.

Заводы по производству битума так же вносят заметный вклад в загрязнение окружающей среды различными химическими веществами.

К комплексному загрязнению окружающей среды автомобильным транспортом обязательно требуется добавить огромное количество мастерских по их ремонту. При этом от этого источника происходит очень сильное загрязнение окружающей среды, так как для ремонта используются не только детали для замены, но и большое количество смазочных препаратов, моющих, антикоррозионных, лакокрасочных и т.д. Эти источник загрязнения наносят окружающей среде огромный ущерб опаснейшими химическими веществами, в том числе тяжелыми металлами, который будет во времени увеличиваться, так как происходит увеличение количества автомобилей и, следовательно, им будет требоваться ремонт.

Огромное количество автомобильного транспорта требует большого количества воды для их мойки. При этом большое количество загрязняющих веществ

попадает в канализацию, затем в реки, потом в водозабор, и наконец на сельскохозяйственные поля, а в итоге на сельскохозяйственные растения. Ну и, конечно, в организм человека. И это не берется в расчет, что моют грязные автомобили почти всегда питьевой чистой водой, которой уже сейчас большой дефицит.

На почву сельскохозяйственных угодий тяжелые металлы попадают при работе сельскохозяйственной техники. Пути их миграции из почвы в растения или аэральный путь уже был обозначен.

## **1.2 Накопление некоторых тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями**

Химические элементы, которые в почве содержатся в больших концентрациях, как правило, превышающих предельно-допустимые концентрации, оказывают отрицательное влияние на всю почвенную биоту, снижая ее разнообразие и, конечно, негативное действие происходит на растения. Отрицательное действие тяжелых металлов проявляется, как в прямом влиянии, так и косвенном. Накопление загрязнителя в растении может привести к его гибели, а снижение биоразнообразия почвенной биоты приводит к снижению ее плодородия и в целом к постепенной деградации.

«Медь, накапливаясь в почве в высоких концентрациях оказывает негативное действие на растительные организмы. Однако она же в оптимальных значениях концентраций в почве играет большую положительную роль, участвует в фотосинтезе, дыхании, перераспределения углеводов, метаболизме протеинов, восстановлении и фиксации азота» [10, 50, 57, 76, 79, 86, 127, 134, 138, 176, 177, 185].

«Медь обычно содержится в черноземных почвах в количестве 20 – 30 мг/кг» [15, 24, 46, 47, 56].

Разработанные предельно-допустимые концентрации для меди в почве составляют 55 мг/кг.

«При увеличении концентрации меди в почвах возрастает объем подвижной фракции гумуса (фульвокислот), уменьшается число обменных катионов» [10, 44, 57, 76, 79].

В результате анализа литературных источников было определено, что «часть ученых в некоторой степени склоняются к небольшому ее отрицательному влиянию на растительные организмы» [76, 86, 176]. Однако медь при высоких концентрациях в почве, выше её предельно-допустимых концентраций, может провоцировать токсические эффекты, например, такие, как хлороз, оказывать сильное негативное действие на развитие корневой системы.

При изучении влияния тяжелых металлов на растительные организмы особое внимание следует уделять адсорбционной способности и реакции почв.

«Содержание меди в растениях зависит от ее концентрации в почве, фазы вегетации и сорта растений» [9, 62, 73, 100, 137, 138, 155, 192, 186, 188, 193].

Медь довольно часто встречается в компонентах химических препаратов. И, если растения находятся довольно длительный период на одной и той же местности, например, сады, виноградники, то содержание этого тяжелого металла в почве неуклонно растет. Часть ее используется растениями, но другая ее часть постепенно переходит в менее доступную для растений форму.

«Однако по данным литературных источников можно констатировать, что медь имеет очень низкую в почве подвижность. Органическое вещество, которое находится в почве, образует различные по растворимости соединения с медью» [15, 24, 50, 133, 134, 177]. Этот факт подтверждается и для минеральных соединений, которые находятся в почве.

«В незагрязненных районах содержание меди в растениях колеблется от 1 до 30 мг/кг сухой массы. Концентрация, превышающая 5 мг/кг сухой массы, условно считается пороговой, определяющей области нормального и избыточного содержания» [15, 50, 164, 167].

«Для исследований по изучению миграции из почвы в растения тыквы выбран кадмий. Этот химический элемент в настоящее время считается одним из опаснейших тяжелых металлов» [39, 61 – 63, 85, 89, 146, 147].

«Кадмий не входит в состав требуемых для растений элементов для нормального их роста и развития, однако он хорошо поглощается корневой системой и листьями и переходит дальше по пищевой цепи» [6, 7, 108, 118, 197, 198, 199].

Источником кадмия в почве может быть минеральное удобрение, например, суперфосфат. Так же этот тяжелый металл входит в состав фунгицидов. В промышленности этот металл нашел широкое применение при производстве стекла, пластмасс и, конечно, при этом он может попадать в окружающую среду. В составе различных осадков он может оказаться не только на самом растении, но и на поверхности почвы.

Кадмий довольно токсичный элемент для биотических организмов. Даже небольшое превышение предельно-допустимого значения концентраций этого тяжелого металла в почве ведёт к угнетению и гибели почвенной биоты. Этот элемент довольно хорошо накапливается в растениях. Он обладает высокой мобильностью в почве, поэтому довольно хорошо накапливается в растениях, как корневым путем, так и при выпадении осадков, содержащих этот загрязнитель.

«Анализ литературных источников позволил определить негативные стороны кадмия. При высоких его концентрациях в почве происходит снижение активности микробиологических и ферментативных процессов. Проникновение кадмия в растения и накопления выше ПДК приводит к нарушению процессов фотосинтеза и транспирации, изменению активности ферментов, ингибированию синтеза белков и нуклеиновых кислот» [39, 133, 134, 146, 177, 199, 200], «на содержание зеленых пигментов в листьях» [35, 37, 164].

«Данный элемент более токсичен для растений, чем цинк. Виды сельскохозяйственных культур испытывают разный уровень токсического воздействия кадмия при одних и тех же почвенных условиях» [199].

Экспериментальные данные о влиянии этого тяжелого металла на тыквенные растения в условия Краснодарского края в настоящее время отсутствуют. Поэтому, анализируя литературный материал был сделан вывод, что существующий пробел в знаниях об этом тяжелом металле требуется восполнить. Тем более, что этот элемент, во-первых, отличается довольно высокой мобильностью в почве и

хорошо накапливается в растениях, во-вторых, его концентрации в почве постепенно увеличиваются, в основном под действием антропогенного фактора.

Известна информация о том, что кадмий в очень малых концентрациях требуется для организма человека. Он в основном принимает участие в регуляции сахара в крови.

Однако этот химический элемент в концентрациях выше предельно-допустимых уже является опасным для живого организма. Большинство химических элементов, оказавшись в организме животного, человека или растения имеют избирательность в накоплении. Например, рутений довольно хорошо и в больших количествах накапливается в корневой системе растения. Кадмий большей частью в организме человека накапливается в кости. Он очень часто повторяет миграцию в организме человека такого элемента, как кальций. Он так же накапливается в кости, но он кость не укрепляет, как кальций, а делает ее хрупкой. По этой причине при нагрузке на кости человека, например, поднятие тяжестей, даже не сильный удар и т.д., может привести к их поломке.

Кроме этого, кадмий в определенных концентрациях может оказывать влияние на кровяное давление, особенно это опасно для людей пожилого возраста.

Ну и, конечно, как большинство загрязняющих организм человека веществ он накапливается в печени и почках, вызывая их заболевание.

«В гумусовом слое почвы накапливаются различные элементы, загрязняющие вещества и т.д. Кадмий так же имеет возможность в ней накапливаться, но при этом он довольно плохо из него выводится. В целом миграция этого элемента в почве не сильно отличается от таковой для других тяжелых металлов. Но есть и отличия, например, в почве он слабее закрепляется, чем свинец. Максимальная адсорбция кадмия свойственна нейтральным и щелочным почвам с высоким содержанием гумуса и высокой емкостью поглощения. В почвах легкого механического состава, а также кислых и обедненных гумусом, процессы миграции кадмия усиливаются» [39, 62, 133, 171, 194].

«Для определения возможного влияния тяжелых металлов на растительные организмы применяют различные переменные, влажностный режим почвы, физи-

ко-химические её свойства, механический состав, содержание химических загрязнителей, предельно допустимые концентрации по этим элементам и т.д. [40, 41, 45 – 47, 58, 60 – 63, 92]».

Мобильность одних и тех же химических элементов в почве во многом зависит от различных почвенно-климатических условий и их накопление в растениях может довольно сильно различаться.

Кроме того, перечень выращиваемых сельскохозяйственных растений для разных регионов страны различен, а это в свою очередь влияет на спектр применяемых химических препаратов и их объемы. Различные сельскохозяйственные растения отличаются разным выносом тех или иных химических элементов, поэтому их количественное содержание в почве в одних случаях благо, в других – вред».

Предельно-допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) приведены в таблице 4.

Таблица 4 – «Предельно и ориентировочно допустимые концентрации (ПДК и ОДК) металлов в почвах» [55, 115, 116, 121]

Элементы	Валовые формы	Подвижные формы (для всех ПДК)
свинец	32 *	6 *
ртуть	2,1 *	-
мышьяк	2,0 *	-
хром	-	6 *
цинк	58 **	23 *
никель	54 **	4 *
кадмий	2 **	0,5 *
медь	34 **	3 *

Примечание: \* – ПДК, \*\* – ОДК.

Большинство ученых согласно с тем, что, как ПДК, так и ОДК должны быть разработаны для каждого региона. Так как в зависимости от почвенно-

климатических условий миграция химических элементов в почве может сильно отличаться. По этой причине и накопление их в растениях так же может сильно отличаться.

Анализ литературных источников позволил, сделать вывод, о том, что в окружающую среду, как равно и в агроэкосистемы тяжелые металлы поступают из природных источников и при хозяйственной деятельности человека. Ситуация по определению основного источника поступления тяжелых металлов в окружающую среду не изменилась. Основным источником этого загрязнителя в 20 веке был человек, в 21 веке основной источник не изменился. В дальнейшем это действие будет продолжаться, что в конечном итоге может привести к негативным последствиям, как для выращиваемых растений, так и для самой почвы.

В ходе анализа научной литературы о процессах миграции меди и кадмия в почве и накоплении их в тыквенных растениях выяснилось, что для условий юга России такая информация практически отсутствует.

Эти элементы выбраны еще и по той причине, что они различаются по физико-химическим, биохимическим и токсикологическим свойствам. Кроме того, в изученной литературе отсутствуют сведения о миграции этих тяжелых металлов в черноземных почвах юга России. Отсутствует информация и по накоплению этих тяжелых металлов в тыквенных растениях из черноземных почв на богаре и их лугово-черноземных почв при условии их выращивания в рисовых севооборотах.

Выявление особенностей экологического поведения изучаемых тяжелых металлов в агроэкосистемах в условиях Краснодарского края позволит выработать предложения, которые в конечном итоге реализуют возможность получать соответствующую нормативным показателям экологической чистоты сельскохозяйственную продукцию, которую выращивают на этих полях.

«Важное место в детоксикации тяжелых металлов отводится органическим удобрениям. Они являются не только источником элементов питания, но и ощутимо улучшают физическое состояние почв» [10, 36, 62, 141, 171, 175].

Известно, что в растения загрязняющие вещества попадают двумя путями – через корневую систему из почвы и при аэральном выпадении поллютантов.

Высокой проникающей способностью в растения через листовую поверхность отличаются такие химические элементы, как кадмий, цинк, медь, марганец, свинец, железо. Однако скорость передвижения этих элементов внутри растения сильно зависит от вида растения, его фазы развития, почвенно-климатических условий, носителя, на, котором расположен элемент.

В работах F. Gollmick et al. [190] обобщен экспериментальный материал многих авторов, «демонстрирующий взаимное влияние элементов при их избыточном содержании в почве. Так, цинк и молибден способствуют накоплению в растении азота, марганец – фосфора, а медь – калия. В свою очередь фосфор уменьшает содержание цинка в растении».

Установлено, что в процессе эволюции путем экологических и физиологических регуляций сложились определенные взаимоотношения между организмом и окружающей средой. Токсические вещества, находясь в окружающей среде прежде всего оказывают негативное влияние на чувствительные организмы. Они первыми попадают под действие тяжелых металлов и первыми выбывают из структуры сообщества. Вследствие этого происходит перестроение экосистем. Сначала они довольно сильно обедняются и становятся очень уязвимыми к воздействию различных факторов, однако со временем они постепенно заполняются другими организмами, которые выдерживают условия, которые создались при загрязнении территории.

При длительном загрязнении в стабильных условиях среды уже могут создаваться сообщества, которые по-разному выдерживают создавшиеся условия среды. В основном в таких сообществах находятся физиологически устойчивые к конкретной окружающей среде организмы.

Устойчивые виды растений для данной окружающей среды формируют тот перечень растительных организмов, который может не только находиться на соответствующей территории, но и давать оптимальные урожаи. Осталось только определить этот перечень растений, убедиться в том, что полученный продукт может использоваться в пищу без негативных для организма последствий, например, для человека.

Необходимость изучения адаптивных реакций растительных организмов к усиливающейся антропогенной нагрузке, в том числе к загрязнению тяжелыми металлами, очень актуальна.

В последние десятилетия в связи с усилением антропогенного воздействия на биосферу, которое привело к глобальному загрязнению окружающей среды радионуклидами, тяжелыми металлами, пестицидами и другими поллютантами, большую актуальность приобрела проблема качества продукции – проблема снижения содержания в сельскохозяйственной продукции загрязнителей.

Задача получения «экологически чистой» продукции вышла на первое место. Однако много вопросов вызывает само определение «экологически чистая» продукция. Определение этого понятия существует в трудах многих ученых, они практически одинаковые по смыслу, но имеют некоторые уточнения, которые они дают в своих трудах [35, 58, 92, 117] – «это такая продукция, которая является биологически полноценной по содержанию основных соединений, необходимых для нормальной жизнедеятельности человека и животных и, в которой содержание поллютантов не превышает ПДК».

Получить такую продукцию, как нам представляется, возможно с учетом следующих факторов – генетического, технологического и фактора среды.

Генетический фактор – это выбор культуры и сорта, которые обеспечат высокую продуктивность при минимальном накоплении загрязнителя. В зависимости от выращиваемой культуры и сорта будут определены химические препараты и интенсивность их применения для ухода за растениями. И, конечно, интенсивность применения сельскохозяйственной техники. Особенности сорта сельскохозяйственного растения оказывают влияние не только на количество накопившегося загрязнителя, но и качественный его состав. Различия в накоплении тяжелых металлов в овощных растениях могут достигать 10 и более раз. Поэтому исследования, направленные на изучение спектра новых сортов овощных растений по минимизации накопления тяжелых металлов весьма актуальны.

Фактор среды предполагает выбор природно-климатической зоны, условий рельефа и почвы, оптимальных для культуры и сорта, элиминирующих накопле-

ние поллютантов. При этом учитывается вариант использования полученной продукции. Если она будет выращиваться для детского питания подход к решению будет несколько «жестче», так как для этого варианта использования продукции существуют и более «жесткие» показатели норм и допустимых значений содержания химических веществ. Для общего потребления существуют, по некоторым показателям, другие нормативы.

Технологический подход предполагает прежде всего агроэкологический вариант. Он включает в себя более рациональное использование условий воздушно-го и почвенного питания. Агроэкологический подход так же включает и активизацию почвенной биоты, и, конечно, реализацию принципов биологического земледелия – минимизацию применения удобрений и пестицидов, преимущественное использование органики, бобовых культур, широкое применение биозащиты против болезней и вредителей растений и т.д. Таким образом, производство экологически чистой продукции растениеводства невозможно без комплексной экологической оптимизации всех указанных факторов.

Тем не менее с каждым десятилетием проблема загрязнения почв усугубляется, актуальность их использования для получения пригодной для питания человека сельскохозяйственной продукции все более актуализируется.

«Главный путь поступления металлов в растения – это сорбция корнями. Поэтому почвенная среда – основной источник элементов для растений, корневая система которых может поглощать тяжелые металлы активно и пассивно» [119, 155, 201].

Тяжелые металлы могут поступать в растения и некорневым путем из воздушных потоков. На практике широко применяется опрыскивание растений растворами микроэлементов: железа, меди, марганца, молибдена и других.

«Фундаментальные свойства растений экстрагировать, поглощать и накапливать, иммобилизовать, стабилизировать и трансформировать различные поллютанты лежат в основе фиторемедиации» [35, 157].

«Известно, что на аккумуляцию тяжелых металлов растениями влияет комплекс факторов, важнейшими среди них являются видовые и сортовые особенно-

сти растений, географическое положение местообитаний, величина техногенной нагрузки, технология возделывания» [4, 7, 9, 50, 62, 123, 174].

Очевидно, а в последние десятилетия уже и бесспорно, что ухудшение экологической обстановки в сельском хозяйстве прогрессирует. Требуется изменение не только традиционных технологий выращивания сельскохозяйственных растений, но и изменения в более широком масштабе. Человечество уже подошло к крайней точке, после которой может произойти момент невозврата. Если и дальше в некоторых странах, регионах будет продолжаться хищнический характер использования почв, то уже в не далеком будущем будет просто невозможно получать продукцию, удовлетворяющую пищевым нормативам. Конечно, исследования, которые проводим мы в нашем регионе и другие научные исследования в других регионах позволят оттянуть эту точку не возврата, а может даже и помогут выйти из состояния ужасного негатива. Но уже сегодня требуются решительные меры по спасению почв сельскохозяйственного назначения, которые в конечном итоге помогут нам получать пригодную для употребления продукцию, то есть помогут нам поддержать свое здоровье и здоровье детей. В конечном итоге это будет способствовать здоровью нации.

«Уже многие ученые высказывают тревогу в своих научных трудах о состоянии почв, их деградации и предлагают изменять традиционные технологии возделывания сельскохозяйственных культур» [1, 3, 5, 6, 12, 18, 20, 25, 28, 29, 31, 43, 58, 62, 74, 143, 171, 173, 188, 190].

Дальнейшее увеличение численности населения на планете требует увеличения продуктов питания. Существует много способов, которые исследуются для решения этой глобальной проблемы. То есть проблема обеспечения населения качественной продукцией и в достаточном количестве актуальна и, что очень важно она продолжает актуализироваться.

Решение этой проблемы затруднено еще и тем, что продолжается деградация почв. Уменьшаются площади плодородных почв, а на существующих сельскохозяйственных угодьях не всегда удается получать качественную продукцию, которую можно употреблять не только взрослому населению, но и детям. Поэто-

му исследованиям состояния почв, разработке способов выращивания экологически безопасной продукции должно уделяться первостепенное внимание.

В настоящее время эта проблема приобрела высокое значение, так как чистые продукты питания – это в первую очередь здоровье нации. При употреблении не качественной, загрязненной продукции человек не может быть здоровым, не может полноценно участвовать в жизни страны, не сможет защитить Родину. Будущая мама, при употреблении загрязненной продукции не сможет родить здорового ребенка, а если это будет наблюдать для большого числа детей, то это уже катастрофа на уровне страны.

«При изучении системы «почва – растение» в ней могут наблюдаться самые различные тенденции, которые требуется исследовать» [50, 62].

В настоящее время довольно часто на полях, которые подверглись химическому загрязнению, рекомендуют выращивать технические культуры. Во-первых, эти растения для своего роста и развития потребляют из почвы различные химические вещества, снижая их количество в почве, во-вторых, выращенная продукция не будет утилизирована, так как из нее можно приготовить в зависимости от вида растения спирты, масла и т.д. для технического использования. За несколько лет выращивания технических культур на таких полях может произойти заметное снижение загрязнителей в почве.

Существует несколько вариантов по определению соответствия почв для выращивания сельскохозяйственных культур. Одни из них – это определение содержания загрязнителя в выращенной продукции. После того, как продукция выращена проводится аналитический контроль содержания загрязнителя в плодах и сравнивается с допустимыми значениями для данного вида растений. После чего делается вывод об участии выращенного сельскохозяйственного растения.

«Этот метод считается наиболее объективным» [32, 62, 84, 112].

При определении возможного спектра предлагаемых для выращивания сельскохозяйственных растений требуются специальные изыскательские работы. Причем исследования, выполненные в одном, каком-либо регионе страны не могут быть применены для всех природно-климатических территорий. Поэтому ис-

следования о возможном использовании загрязненных почв для выращивания сельскохозяйственных растений должны быть проведены конкретно для данного региона.

Существуют различные способы для борьбы с негативными последствиями загрязнения почв тяжелыми металлами. В агрономии очень часто применяют подбор сельскохозяйственных культур. Так называемая фитомелиорация один из часто применяемых приемов. Однако, не редко хозяйственники забывают, что для того, чтобы эти растения применить, сначала требуется выполнить исследования по определению сельскохозяйственных растений, которые больше или меньше накапливают эти загрязнители. Исследования требуется выполнять в течение нескольких лет на территории, где и будут составляться рекомендации относительно изученных растений. В данном случае придется учитывать очень много различных факторов, которые будут оказывать прямое влияние на накопление тяжелых металлов в сельскохозяйственных растениях.

«Высокой способностью к фитомелиорации обладают однолетние и многолетние травы» [39, 57, 58, 62, 69, 70, 123, 133, 134, 171].

По данным [94] определено «влияние экологических условий черноземной зоны на показатели коэффициента биологического поглощения пропашными культурами» (Таблица 5).

Таблица 5 – «Влияние экологических условий черноземной зоны на показатели КБП пропашными культурами» [94]

Ландшафтные единицы	КБП					
	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Cr
Окско-Донская равнина, чернозем обыкновенный	106 $\times 10^{-2}$	125 $\times 10^{-2}$	12 $\times 10^{-2}$	65 $\times 10^{-2}$	24 $\times 10^{-2}$	97 $\times 10^{-2}$
Приволжская возвышенность, чернозем обыкновенный	275 $\times 10^{-2}$	739 $\times 10^{-2}$	2 $\times 10^{-3}$	1 $\times 10^{-2}$	22 $\times 10^{-2}$	26 $\times 10^{-2}$

Чтобы выявить закономерности миграции тяжелых металлов в зависимости от сортовых особенностей сельскохозяйственных растений требуются дополни-

тельные многолетние исследования. В связи с тем, что на этот процесс будет оказывать влияние фактор почвы и климата, то эти исследования должны быть выполнены конкретно для условий, где будут даны рекомендации о дальнейшем использовании загрязненных почв.

При изучении научной литературы нами были сделаны выводы, о том, что: во-первых, разработанные ПДК для почв не могут быть одинаковыми для различных регионов страны, во-вторых, ПДК для растений должны быть дифференцированы по содержанию тяжелых металлов в вегетативной и генеративной их части. Так как вегетативную часть растений чаще в пищу используют животные, а генеративную – человек. Очень важным при этом является рацион потребления разных видов растений для каждого региона страны. Так, как в некоторых регионах страны предпочтение для питания человека и животных отдается одним видам растений, а в некоторых регионах эти растения мало потребляют. Поэтому и накопление в организме человека и животных будет различным в зависимости от региона. В-третьих, не маловажную роль при накоплении загрязнителей в организме человека играют такие составляющие, как санитарная гигиена, экология человека, экономические его возможности и т.д.

Поэтому очень важно изначально получать экологически чистую продукцию, так как это прежде всего здоровье нации. Если уже до рождения ребенка будущая мать потребляет загрязненную продукцию, то с большой долей вероятности ребенок может появиться на свет больным.

Не случайно, как до рождения ребенка, так и после – мама и малыш находятся под наблюдением врачей.

Периодический мониторинг почв сельскохозяйственного использования, выбор на основе рекомендаций выращиваемых сельскохозяйственных растений позволит противостоять сильному натиску техногенного загрязнения почв.

Известны и другие варианты уменьшения поступающих загрязнителей на почву. Например, разработка биологически безопасных вариантов защиты растений от вредителей и болезней. Конечно, это один из идеальных способов защиты растений, но, к сожалению, он мало разработан и требует дополнительного фи-

нансирования и времени, а потреблять сельскохозяйственную продукцию приходится здесь и сейчас. Поэтому пока продолжается применение химических препаратов, которые продолжают загрязнять почву и растения, выращиваемые на ней. Поэтому исследования по миграции и накоплению тяжелых металлов в различных сельскохозяйственных растениях требуется продолжать конкретно для региона, где они будут применяться.

В настоящее время продолжается загрязнение окружающей среды, причем оно происходит даже более интенсивно, чем несколько десятилетий назад. Нельзя сказать, что о последствиях такого поведения человека никто не догадывается. Нет, конечно же все знают к чему это приведет. В свое время В.И. Вернадский в своих работах развивал концепцию ноосферы, появления «нового» человека. Однако даже в начале 21 века такой человек, который понимает, что, влияя негативно на окружающую среду, он в первую очередь влияет на себя, даже если и появился, то он пока, как изгой.

Поэтому загрязнение окружающей среды происходит и будет происходить. Причин этому очень много: во-первых, людей на планете становится все больше и для них требуются дополнительные расходы природных ресурсов, во-вторых, не всегда наука успевает разрабатывать новые, менее загрязняющие окружающую среду технологии, в-третьих, не всегда хватает финансирования на внедрение уже разработанных новых менее загрязняющих окружающую среду технологий, в-четвертых, очень часто погоня за прибылью ставится на первое место, «остальное подождет».

Загрязняются воздух, вода, почва и, если первые две среды имеют возможность со временем очищаться, то для почвы этот процесс довольно длительный, часто почти не возможный, так как почва и есть то, основное депо, где загрязнитель может находиться много десятков лет, продолжая накапливаться.

Для почв сельскохозяйственного назначения основными источниками, которые поставляют загрязняющие вещества, являются промышленность, осадки сточных вод городов, бытовой мусор, сельскохозяйственное производство.

Следует подчеркнуть, что большую опасность при загрязнении почв играют в первую очередь тяжелые металлы. Во всяком случае пока это загрязнитель считают одним из главных, который оказывает негативное влияние не только на растения, но и на животных, а в дальнейшем и на человека.

В настоящее время проведенный анализ полученных экспериментальных данных о заболевании животных позволил утверждать, что тяжелые металлы, поступая в стебли и листья растений легко оказываются в организме животных. Это в свою очередь ведет к сильным пищевым отравлениям животных.

Перед внесением различных химических препаратов требуется убедиться, что они действительно необходимы для растений, что они не значительно увеличат и без того уже имеющееся загрязнение почвы, что они не будут способствовать интенсивному накоплению в растениях токсикантов и не приведут к эффекту накопления, после которого эти растения нельзя будет использовать в пищу. Также следует учитывать и возможные отдаленные последствия для биоты этих загрязнителей окружающей среды.

Поэтому исследования по определению коэффициентов по накоплению тяжелых металлов в различных сельскохозяйственных растениях имеют актуальное значение и в дальнейшем актуальность подобных исследований будет только увеличиваться.

Для определения перечня вносимых химических элементов почву обязательно требуется выполнить работу по ее химическому и биологическому анализу. То есть определить наличие и потребность в них для будущих выращиваемых на данной территории сельскохозяйственных растений. Только после этого можно делать выводы о качественном и количественном составе внесения тех или иных удобрений.

Если подобная работа не проводится, то существует большой риск получить не качественную продукцию при малом ее урожае.

## 2 УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ, МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1 Погодно-климатические условия в период проведения исследований

Достаточно много информации имеется в описании климатических условий юга России. Все они приходят к единому мнению, что это одна из идеальных территорий, где можно выращивать большой спектр сельскохозяйственных растений. Эта территория удачно защищена горами Кавказского хребта от действия неблагоприятных воздушных течений. Кроме того, из-за присутствия на этой территории Черного и Азовского морей создается свой на редкость благоприятный микроклимат для роста и развития многих растений, в том числе и сельскохозяйственных.

«В зимний период именно Кавказский хребет выполняет роль защитника морского побережья от движения холодного воздуха из Арктических широт» [48, 148].

«В степных районах господствующими ветрами являются северо-восточного и юго-западного направления» [148, 149].

«Для степных районов определен резко выраженный годовой ход температуры воздуха. В абсолютном значении годовая амплитуда воздуха составляет в степных районах 72 °С» [148].

Один из важнейших показателей, который обязательно учитывается при составлении перечня возможных выращиваемых на данной территории сельскохозяйственных растений – это сумма активных температур. Этот показатель довольно хорошо показывает на возможность получения оптимального и качественного урожая.

Сумма активных температур на территории исследований составляет 3400 – 3600 °С. Однако по наблюдениям специалистов, связанных с производством сель-

скохозяйственной продукции этот показатель хоть и не изменяется в заметных значениях, но количество максимально высоких температур с большой их продолжительностью в течение вегетационного периода возросло.

В зимний период показатели температур не опускаются в средних значениях до минус 4,7 и 5,5 °С. Тем не менее все же остались возможности с малой вероятностью, что зимой могут быть морозы с довольно низкой температурой, которая может опускаться до минус 35 °С.

Характеризуя климат территории, где выполняются исследования, обязательно требуется указать продолжительность солнечного сияния. Это так же один из важнейших показателей, который учитывается при составлении перечня возможного выращивания различных сельскохозяйственных растений.

Продолжительность солнечного сияния 2200 – 2400 час в год; продолжительность безморозного периода – 185 – 225 суток в воздухе, а на почве – 170 – 200 суток; переход температуры воздуха через 5 °С весной отмечается в третьей декаде марта, через 10 °С – в середине апреля.

«Среднегодовая температура почвы в равнинной части края плюс 10,7 °С, плюс 13,3 °С. Среднемноголетняя максимальная глубина промерзания во всей степной части края составляет 20 – 25 см. Сумма осадков за период активной вегетации растений составляет 300 – 310 мм, а за год – 650 мм. Высокие летние температуры вызывают сильное испарение, которое превышает количество выпавших осадков на 400 – 500 мм, что свидетельствует о низкой влагообеспеченности растений» [48, 148].

В течение года относительная влажность воздуха довольно сильно изменяется. В зимний период относительная влажность воздуха практически всегда высокая. По зимним месяцам она находится в диапазоне от 75 до 85 %. В теплые летние месяцы относительная влажность воздуха значительно снижается и находится по месяцам в диапазоне от 45 до 50 %.

«Западные районы Краснодарского края чаще находятся под воздействием воздушных масс, поступающих из Атлантики, а восточные чаще подвергаются вторжению масс воздуха, поступающих с востока» [21].

Зимой в основном наблюдаются процессы антициклонического вторжения воздушных масс и черноморские циклоны.

Температурный режим горных районов изучаемой территории различен. Приземный слой воздуха нагревается в зависимости от его циркуляции. На этот процесс оказывают влияние многие факторы, например, форма рельефа местности.

Горно-долинные ветры являются характерной особенностью горных районов рассматриваемой территории. В этом случае днем воздух направлен из долины в горы, а ночью – наоборот, он спускается с гор в долину. Кстати на этом принципе когда-то была принята архитектура развития строительства в горных и предгорных городах. Дома при этом строили таким образом, что ветер мог свободно днем при направлении в горы переносить загрязненный воздух, а ночью с гор приносить чистый. При свободном градостроительстве этот принцип был нарушен, загрязненный воздух в этих городах может стоять неделями.

Изучая географическое положение юга России, можно заметить, что оно довольно выгодное. В целом климат мягкий благоприятный для жизнедеятельности человека и биоты в целом.

При таких благоприятных климатических условиях следует указать, что наибольшее разнообразие в погодных условиях происходят в зимний период. Иногда в течение дня может произойти несколько погодных явлений: с утра мелкий дождь, к середине дня солнечная погода с температурой воздуха до 15 °С в январе, а к вечеру опять дождь. На следующий день температура воздуха может быстро прийти к нулевой отметке.

«Зимой неустойчивость погоды со сменой давления на Кубани выражается наиболее сильно. Это вызывает сильные ветры и частую смену погоды, даже в течение дня» [21].

Средние значения температуры воздуха, абсолютный минимум и максимум, на изучаемой территории приведены в таблице 6.

Данные таблицы 6 позволяют сделать выводы о довольно мягком климате на территории, где выполняются исследования. Подтверждает это амплитуда

средней температуры воздуха в холодный и теплый месяцы: от минус 1,9 до плюс 22,4 °С.

Таблица 6 – Средняя температура воздуха по временам года, абсолютный минимум и максимум, °С

Время года	Средняя	Min	Max
Зима	-1,9	-30,0	18,0
Весна	10,2	-20,0	33,0
Лето	22,4	6,0	45,0
Осень	11,3	-19,2	33,0
В году	10,6	-30,0	45,0

Амплитуда составляет 20,5 °С. Казалось бы при такой амплитуде изменений температуры воздуха можно комфортно жить, однако, как это отмечают местные жители и не только они в летние месяцы эта территория превращается в ужасную для проживания. При температуре воздуха 45 °С, которая может держаться несколько суток, животные организмы, в том числе и человек чувствуют себя очень некомфортно. Некоторые растительные организмы при очень высокой температуре поверхности почвы погибают.

Осадки для любого региона, где выращивают сельскохозяйственные растения являются одним из главных показателей. Только благодаря осадкам можно получить оптимальный урожай выращиваемых сельскохозяйственных растений. Конечно, может быть применено искусственное орошение при выращивании сельскохозяйственных культур. Однако этот способ получения высоких урожаев достаточно затратный, а в настоящих условиях при высокой стоимости электроэнергии трудно выполним.

По справочным данным, в среднем в год выпадает на территории исследований около 600 мм осадков.

Следует заметить, что если летом и есть осадки, то очень часто они в виде ливней, от которых растениям мало пользы, а если еще и выпадает град, который причиняет большой вред сельскохозяйственным растениям.

Краснодарский край многие земледельцы уже относят к территории с очень малым количеством осадков, так как сельскохозяйственные растения очень нуждаются в воде (поливах).

«Чаще скорость ветра на территории Краснодара не высокая (около 3,0 м/с). Но также наблюдаются и сильные ветры (более 15 м/с), чаще они бывают в холодное время года. Иногда такие ветры, при иссушении почвы, ее подмораживании и отсутствии лесных полос могут вызывать пыльные бури» [21].

Господствующее направление ветра на изучаемой территории – восточное и северо-восточное (Рисунок 1).

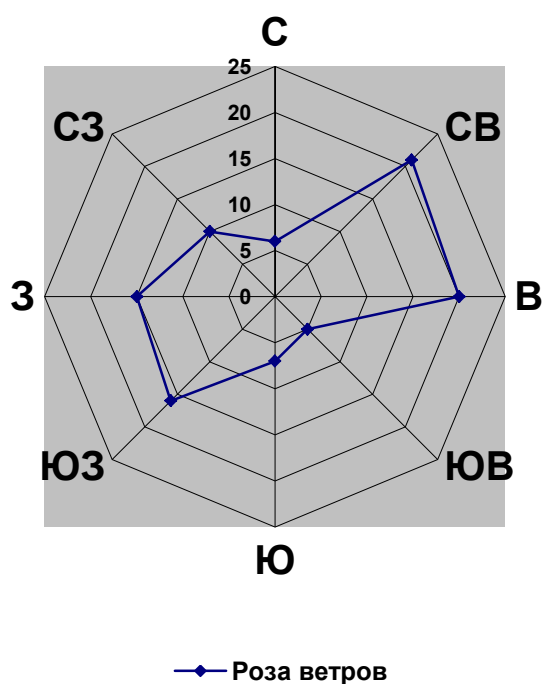


Рисунок 1 – Господствующее направление ветров в изучаемом регионе

Скорость ветра сильно зависит от перепада давления воздуха. На территории исследований летом довольно долго может быть погода без сильного изменения давления воздуха. Поэтому погода очень часто много дней практически не изменяется, а скорость ветра очень низкая. Иногда, как говорят «лист не шелох-

нется на деревьях». Зимой, как уже была приведена информация, погода может изменяться довольно быстро с изменением давления воздуха. По этой причине сильные ветры зимой на этой территории не редкость.

Опасность при ветрах высоких скоростей для почв очень высокая. Зимой на некоторых полях отсутствует растительность. Если еще при этом нарушена система защитных лесных насаждений можно ждать беды. При сильном ветре происходит срыв верхнего плодородного слоя почвы и перенос на большие расстояния. Возможно образование пыльных бурь. На территории Краснодарского края в настоящее время сложилась опасная ситуация для сельскохозяйственных полей, так как защитные лесные полосы на больших территориях практически находятся в неудовлетворительном состоянии или их вовсе нет.

«По схеме геоморфологического районирования Северо-Западного Кавказа район исследований расположен в южной части Азово-Кубанской низменности, которая представляет собой аллювиально-аккумулятивную равнину с покровом лёссов» [17, 52, 107].

Значение климата в почвообразовательном процессе исключительно велико. Почвенные и климатические характеристики находятся в коррелятивной связи.

## 2.2 Почвенные условия

Говоря о Кавказе В. В. Докучаев отмечал, что «подобного разнообразия почвенных типов и думать нечего встретить ни в Европейской России, ни тем более в Западной Европе».

Кубанские черноземы – это «золото» страны, которое надо беречь, поддерживать их плодородие и ни в коем случае не допускать не целевое их использование. Около двух десятилетий на территории Краснодарского края ведется интенсивное строительство и, не малая часть «золота» теряется безвозвратно. «Город и пригородные территории сильно перенаселены» – это уже признает и губернатор Краснодарского края.

«Все черноземы имеют общее генетическое строение профиля независимо от географического распространения» [72].

А – гумусовый горизонт. Однородный темно-серой окраски, слабый буроватый оттенок. Надо отметить, что буроватый цвет довольно хорошо просматривается в южных черноземах. Так же довольно хорошо заметна тенденция изменения интенсивности темного окрашивания от южного чернозема к выщелоченному. Горизонт А при использовании черноземов в сельскохозяйственном производстве можно разделить на «пахотный горизонт» и «подпахотный горизонт». Очень часто пахотный горизонт структурность свою теряет.

«Ценные зернистые и комковатые фракции или практически отсутствуют в пахотном горизонте, или находятся в минимуме. Подпахотный горизонт сохраняет строение целинных вариантов черноземов» [11, 14, 17 – 21, 47, 148, 149, 162].

«Горизонт АВ – гумусовый переходный горизонт. Темно-серое окрашивание в этом слое ослабевает. Иногда, местами мы отметили черные вкрапления. Это окислы марганца и железа. Горизонты А и АВ показывают мощность гумусового профиля. Как указывают» [19 – 21, 120] мощность гумусового горизонта изменяется в широких пределах – 40 – 150 см. Можно отметить, что горизонт АВ имеет довольно хорошо выраженную комковатую структуру.

«Горизонт В (ВС) – переходный горизонт. К горизонту «В» этот цвет постепенно меняется на коричневато-буроватый. 150 – 180 см – цвет серый, бурый, глинистый, комковатый, сильно уплотнен, отчетливо заметно увеличение иловатой фракции в горизонте В. ВС 180 – 220 см – палево-бурый, встречаются затеки гумуса» [19 – 21, 120].

Горизонт С – почвообразующая порода.

«Самые мощные в мире черноземы наблюдаются в районе Краснодара. Это выщелоченные и типичные подтипы. Кроме общей мощности всего профиля, обозначают отдельно мощность гумусовых горизонтов, А+АВ. В классификации принято видовое разделение на маломощные, среднемощные, мощные и сверхмощные черноземы именно по мощности А+АВ» [17 – 21, 59, 120, 132, 148, 149, 162].

Известной характеристикой чернозема выщелоченного и его особенностью является вынос карбонатов кальция из гумусового слоя. Эта его особенность не всегда проявляется, так как карбонаты кальция могут оказаться в слое выщелачивания. При выполнении исследований нами это было обнаружено на территории исследований.

Изучаемые черноземы имеют тяжелый механический состав – около 64 % физической глины, 33 % ила.

На это же указывает и другая важная характеристика почв на исследуемой территории – это гранулометрический состав. Он оказывает влияние на агрохимические и агрофизические, физико-химические свойства почвы, ее плодородие.

Результаты исследований гранулометрического состава чернозема выщелоченного на территории опытных участков приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты исследований гранулометрического состава чернозема выщелоченного на территории опытных участков

Горизонт	Сумма фракций		
	<0,01 мм	0,05 – 0,001мм	1,0 – 0,05
1	2	3	4
Апах	61,2	57,1	4,4
А	59,9	55,4	4,5
АВ <sub>1</sub>	60,0	57,5	4,7
АВ <sub>2</sub>	59,3	58,1	4,9
В	57,2	60,2	5,4
С	57,0	60,4	6,1

«Известно, что многократное применение сельхоз орудий, механические и химические обработки выращиваемых растений непосредственно влияют на плотность почвы» [111, 178, 179, 180].

Приходится констатировать, что сильное уплотнение почвы негативно сказывается на ее состоянии. По этой причине в почве происходит нехватка воздуха

для корней сельскохозяйственных растений, сильно снижается влагоемкость, газообмен и, конечно, биологическая активность почвенной биоты. Следствием такого состояния почв является снижение урожая сельскохозяйственных растений, потеря его качества.

Агрофизические свойства чернозема выщелоченного на территории исследований (Таблица 8).

«В слое от 0 см до 100 см плотность составляет 1,21 – 1,37 г/см<sup>3</sup>, при пористости общей 54,1 – 49,0 %, полная влагоемкость – 45,2 – 35,8 %» [19 – 21, 120].

Физико-химические свойства исследуемого чернозема оказывают влияние на изучаемые параметры передвижения тяжелых металлов в пищевой цепи почва-растение.

Таблица 8 – Агрофизические свойства чернозема выщелоченного на территории исследований

Глубина отбора образца, см	Плотность	Пористость общая	Полная влагоемкость
	г/см <sup>3</sup>	%	
0 – 20	1,21	54,1	45,2
20 – 40	1,27	51,6	39,4
40 – 60	1,34	49,7	36,7
60 – 80	1,36	49,0	35,8
80 – 100	1,37	49,0	35,8

В лугово-черноземных почвах, сформировавшихся на лессовидных отложениях, при использовании их под рис происходит значительное и необратимое изменение водно-физических свойств, резко уменьшается пористость и водопроницаемость, возрастает плотность почвы (Таблица 9).

«В подстилающих лессовидных отложениях усиливаются процессы переувлажнения, суффозии и их деградации. Почвы и преобразованные лессовидные отложения приобретают склонность к набуханию при переувлажнении и к трещиноватости при иссушении. Наиболее интенсивно эти изменения происходят в

период от 4 до 6 лет использования почв под рис. В дальнейшем активность таких изменений затухает» [111, 178, 179, 180].

Таблица 9 – Водно-физические свойства лугово-чернозёмной почвы рисового севооборота

Генетический горизонт	Глубина отбора образца, см	Плотность	Плотность твердой фазы	Общая пористость
	см			
Ап.	0 – 25	1,31	2,64	50,7
А	25 – 40	1,36	2,68	49,5
АВ1	40 – 80	1,49	2,71	45,0
АВ2	80 – 100	1,54	2,75	44,3
В	100 – 130	1,62	2,73	41,0
С	> 130	1,68	2,71	38,0

Возделывание риса в силу специфичности условий его выращивания способствует снижению содержания гумуса и азота в лугово-чернозёмной почве рисового севооборота. Физико-химические свойства верхних горизонтов лугово-черноземной почвы рисового севооборота характеризуются низким содержанием гумуса (3,2 – 3,4 %), нейтральной реакцией почвенного раствора (рН 6,8 – 6,9), довольно высокими показателями емкости катионного обмена (38,7 – 39,1 %).

### 2.3 Объекты исследований

Миграция загрязнений внутри природных сред происходит в результате переноса воздушными массами, стоком рек и т.д. Одновременно происходит миграция загрязнений между геосферами в виде подкисленных жидких осадков и седиментации взвешенных в атмосферном воздухе твердых частиц на поверхность почвы, растений и водоемов. Повышение кислотности среды приводит к растворению многих токсичных тяжелых металлов [126 – 129].

Для большинства сельскохозяйственных растений одним из первых барьеров, который стоит на пути проникновения в них тяжелых металлов являются корни. В них задерживается большая часть загрязнителей. Следующим органом, по которому продвигаются тяжелые металлы, является стебель, затем листья и наконец плоды, семена. Отмечены случаи, когда при равном загрязнении почвы накопление тяжелых металлов в сельскохозяйственных растениях зависело от их сортовых особенностей. Обнаруженный факт возможно обусловлен внутривидовым полиморфизмом, который может проявить себя и при техногенном загрязнении почвы. По этому признаку может выполняться селекция растений, для которых основная цель – снизить накопление тяжелых металлов в различных их органах.

При аэральном переносе тяжелых металлов и их осаждении на растения и почву, происходит комплексный характер проникновения их в растения. Наибольшее накопление в плодах может при этом наблюдаться при миграции загрязнителя из листвы в плоды.

Объектом исследований является тыква и ее сорта Мраморная, Прикубанская, Ромашечка.

Тыква пришла в нашу страну из Европы, а Родиной этой культуры по праву считается Мексика. В настоящее время больше всего производят тыкву в России, Китае, Индии. Тыква относится к бахчевым растениям. Плоды тыквы могут достигать 10 килограмм веса в период зрелости. Различные сорта тыквы благодаря работе селекционеров имеют плоды разной формы – она может быть округлой, грушевидной, овальной. Плоды некоторых сортов тыквы легко различимы на поле, так как они часто имеют желтый яркий цвет. Однако цвет может быть и серым, зеленоватым. Мякоть всегда имеет оранжевый цвет, очень приятна по аромату. Плоды спелой тыквы имеют приятный вкус, однако он различается в зависимости от сорта, но практически всегда сладковатый.

У плодов тыквы практически все может использоваться. То есть отходов в плодах у этого растения нет. Из мякоти готовят приятные соки, джемы, ее можно готовить, поджаривая в печи, из нее получают прекрасные питательные каши и

т.д. Из семян тыквы готовят косметическое масло. Так же семена можно использовать в пищу.

Энергетическая ценность и состав (на 100 г продукта) – 26 Ккал, 1 г – белки, 0,1 г – жиры, до 4,4 г – углеводы. Особую ценность тыква представляет из-за богатого содержания витаминов и прочих полезных веществ.

В плодах тыквы содержатся – магний, кальций, марганец, железо, цинк, фосфор, калий. Это не весь химический состав тыквы, но наиболее представительный.

С давних времен известно, что плоды тыквы оказывают положительное влияние на состояние здоровья мужчин и женщин в репродуктивном возрасте. Тыква полезна в любом возрасте. Она даже положительно влияет на мужскую потенцию.

В составе плодов тыквы есть железо, а это, как известно оказывает положительное влияние на кроветворение. Плоды тыквы очень полезны для детского питания. При этом надо обязательно требовать от контролирующих организаций получения плодов тыквы не имеющих химического загрязнения, которое может принести обратный эффект, чем полезное действие на организм ребенка.

Сорт тыквы Мраморная. Позднеспелый сорт, от всходов до уборки 125 – 135 дней. Плоды массой 6 – 8 кг, сплюснутые с морщинистой и сегментированной поверхностью, с серой и темно-серой окраской коры. Мякоть оранжевая. Урожайность 30 – 35 т/га, товарность плодов 88 – 92 %. Содержание сухих веществ 14 – 18 %, сахара 8,5 – 10 %, каротина 10 – 12 мг %. Высокоурожайный сорт столового назначения с отличным вкусовым качеством плодов.

Сорт тыквы Прикубанская. Среднеспелый сорт, универсального назначения, от полных всходов до уборки 110 – 120 дней. Растение среднеплетистое. Плоды цилиндрические с утолщением у цветочного конца, массой 6 – 8 кг. Мякоть красно-оранжевая. Урожайность 30 – 35 т/га. Химический состав: сухое вещество 10 – 14 %, сахар 6 – 8 %, Каротин 12 – 14 мг %. Широкий ареал возделывания.

Сорт тыквы Ромашечка. Позднеспелый сорт, от всходов до уборки урожая 118 – 125 дней. Растение длиноплетистое, средней мощности. Плоды сильно

сплюснутой формы, глубоко сегментированные. Мякоть красно-оранжевая. Вкусовые качества отличные. Урожайность 40 – 45 т/га. Сорт устойчив к основным патогенам, высокое содержание сахара и каротина.

Известные сорта тыквы имеют свои особенности. Селекционеры при работе над новым сортом ставят определенные задачи, которые при получении нового сорта обязательно идут в описании. В характеристике сорта приведены его особенности. Именно они могут сыграть заметную роль при накоплении различных химических веществ, как из почвы, так и из аэральных выпадений.

Для сорта таких особенностей может быть довольно много, например, продолжительность вегетации. Очень часто этот показатель играет важную роль в накоплении загрязнителя в плодах и вегетативной массе. При этом в основном наблюдается положительная корреляция.

Размеры вегетативной массы тыквы – непосредственно влияют на накопление в ней различных загрязнителей. Одной из особенностей этого растения является его стелющийся стебель и сильная опушенность листьев. Если учесть, что показатель вегетативной массы для разных сортов тыквы отличается, то и накопление может быть различным. Но показатель накопления, например, тяжелых металлов в растении сильно зависит от опушенности листьев. Лист, отличающийся гидрофобностью, не способен долго удерживать на поверхности загрязняющее вещество в различных его видах. С поверхности таких листьев загрязняющее вещество может быть удалено при ветре или с капельками дождя. На листьях, опушенных, как у тыквы продолжительность удерживания загрязняющих веществ может сильно увеличиться, что несомненно приведет к большему его накоплению через лист. Так же определенную роль в накоплении загрязняющих веществ в вегетативной части растения и плодах играет расположения стебля относительно почвы. Он расположен на поверхности почвы, что ведет к дополнительному накоплению загрязнителя в растении. В связи с тем, что лист и стебель имеют опушение ветер и дождь в меньшей степени их очищают, чем гидрофобный лист. Однако и степень опушенности листа изменяется в зависимости от сорта. Это тоже следует учитывать при рассмотрении накопления загрязнителя в растении.

Урожай, получаемый с различных сортов, может оказывать прямое влияние на содержание в нем различных загрязнителей. Однако все приведенные особенности сортов тыквы требуют непосредственного изучения по накоплению различных загрязнителей, как в ее вегетативной массе, так и в плодах.

Временной фактор так же может оказывать немаловажное значение в накоплении тяжелых металлов в растениях. Даже пространственное расположение листвы, стебля растения возможно оказывает важнейшее влияние на накопление тяжелых металлов в нем.

Так же следует учитывать и расположение стебля, изучаемого растения, относительно почвы. Это расположение может быть вертикальное или стелющееся по почве. Кроме того, оно может быть опущенным или нет.

Точно так же требуется учитывать и подобные характеристики для плодов. Они могут располагаться непосредственно на почве или находиться над ней.

## **2.4 Методы и методики исследований**

Полевой опыт является основным методом изучения различных вопросов земледелия: приемов обработки почвы, севооборотов, агрохимических приемов, миграции загрязняющих веществ из почвы в растения, аэральный путь проникновения загрязнителей в растения, сортоиспытания и т.д.

Опыт в полевых условиях отграничивается от других методов агрономических исследований. Во-первых, полевой опыт проводится в природной среде. Этим он отличается от вегетационного опыта. Некоторые исследования выполняются вегетационным методом. Во-вторых, полевой опыт должен всегда давать представление о количественном воздействии условий, приемов воздействия, или пути накопления загрязнителя в урожае сельскохозяйственных растений.

Выполнение исследований в естественных условиях дает более полную картину влияния изучаемого фактора при непосредственном участии природных факторов. То есть после завершения эксперимента уже не потребуются ставить дополнительные опыты для выяснения конкретного действия природных факто-

ров в комбинации с исследуемым. Если опыт был поставлен в вегетационных сосудах или в тепличных условиях, то дополнительное исследование по изучению влияния природных факторов на исследуемый объект требуется поставить, так как у исследователя не будет полной уверенности в точности предлагаемого решения для открытой территории.

«Как бы ни были ценны наблюдения и результаты, полученные в вегетационных и лизиметрических опытах, прежде чем сделать практические выводы из них и рекомендации для производства (если вообще на основании этих данных такие могут быть предложены), они должны быть проверены в условиях сравнительного полевого опыта» [16, 49, 53, 88, 182].

Исследования выполнялись на делянках, каждая размером 5×5 м. Повторность в опыте 6 кратная, по рекомендациям, предложенным в методиках опытного дела.

Важно отметить, что при работе с шестикратной повторностью и даже на небольших делянках площадью 4 – 10 кв м точность полевого опыта вполне удовлетворительна [49, 88, 182].

То есть при постановке опыта не должны быть установленные площади для всех исследований. Площадь делянок и всего опыта может быть различной и во многом зависеть от конкретного объекта, задач, которые поставлены перед исследователем. Так же на площадь может повлиять вид изучаемого объекта. Например, нельзя использовать большие площади при исследовании влияния радиоактивного загрязнения почвы на растительные организмы. Такие почвенные территории будут радиоактивно загрязнены и, на них никаких исследований больше проводить будет невозможно. Поэтому площадь делянок в этом случае будет минимально допустимая.

Согласно рекомендациям, обязательно при закладке опытов должны быть так называемые «защитные полосы». Боковые «защитки» выделяют вдоль длинных сторон делянок для исключения влияния соседних растений. Концевые «защитки» шириной не менее 2 м выделяют для предохранения учетной части делянки от случайных повреждений. В нашем случае она была 5 м. «Защитные по-

лосы» не принимают непосредственного участия в опыте, главная их задача выполнять функции защитного растения.

Опыт нами был заложен в 2020 году. Исследования нами выполнялись в период 2020 – 2022 годы. Делянки на почве чернозем выщелоченный расположены стандартным методом. Каждый отдельный вариант отделен контролем. В опыте на почве чернозем выщелоченный участвовало два сорта – Мраморная и Прикубанская. В опыте на лугово-черноземной почве рисового севооборота участвовало три сорта – Мраморная, Прикубанская и Ромашечка.

Схема поставленного нами опыта на почве чернозем выщелоченный приведена на рисунке 2, лугово-черноземной почве рисового севооборота на рисунке 3.

Делянки на лугово-черноземной почве рисового севооборота расположены стандартным методом. Каждый эксперимент отделен контролем.

В опыте на лугово-черноземной почве рисового севооборота участвовало три сорта – Мраморная, Прикубанская и Ромашечка. При том, что на территории Краснодарского края получило развитие рисосеяние, важнейшей задачей стало – изучить возможность выращивания на рисовых чеках тыквенных растений, поэтому в этом опыте участвовало три сорта. В дальнейшем можно будет увеличить количество сортов, которые будут исследованы на предмет влияния на них тяжелых металлов. Так же можно будет расширить спектр изучаемых тяжелых металлов.

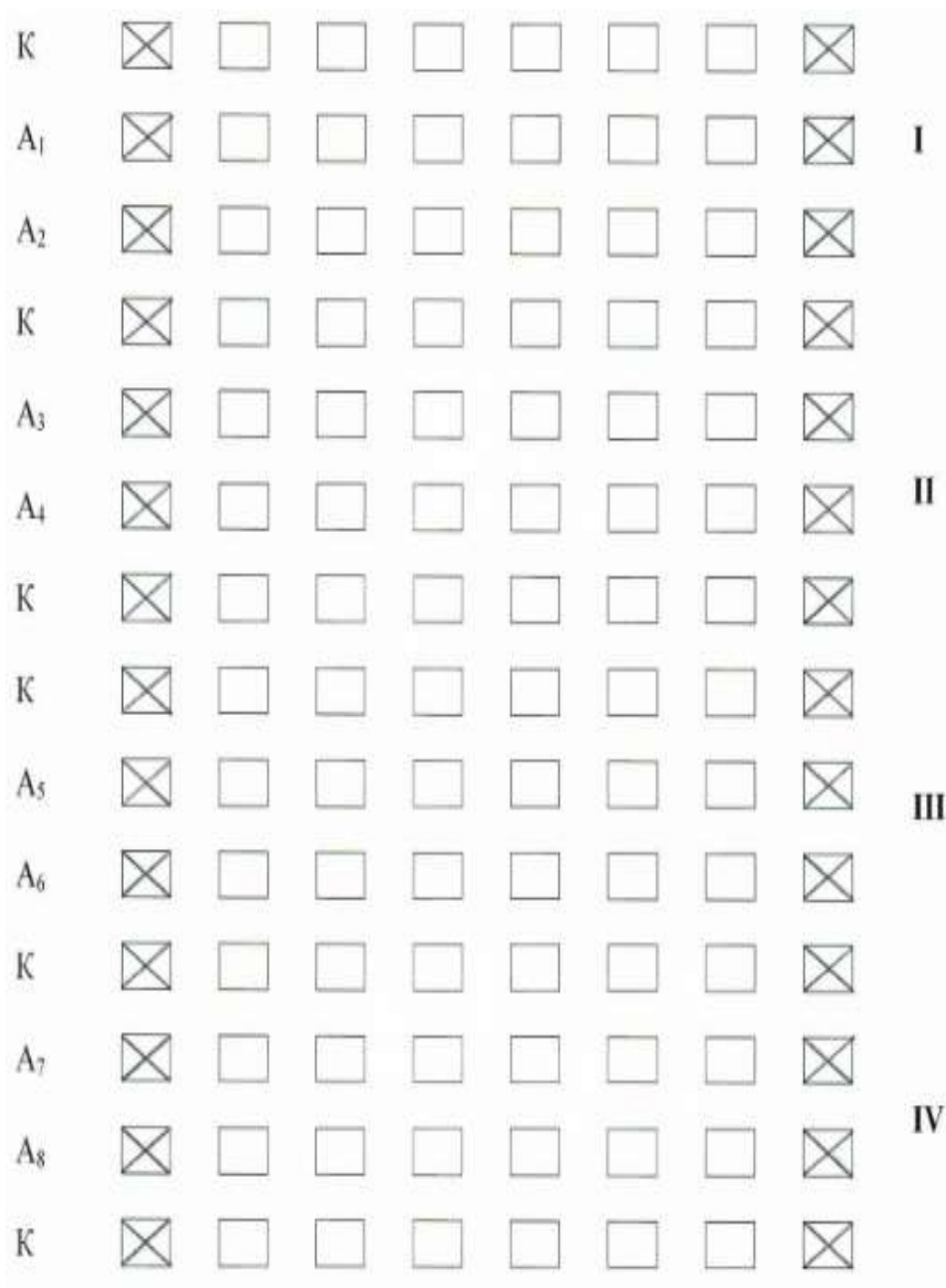


Рисунок 2 – Расположение экспериментальных делянок вариантов опыта на почве чернозем выщелоченный

A<sub>1,3,5,7</sub> – сорт Мраморная; A<sub>2,4,6,8</sub> – сорт Прикубанская; К – контрольные делянки; I – CuSO<sub>4</sub> (1ПДК); II – CdSO<sub>4</sub> (1ПДК); III – CuSO<sub>4</sub> (5ПДК); IV – CdSO<sub>4</sub> (5ПДК); повторностей – 6, которые заканчиваются концевыми «защитками».

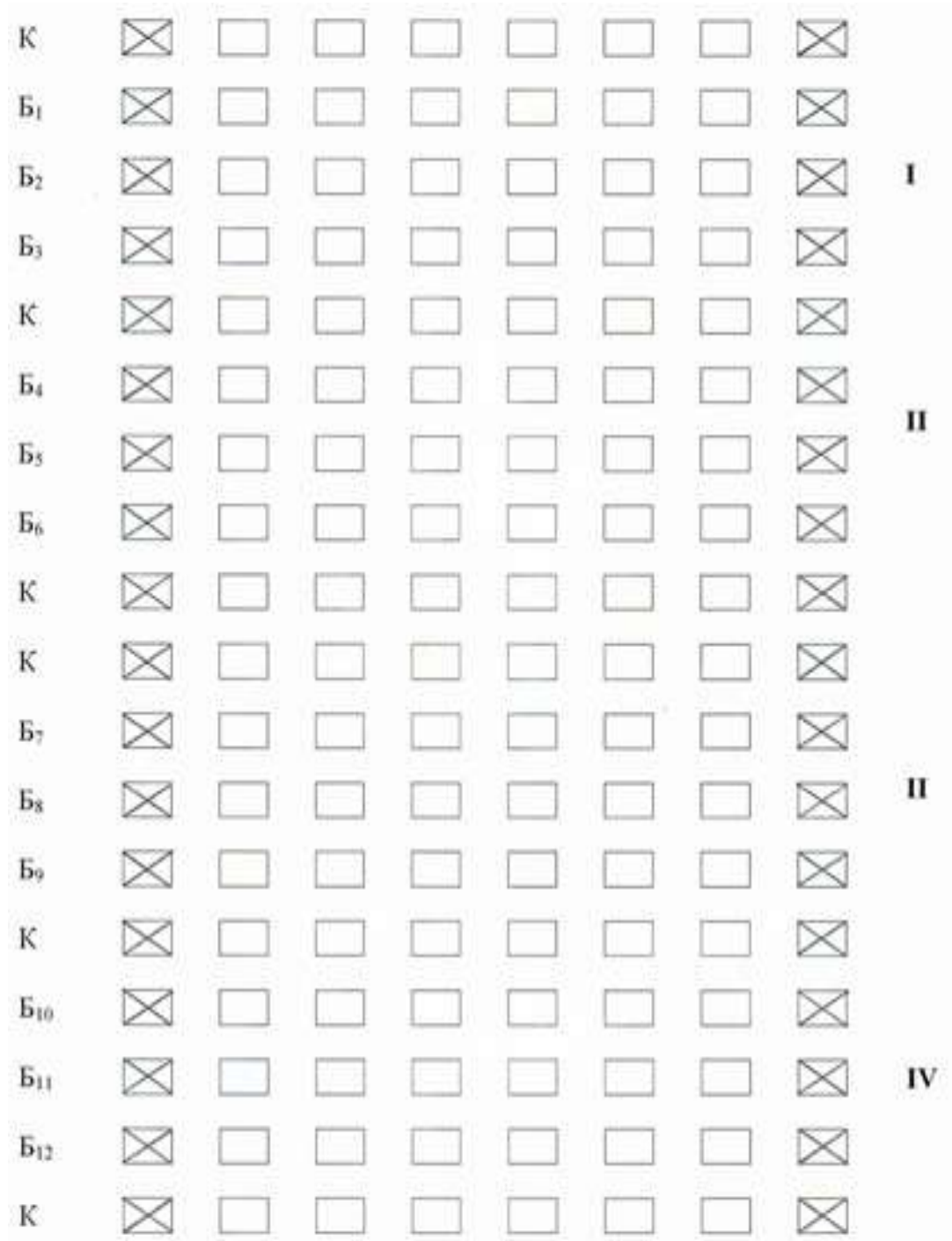


Рисунок 3 – Расположение опытных делянок вариантов опыта на лугово-черноземной почве рисового севооборота

Б<sub>1,4,7,10</sub> – сорт Мраморная; Б<sub>2,5,8,11</sub> – сорт Прикубанская; Б<sub>3,6,9,12</sub> – сорт Ромашечка; К – контрольные делянки; I – CuSO<sub>4</sub> (1ПДК); II – CdSO<sub>4</sub> (1ПДК); III – CuSO<sub>4</sub> (5ПДК); IV – CdSO<sub>4</sub> (5ПДК); повторностей – 6, которые заканчиваются концевыми «защитками».

В опыте по определению возможного накопления загрязнителя в тыквенных растениях участвовало 2 тяжелых металла – медь и кадмий. Нанесение тяжелых металлов в виде сульфатов выполнялось при помощи ранцевого опрыскивателя (Рисунок 4, Рисунок 5).



Рисунок 4 – Нанесение раствора тяжелых металлов на экспериментальные  
делянки вариантов опыта

Концентрации, которыми были обработаны растения 1 и 5 ПДК.

Нанесение было выполнено в фазу начала цветения. В конце вегетации тыквы были выполнены измерения длины главной плети, площади листьев, количество листьев на главном стебле, длина черешка листа, длина главной жилки листа, зеленое покрытие %.

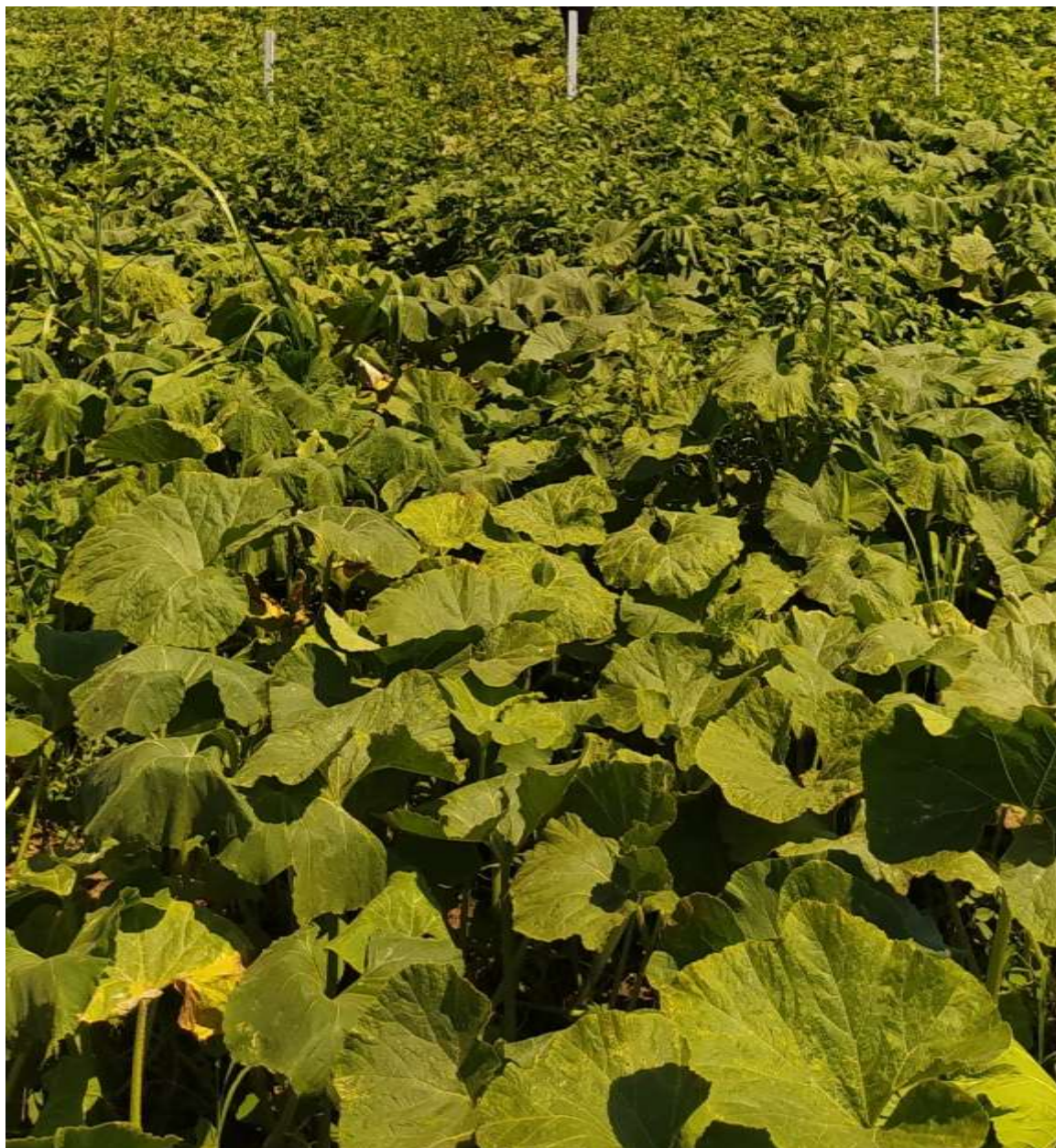


Рисунок 5 – Нанесение раствора тяжелых металлов на экспериментальные  
делянки вариантов опыта

После сбора урожая было определено содержание тяжелых металлов в листьях, плодах и семенах тыквы в зависимости от сорта, концентрации нанесенного раствора, изучаемой почвы [105].

Содержание тяжелых металлов определяли в ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Испытательная лаборатория «Центр качества пищевой продукции» НИИ Биотехнологии и сертификации пищевой продукции, спектрометр атомно-абсорбционный модификации

МГА-1000. Внесён в Государственный реестр средств измерений РФ под № 58356-14, срок действия до 24.07.2024г.

Спектрометр предназначен для проведения количественного элементного анализа по атомным спектрам поглощения и испускания и, в первую очередь, для определения содержания металлов (до 70 элементов) в растворах их солей: в природных и сточных водах, в растворах-минерализатах консистентных продуктов, технологических и прочих растворах. Методика М 01-57-2017.

Агротехника возделывания испытываемых культур – общепринятая для данного региона. Полученные результаты обрабатывали методами математической статистики.

### **3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

#### **3.1 Влияние свойств чернозема выщелоченного и лугово-черноземных почв рисового севооборота на накопление в вегетативных и генеративных органах тыквы тяжелых металлов при комплексном воздействии загрязнителей**

Техногенез привел к значительному качественному и количественному изменению элементарного состава компонентов биосферы. Одним из таких опасных загрязнителей почвы являются тяжелые металлы. Однако наиболее длительный период во времени и с отдаленными последствиями для всей биоты проявляются именно в загрязнении почвы. Источников, которые приводят к поступлению тяжелых металлов в почву довольно много, это и промышленные выбросы, применение пестицидов, удобрений и т.д.

Ведение сельскохозяйственного производства без применения химических препаратов практически невозможно. Для защиты растений используются различные пестициды. Часть химических составляющих в этих препаратах работает по «мишени», но другая, которая не была использована, но в нем находилась, попадает в почву. Многократное и многолетнее их применение в конечном итоге приводит к постепенному загрязнению почвы.

Не менее важным источником пополнения загрязняющих веществ в почвах являются применяемые удобрения. Конечно, без них практически невозможно получить оптимальные урожаи сельскохозяйственных растений. Но, содержащиеся в них примеси химического происхождения так же дополнительно загрязняют почву.

Загрязнение почв постепенно приводит к их деградации и вместо запланированных урожаев происходит резкое их снижение. Накопление загрязнителя в растениях приводит к снижению их качества или даже не возможности их использования в пищу.

«Повышение общего содержания тяжёлых металлов в почве сопряжено с увеличением относительного содержания более подвижных соединений металлов» [84, 51, 78, 179, 180].

На тяжелых почвах накопление различных загрязняющих веществ происходит в основном в верхнем пахотном слое.

Миграция загрязняющих веществ в черноземных почвах в вертикальном и горизонтальном направлении проходит очень медленно. Если нет оборота пласта почвы, выпадающие их на поверхность почвы тяжелые металлы, могут находиться в верхнем слое почвы длительное время. Этому способствует травянистая растительность, расположенная на этой территории. Часть химических веществ, которые накопились в растениях, возвращаются обратно при отмирании вегетативной массы.

При попадании на поверхность почвы химические загрязнители так же могут быть связаны органическими веществами за счет происходящих реакций. На этот процесс большое влияние оказывает содержание и состав гумуса в почвах. Кроме этого, определенная часть химических веществ усваивается почвенной биотой верхнего слоя почвы. Поэтому в основном происходит аккумуляирование загрязнителей в пахотном слое. Так же определенное влияние на снижение вертикальной миграции тяжелых металлов в почве оказывает так называемая «плужная подошва». Она образуется под действием многолетней работы плуга. Глубина ее может около 25 – 27 см. Уплотнение почвы «плужная подошва» затрудняет вертикальную миграцию загрязняющих веществ в почве.

На территории Федерального научного центра риса г. Краснодар выполнены исследования по определению накопления тяжелых металлов в тыкве в зависимости от свойств почв – чернозем выщелоченный и лугово-черноземной почвы рисового севооборота.

Тыква выращивается на Кубани уже не одно десятилетие. В овощном севообороте она занимает одно из первых мест. Еще с переселения казаков на Кубань овощные растения, сады и виноградники считались одними из основных культур, которые обязательно должен был выращивать каждый двор.

«За несколько десятилетий почвы сельскохозяйственного назначения накопили загрязняющие вещества, которые в конечном итоге стали оказывать негативное действие на выращиваемые растения» [126 – 128].

Экспериментальные данные о накоплении меди в вегетативных органах тыквы сорт Мраморная в зависимости от изучаемых почв приведены на рисунке 6 (Приложение А).

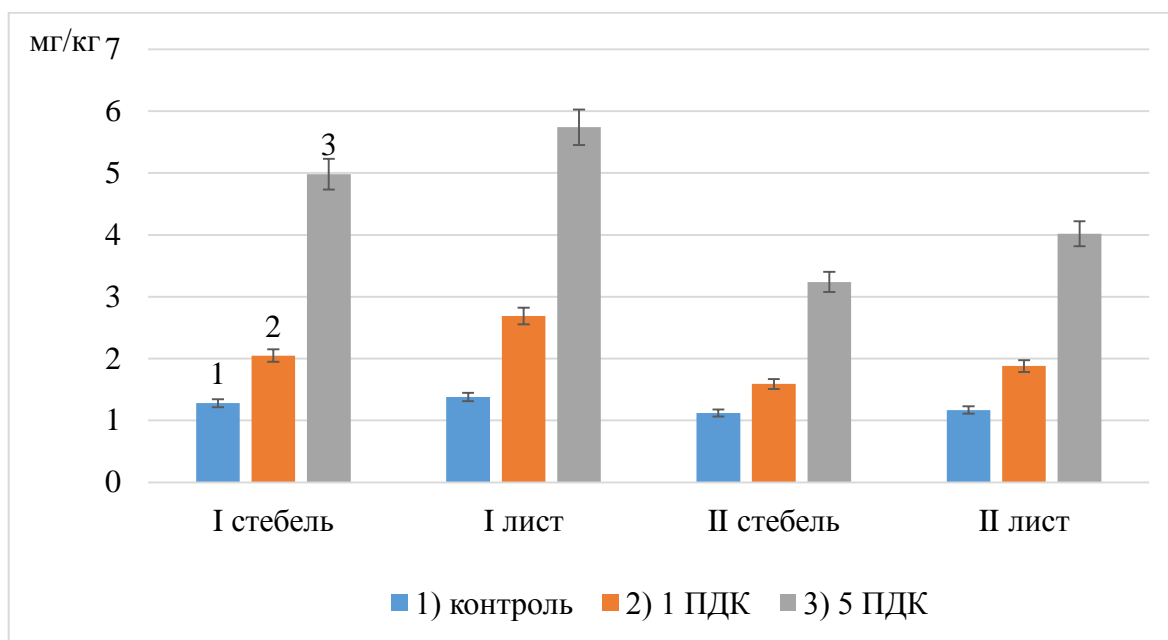


Рисунок 6 – Накопление меди в вегетативных органах тыквы сорт Мраморная (I вариант – почва чернозем выщелоченный, II вариант – лугово-черноземная почва рисового севооборота), 2020 – 2022 гг

«Установлена существенная разница, на 5 % уровне значимости, в накоплении изучаемого тяжелого металла в вегетативных органах тыквы, сорт Мраморная, в зависимости от изучаемых почв. При аэральном нанесении тяжелого металла в концентрации 1 ПДК различие в накоплении меди в стебле между 1 и 2 вариантом эксперимента составляет соответственно в 1,3 и 1,4 раза. В абсолютном выражении содержание меди в стеблях и листьях второго варианта оказалось меньше, чем в первом, соответственно на 0,46 и 0,81 мг/кг, при нанесении тяжелого металла в 1 ПДК» [126 – 131].

«Обнаружено существенное различие на 5 % уровне значимости, в накоплении меди в стеблях и листьях между изучаемыми вариантами при нанесении раствора в 5ПДК, которое соответственно составляет в 1,5 и 1,4 раза» [126 – 131].

Для определения влияние исследуемых почв на накопление меди, как тяжелого металла был включен сорт тыквы Прикубанская.

Это было сделано по причине различий между сортом Мраморная и Прикубанская. Различия между сортами даны в их описании, одно из них разное созревание во времени – сорт Прикубанская среднего срока созревания, Мраморная – позднего.

«Экспериментальные данные о накоплении меди в вегетативных органах тыквы сорт Прикубанская в зависимости от изучаемых почв приведены на рисунке 7» [126 – 131] (Приложение Б).

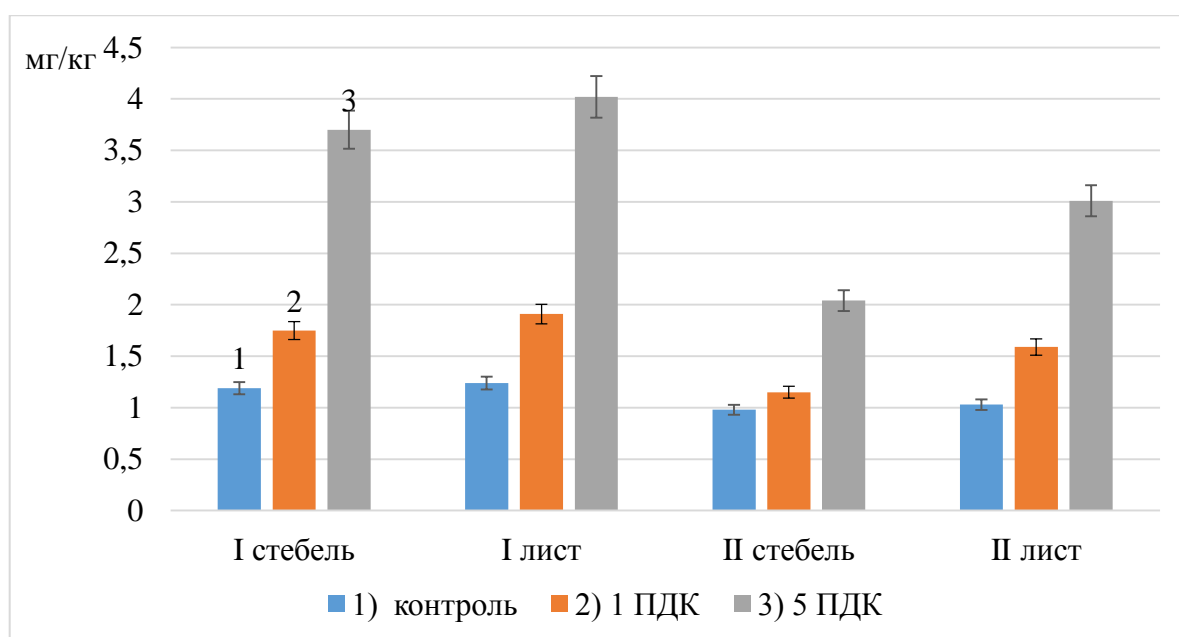


Рисунок 7 – Накопление меди в вегетативных органах тыквы сорт Прикубанская (I вариант – почва чернозем выщелоченный, II вариант – лугово-черноземная почва рисового севооборота), 2020 – 2022 гг

«Установлена существенная разность на 5 % уровне значимости в накоплении изучаемого тяжелого металла в вегетативных органах тыквы, сорт Прикубанская, в первом и втором варианте опыта, в зависимости от изучаемых почв. Боль-

ше накопилось меди в стебле тыквы выращиваемой на почве чернозем выщелоченный, чем лугово-черноземной почве при нанесении концентрации меди в 1ПДК в 1,5 раз, а при нанесении концентрации меди в 5ПДК в 1,8 раз. Так же больше накопилось меди в листьях тыквы изучаемого сорта выращенной на почве чернозем выщелоченный, чем лугово-черноземной почве при нанесении концентрации 1ПДК – в 1,2 раза, при нанесении концентрации в 5ПДК – в 1,3 раза (Рисунок 7)» [126 – 131].

В настоящее время большая часть тяжелых металлов попадает на растения и почву в виде аэрозолей. При поступлении питательных веществ комбинированным путем, загрязнители проникают в растения через корневую систему и листву. И, чем больше требуется растению питательных веществ, тем больше загрязнителя в него проникает.

«В почвах с высоким содержанием органического вещества и глины подвижность металлов низкая. При аэральном пути поступления поллютанта на растение в большей степени проявляется уже внекорневое проникновение загрязнителя» [126 – 131].

При поступлении питательных веществ комбинированным путем (корневое и внекорневое) загрязнители проникают в растения. И, чем больше требуется растению питательных веществ, тем больше загрязнителя в него проникает.

Медь, как загрязнитель почвы, оказывает негативное действие на ее физические и химические свойства. Происходит уменьшение числа микроагрегатов, снижается их водопрочность.

«Анализируя результаты эксперимента, которые приведены на рисунках 6 и 7 сделан вывод, что на лугово-черноземных почвах рисового севооборота в вегетативной части тыквы меди накапливается меньше. Причин такого различия может быть несколько» [126 – 131].

Однако различия между ними всё же существуют.

На лугово-черноземных почвах рисового севооборота после многолетнего их использования произошло уплотнение и разагрегатирование компонентов микроструктур, зафиксировано угнетение деятельности биоты (почвенных беспо-

звоночных) и подвижности гумусово-глинистого вещества. То есть можно отметить, что происходит постепенная деградация гумусовых горизонтов.

«Так же было обнаружено различие в содержании ила и пыли на изучаемых почвах. На лугово-черноземных почвах рисового севооборота эти показатели несколько выше, чем на почве чернозем выщелоченный» [81, 82, 158].

«В связи с тем, что в опыте использовали аэральный путь поступления загрязнителей в растения следует учитывать и их биологические особенности. Большую роль при этом играет пространственное расположение растения, площадь его листа, имеющееся опушение или его гидрофобность, общая масса вегетативной части растения, продолжительность вегетационного периода, глубина проникновения корневой системы, избирательность в накоплении тех или иных элементов и т.д.» [126 – 131].

«По степени накопления выделяется несколько групп элементов:

1. Cd, Cr, Rb – поглощаются легко;
2. Zn, Mo, Cu, Pb, Ag, As, Co – имеют среднюю степень поглощения;
3. Mn, Ni, Li, Cr, Be, Sb – слабо поглощаются.

Хотя конкретные системы «почва-растение» могут иметь заметные отклонения от этой тенденции» [50, 62].

В течение всего периода эксперимента на опытных участках тыквы отмечалось развитие хлороза на варианте при нанесении меди в концентрации 5 ПДК. Так же зафиксировано слабое развитие вегетативной массы на вариантах лугово-черноземной почвы рисового севооборота. То есть произошло замедление роста и развития этого растения и, как следствие получен урожай ниже заявленного по сорту.

Медь может провоцировать токсические эффекты, например, такие, как хлороз, оказывать сильное негативное действие на развитие корневой системы. Угнетение корневой системы вызвало снижение жизненного тонуса самого растения.

На изучаемых почвах нами выполнены исследования с аэральным нанесением раствора кадмия на вегетативную часть растения.

«Экспериментальные данные о накоплении кадмия в вегетативных органах тыквы сорт Мраморная в зависимости от изучаемых почв приведены на рисунке 8» [126, 127, 129] (Приложение В).

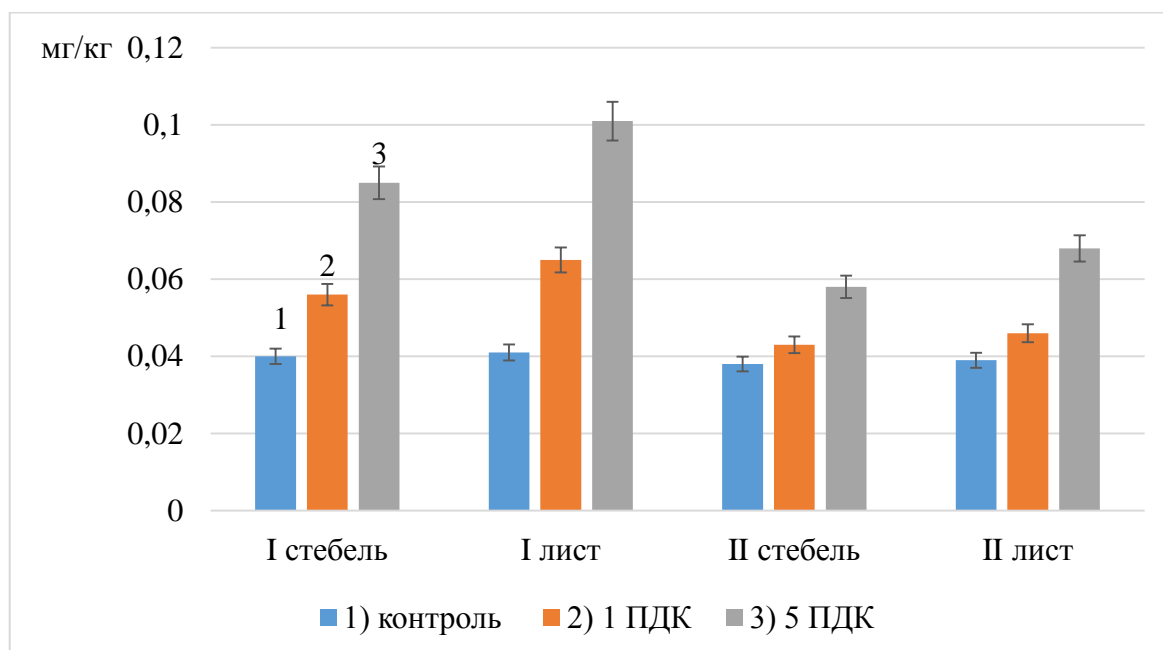


Рисунок 8 – Накопление кадмия в вегетативных органах тыквы сорт Мраморная (I вариант – почва чернозем выщелоченный, II вариант – лугово-черноземная почва рисового севооборота), 2020 – 2022 гг

Проведенные эксперименты в полевых условиях позволили определить, что накопление изучаемых загрязнителей в вегетативной части растений тыквы находится в зависимости от свойств исследуемых почв.

«В результате исследований удалось установить, что свойства изучаемых почв оказали влияние на накопление тяжелых металлов в вегетативной части сельскохозяйственного растения» [126 – 131].

Установлено существенное различие (на 5 % уровне значимости) в накоплении кадмия в стебле тыквы сорт Мраморная в зависимости от изучаемых почв, при нанесении раствора в 1 ПДК в 1,3 раза, при нанесении раствора в 5 ПДК в 1,5 раз, для листьев при нанесении раствора в 1 ПДК в 1,4 раза, а при нанесении раствора в 5 ПДК – в 1,5 раз.

Большая часть тяжелого металла при аэральном его нанесении попадает на лист. «У тыквы он, во-первых, имеет горизонтальное расположение, во-вторых, присутствует опушение, что позволяет долго удерживать загрязнитель на листовой пластинке и, в-третьих, лист на растении сохраняется вплоть до уборки урожая, то есть продолжительность его жизни довольно высокая» [126 – 131].

Все это в определенной степени способствует проникновению загрязнителя в растение, причем в концентрациях выше, чем для стебля.

Обнаружено существенное различие (на 5 % уровне значимости) в накоплении кадмия в листьях между изучаемыми вариантами при нанесении раствора в 1 ПДК (в 1,4 раза), при концентрации раствора кадмия в 5 ПДК различие составило в 1,5 раза (Рисунок 8).

В опыте по изучению влияния свойств почв на накопление кадмия участвовал сорт тыквы Прикубанская. Сорт Прикубанская среднего срока созревания в отличие от сорта Мраморная, которая считается позднего срока созревания.

«Экспериментальные данные о накоплении кадмия в вегетативных органах тыквы сорт Прикубанская в зависимости от изучаемых почв приведены на рисунке 9» [126, 127, 129].

При нанесении раствора кадмия на тыквенное растение в концентрации 1 ПДК установлено различие в накоплении между изучаемыми вариантами для стебля в 1,2 раза, при нанесении концентрации раствора кадмия в 5 ПДК – это различие составило в 1,4 раза (Рисунок 9).

Так же в результате выполненной экспериментальной работы было установлено, что в целом накопление изучаемого тяжелого металла происходит в больших количествах при нанесении загрязнителя в концентрации 5 ПДК.

«Обнаружено существенное различие на 5 % уровне значимости в накоплении кадмия в листьях между изучаемыми вариантами при нанесении раствора в 1 ПДК в 1,4 раза, при концентрации раствора кадмия в 5 ПДК в 1,5 раз (Рисунок 9)» [126 – 131] (Приложение Г).

В результате анализа экспериментальных данных, приведенных на рисунке 9 можно резюмировать, что накопление кадмия в вегетативной части

тыквенного растения, выращенного на лугово-черноземной почве рисового севооборота оказалось меньше, чем на почве чернозем выщелоченный.

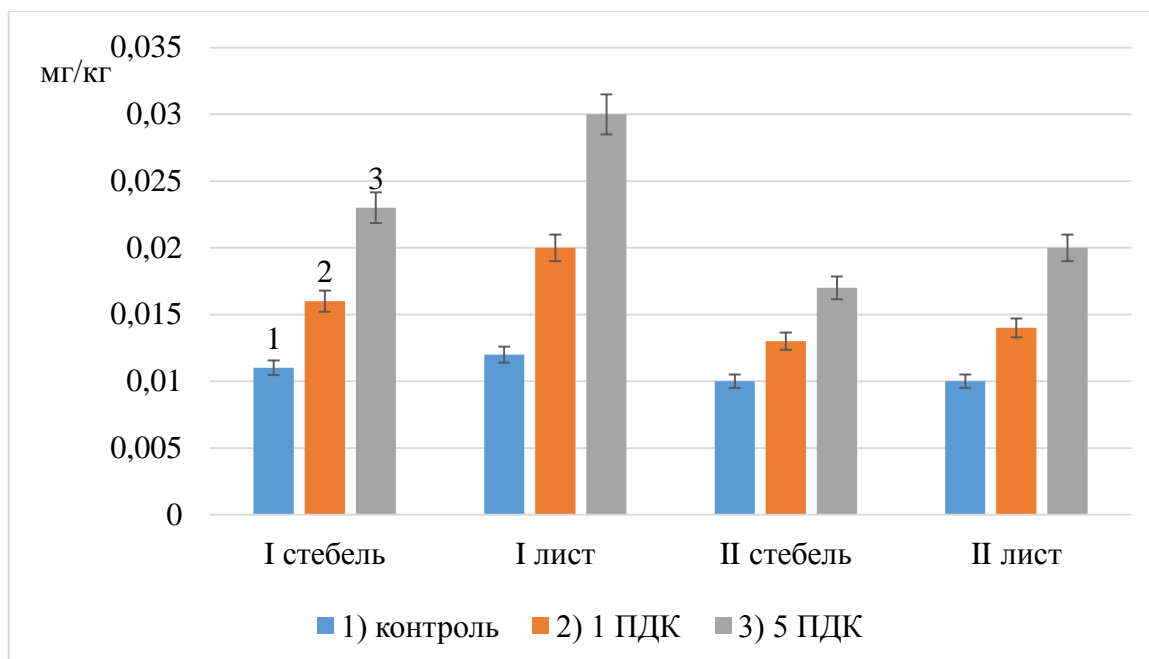


Рисунок 9 – Накопление кадмия в вегетативных органах тыквы сорт Прикубанская (I вариант – почва чернозем выщелоченный, II вариант – лугово-черноземная почва рисового севооборота), 2020 – 2022 гг

В Краснодарском крае продолжается использование черноземов для выращивания риса. По этой причине для выявления различий в накоплении кадмия, как более подвижного в почве химического элемента, был исследован сорт Ромашечка местной селекции. Накопление кадмия в вегетативной части растения рассматривалось на лугово-черноземной почве рисового севооборота (2 вариант).

Экспериментальные данные о накоплении кадмия в вегетативных органах тыквы сорт Ромашечка приведены на рисунке 10 [126, 127, 129].

В целом, после выполненного эксперимента было определено не высокое накопление кадмия в вегетативных органах тыквы сорт Ромашечка, выращенной на лугово-черноземной почве рисового севооборота (Рисунок 10).

При нанесении раствора кадмия в концентрации 5 ПДК различие между изучаемым вариантом и контролем для стебля составило в 2,0 раз, а между кон-

тролем и концентрацией раствора кадмия 1 ПДК – в 1,4 раза, для листьев соответственно в 2,6 и 1,6 раза (Рисунок 10, Приложение Д).

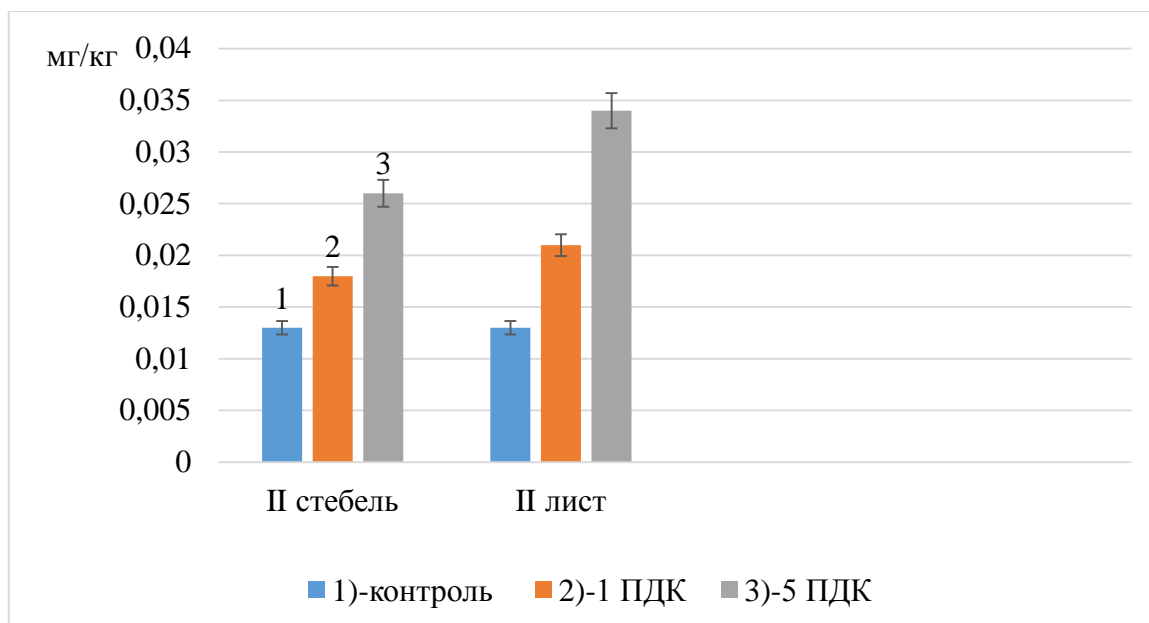


Рисунок 10 – Накопление кадмия в вегетативных органах тыквы сорт Ромашечка (II вариант – лугово-черноземная почва рисового севооборота), 2020 – 2022 гг

Так же в результате проведенного эксперимента в полевых условиях было установлено различие в накоплении изучаемого тяжелого металла между листьями и стеблем тыквенного растения. При нанесении раствора кадмия в концентрации 1 ПДК различие в накоплении кадмия между листьями и стеблем составило в 1,2 раза, при нанесении раствора кадмия в концентрации 5 ПДК различие в накоплении кадмия между листьями и стеблем составило в 1,3 раза (Рисунок 10).

Установлено различие в накоплении изучаемых тяжелых металлов в вегетативной части тыквы в зависимости от исследуемых почв.

Плоды тыквы – это клад питательных веществ и витаминов. На территории Краснодарского края ее выращивают повсеместно и на больших площадях. Однако остается открытым вопрос о возможности использования загрязненных тяжелыми металлами почв для выращивания тыквы. Причем в естественных условиях загрязнение сельскохозяйственных растений, если и будет происходить, то это будет комбинированный вариант проникновения загрязнителей в растения.

В нашу задачу входило определить влияние изучаемых почв, на которых выращивается тыква, на накопление в плодах исследуемых тяжелых металлов.

«Экспериментальные данные о накоплении меди в плодах тыквы сорт Мраморная и Прикубанская в зависимости от изучаемых почв приведены на рисунке 11» [126 – 131] (Приложение Е).

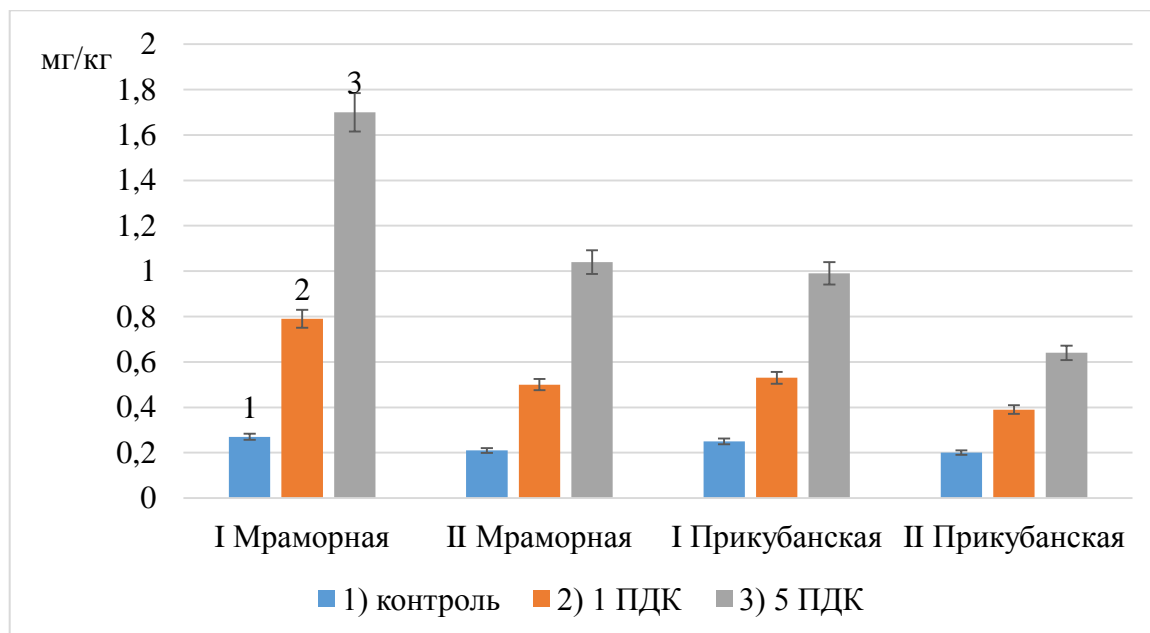


Рисунок 11 – Содержание меди в плодах тыквы сорта Мраморная и Прикубанская (I вариант – почва чернозем выщелоченный, II вариант – лугово-черноземная почва рисового севооборота), 2020 – 2022 гг

«При выращивании на опытных делянках тыквы сорт Мраморная было определено, что в плодах, которые были получены на почве чернозем выщелоченный меди накопилось больше, чем при выращивании на лугово-черноземной почве рисового севооборота» [126 – 131].

Установлена существенная разница в содержании меди в плодах тыквы сорт Мраморная выращенной на почве чернозем выщелоченный по отношению к почве лугово-черноземная на 5 % уровне значимости, которая составила при нанесении раствора в 1 ПДК в 1,6 раз ( $F_{\phi} > F_T$ ;  $90 > 4,96$ ), при нанесении в 5 ПДК – в 1,6 раз ( $F_{\phi} > F_T$ ;  $110 > 4,96$ ).

При выращивании тыквы на территории Краснодарского края наряду с сортом Мраморная пользуется популярностью сорт Прикубанская. Этот сорт также занимает большие площади в овощном севообороте.

При выращивании тыквы сорт Прикубанская на изучаемых почвах была установлена аналогичная тенденция в накоплении загрязнителя в плодах. Больше меди содержалось в плодах, выращенных на почве чернозем выщелоченный, чем на лугово-черноземной почве рисового севооборота. Различия при нанесении раствора меди в 1 ПДК составило в 1,4 раза, при нанесении в 5 ПДК – в 1,5 раза (Рисунок 11).

Накопление кадмия в плодах тыквы изучали на сортах Мраморная и Прикубанская (Рисунок 12, Рисунок 13, Рисунок 14) [126, 127, 129].

Существующие различия в изучаемых почвах оказали влияние на накопление кадмия в плодах тыквы исследуемых сортов.

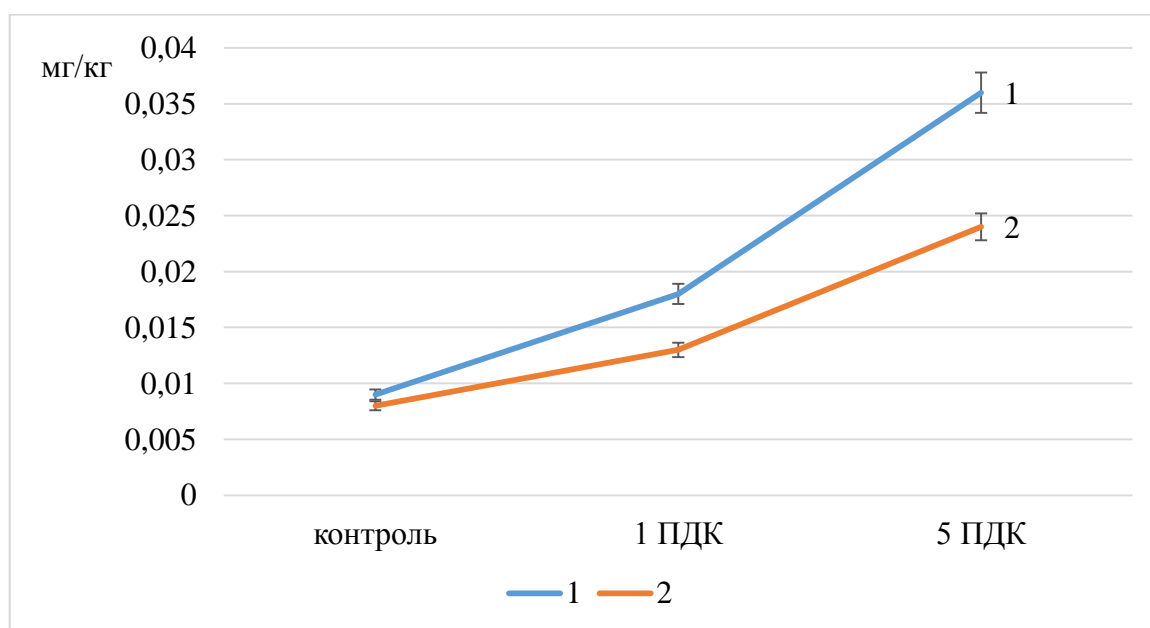


Рисунок 12 – Содержание кадмия в плодах тыквы сорт Мраморная (1 вариант – почва чернозем выщелоченный, 2 вариант – лугово-черноземная почва рисового севооборота), 2020 – 2022 гг

«Больше кадмия содержалось в плодах тыквенного растения выращенного на почве первого варианта. Для сорта тыквы Мраморная различия между первым и вторым вариантом опыта составило при нанесении изучаемого тяжелого метал-

ла в 1 ПДК и в 5 ПДК соответственно в 1,4 и 1,5 раза (Рисунок 12)» [126 – 131] (Приложение Ж).

Разница в накоплении кадмия в плодах тыквы сорт Мраморная в зависимости от типа почвы, на которой выращивали испытуемое растение существенная на 5 % уровне значимости (при концентрации раствора кадмия 1 ПДК ( $F_{\phi} > F_T$ ;  $75 > 4,96$ ), при 5 ПДК ( $F_{\phi} > F_T$ ;  $360 > 4,96$ )).

Накопление кадмия для сорта тыквы Прикубанская на исследуемых почвах в условиях Краснодарского края приведено на рисунке 13 (Приложение Ж).

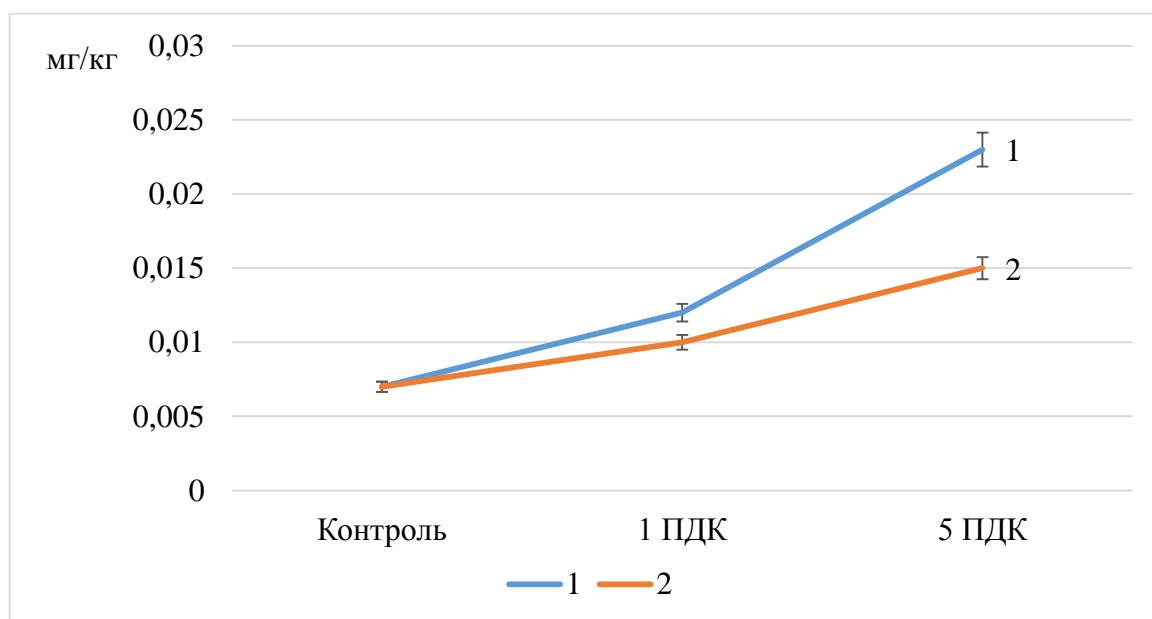


Рисунок 13 – Накопление кадмия в плодах тыквы сорт Прикубанская (1 вариант – почва чернозем выщелоченный, 2 вариант – лугово-черноземная почва рисового севооборота), 2020 – 2022 гг

Большее накопление этого тяжелого металла в плодах тыквенного растения так же было обнаружено при выращивании на почве чернозем выщелоченный.

«Различие в содержании изучаемого тяжелого металла в плодах тыквы сорт Прикубанская между исследуемыми вариантами при нанесении в 1 ПДК и 5 ПДК составило соответственно в 1,2 и 1,5 раз (Рисунок 13)» [126, 127, 129].

Накопление изучаемого тяжелого металла в плодах тыквы сорт Ромашечка на лугово-черноземной почве рисового севооборота находится в тесной корреля-

ционной связи с концентрацией наносимого раствора (Рисунок 14, Приложение И).

«Наибольшее накопление изучаемого тяжелого металла в плодах тыквы сорт Ромашечка, определено на лугово-черноземной почве рисового севооборота при нанесении раствора в концентрации в 5 ПДК, наименьшее – без нанесения загрязнителя на растение. Различие между максимальным содержанием кадмия в плодах тыквы сорт Ромашечка и минимальным составило в 3,3 раза» [126 – 128].

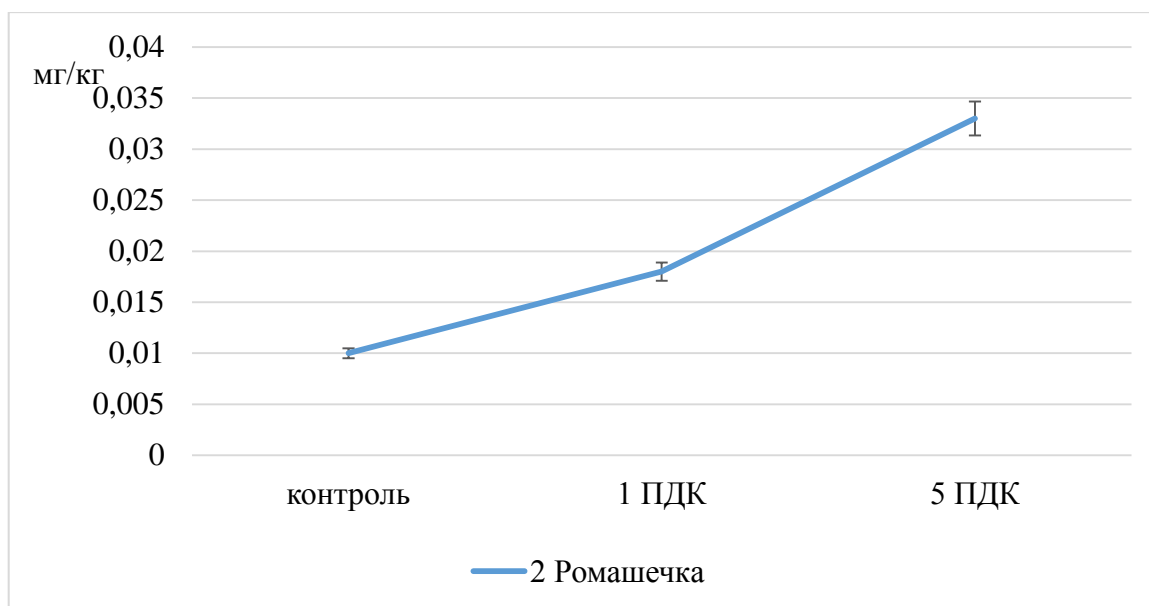


Рисунок 14 – Накопление кадмия в плодах тыквы сорта Ромашечка (2 вариант – лугово-черноземная почва рисового севооборота), 2020 – 2022 гг

Во всех исследуемых вариантах опыта содержание загрязнителя в семенном материале было очень низким.

### **3.2 Определение комплексного влияния тяжелых металлов на биометрические показатели и урожай тыквы на изучаемых почвах**

«Основное свойство, характеризующее организмы, отличающее их от не организмов, заключается в постоянном деятельном обмене между их веществом и веществом окружающей среды. Организм постоянно воспринимает вещество,

превращает его в себе подобное (ассимилирует), вновь изменяет и выделяет» – К.А. Тимирязев.

То есть без обмена веществ, без постоянного и непрерывного взаимодействия организма с внешней средой нет жизни. И от того, какая эта среда во многом зависит состояние самого биологического объекта, даже его жизнь. Однако В.И. Вернадский в своих трудах отмечал, что «... человек стал могучей геологической силой...». То есть сам человек во многом и создает ту среду, в которой живет вся биота, и от него, в основном, зависит останется ли жизнь на планете вообще.

Загрязняющие вещества, которые поступают в окружающую среду от разных источников, в основном аккумулируются в почве и воде. На их сорбцию в различных средах оказывает влияние множество факторов.

Например, такие свойства почв, как кислотность, содержание органических веществ, гранулометрический состав оказывают влияние на накопление тяжелых металлов в растениях, с другой стороны они же влияют на его рост и развитие. То есть накопление будет зависеть от биологического состояния растения.

«Одним из показателей состояния растений является его рост. Это хороший индикатор состояния растений, так как отражает воздействие стрессовых факторов на все функции и процессы растительного организма» [126 – 131].

Исследования по определению влияния изучаемых тяжелых металлов на рост и развитие тыквы проводили на почве чернозем выщелоченный и лугово-черноземной почве рисового севооборота.

Экспериментальные данные по биометрическим показателям сортов тыквы Мраморная и Прикубанская, фаза полного созревания, на почве чернозем выщелоченный, при нанесении раствора кадмия в 1 ПДК и 5 ПДК, приведены в таблице 10 и таблице 11.

Изучаемые концентрации растворов кадмия оказали угнетающее влияние на биометрические параметры тыквы.

На изучаемых делянках первого и второго варианта опыта почвы чернозем выщелоченный произошло снижение изучаемых биометрических показателей

сорта тыквы Мраморная по сравнению с контролем соответственно на: длина черешка листа на 0 и 1 см, длина главной жилки листа на 2 и 5 см, количество листьев на главном стебле на 1 и 3 шт, зеленое покрытие на 1,2 и 7 %, площадь листа на 11 и 23 см<sup>2</sup>, длина стебля на 14 и 43 см.

Таблица 10 – «Влияние концентраций раствора кадмия в атмосферных осадках на биометрические показатели сорта Мраморная, почва чернозем выщелоченный, 2020 – 2022 гг» [126, 127, 129]

Вариант	Показатели					
	Длина черешка листа, см	Длина главной жилки листа, см	Количество листьев на главном стебле, шт	Зеленое покрытие %	Площадь листа, см <sup>2</sup>	Длина стебля, см
1 ПДК	30	20	29	98,3	201	410
5 ПДК	29	17	27	92,5	189	381
контроль	30	22	30	99,5	212	424

Таблица 11 – Влияние концентраций раствора кадмия в атмосферных осадках на биометрические показатели сорта Прикубанская, почва чернозем выщелоченный, 2020 – 2022 гг [126, 127, 129]

Вариант	Показатели					
	Длина черешка листа, см	Длина главной жилки листа, см	Количество листьев на главном стебле, шт	Зеленое покрытие, %	Площадь листа, см <sup>2</sup>	Длина стебля, см
1 ПДК	16	16	25	73	159	376
5 ПДК	13	14	22	61	144	352
контроль	17	17	26	80	166	389

Установлена существенная разница, на 5 % уровне значимости, в снижении зеленого покрытия между контролем и нанесением раствора кадмия при 1 ПДК ( $F_{\phi} > F_T$ ;  $48 > 7,7$ ), при 5 ПДК ( $F_{\phi} > F_T$ ;  $220 > 7,7$ ), снижение площади листа – соответственно при 1 ПДК ( $F_{\phi} > F_T$ ;  $54 > 7,7$ ), при 5 ПДК ( $F_{\phi} > F_T$ ;  $238 > 7,7$ ), уменьшении длины стебля – соответственно при 1 ПДК ( $F_{\phi} > F_T$ ;  $88 > 7,7$ ), при 5 ПДК ( $F_{\phi} > F_T$ ;  $832 > 7,7$ ).

Такая же тенденция отмечена по вариантам и для делянок опыта почвы чернозем выщелоченный сорт тыквы Прикубанская, где снижение показателей по вариантам соответственно составило: уменьшилась длина черешка листа на 1 и 4 см, длина главной жилки листа на 1 и 3 см, количество листьев на главном стебле на 1 и 4 шт, зеленое покрытие на 7 и 19 %, площадь листа на 7 и 22 см<sup>2</sup>, длина стебля на 13 и 37 см.

Математические расчеты позволили обнаружить существенную разницу, на 5 % уровне значимости, в снижении зеленого покрытия между контролем и нанесением раствора кадмия при 1 ПДК и при 5 ПДК, снижение площади листа – соответственно при 1 ПДК и при 5 ПДК, уменьшении длины стебля – соответственно при 1 ПДК и при 5 ПДК.

По химическим свойствам кадмий близок к цинку, что объясняет его высокую фитотоксичность. Кадмий, как аналог цинка, может участвовать во многих биохимических процессах, при этом он нарушает работу ферментов (карбоангидраза, различные дегидрогеназы, фосфатазы), которые связаны с дыханием, а также протеиназ и лептидаз, которые участвуют в белковом обмене, ферментов нуклеинового обмена и др.

Установлена существенная разница, на 5 % уровне значимости, в снижении зеленого покрытия между контролем и нанесением раствора кадмия при 1 ПДК ( $F_{\phi} > F_T$ ;  $22 > 7,7$ ), при 5 ПДК ( $F_{\phi} > F_T$ ;  $162 > 7,7$ ), снижение площади листа – соответственно при 1 ПДК ( $F_{\phi} > F_T$ ;  $22 > 7,7$ ), при 5 ПДК ( $F_{\phi} > F_T$ ;  $217 > 7,7$ ), уменьшении длины стебля – соответственно при 1 ПДК ( $F_{\phi} > F_T$ ;  $76 > 7,7$ ), при 5 ПДК ( $F_{\phi} > F_T$ ;  $616 > 7,7$ ) (Таблица 11).

Кадмий в довольно больших количествах может накапливаться в растениях не только в вегетативных, но в генеративных органах.

При замещении в растениях цинка на кадмий, в растительном организме постепенно наступает цинковый голод. Этот процесс вызывает угнетение растения или даже его гибель.

«Исследования по определению влияния концентраций растворов кадмия в атмосферных осадках на рост и развитие тыквы проводили на лугово-черноземной почве рисового севооборота, при участии 3 сортов» [126 – 131].

Экспериментальные данные по биометрии сортов тыквы Мраморная, Прикубанская и Ромашечка, фаза полного созревания, на лугово-черноземной почве рисового севооборота при нанесении раствора кадмия в 1 ПДК и 5 ПДК, приведены в таблице 11, таблице 12 и таблице 13.

В результате выполненного нами полевого эксперимента было установлено, что концентрации раствора кадмия, находящегося в атмосферных осадках, оказывают влияние на биометрические показатели сорта тыквы Мраморная, на лугово-черноземной почве рисового севооборота (Таблица 12).

Таблица 12 – «Влияние концентраций раствора кадмия в атмосферных осадках на биометрические показатели сорта Мраморная, лугово-черноземная почва рисового севооборота, 2020 – 2022 гг»  
[126, 127, 129]

Вариант	Показатели					
	Длина черешка листа, см	Длина главной жилки листа, см	Количество листьев на главном стебле, шт	Зеленое покрытие %	Площадь листа, см <sup>2</sup>	Длина стебля, см
1 ПДК	24	13	21	70	134	239
5 ПДК	21	12	17	65	118	205
контроль	24	14	21	73	139	258

На изучаемых делянках первого и второго варианта опыта лугово-черноземной почвы рисового севооборота произошло снижение изучаемых биометрических показателей сорта тыквы Мраморная по сравнению с контролем соответственно на: длина черешка листа на 0 и 3 см, длина главной жилки листа на 1 и 2 см, количество листьев на главном стебле на 0 и 4 шт, зеленое покрытие на 3 и 8 %, площадь листа на 5 и 21 см<sup>2</sup>, длина стебля на 19 и 53 см.

Установлена существенная разница, на 5 % уровне значимости, в снижении зеленого покрытия между контролем и нанесением раствора кадмия при 1 ПДК ( $F_{\phi} > F_T$ ;  $40 > 7,7$ ), при 5 ПДК ( $F_{\phi} > F_T$ ;  $288 > 7,7$ ), снижение площади листа – соответственно при 1 ПДК ( $F_{\phi} > F_T$ ;  $112 > 7,7$ ), при 5 ПДК ( $F_{\phi} > F_T$ ;  $198 > 7,7$ ), уменьшении длины стебля – соответственно при 1 ПДК ( $F_{\phi} > F_T$ ;  $162 > 7,7$ ), при 5 ПДК ( $F_{\phi} > F_T$ ;  $864 > 7,7$ ) (Таблица 12).

Исследования по определению влияния концентраций раствора кадмия в атмосферных осадках на рост и развитие вегетативных органов тыквы были нами выполнены на сорте Прикубанская (Таблица 13).

Таблица 13 – Влияние концентраций раствора кадмия в атмосферных осадках на биометрические показатели сорта Прикубанская, лугово-черноземная почва рисового севооборота, 2020 – 2022 гг

[126, 127, 129]

Вариант	Показатели					
	Длина черешка листа, см	Длина главной жилки листа, см	Количество листьев на главном стебле, шт	Зеленое покрытие %	Площадь листа, см <sup>2</sup>	Длина стебля, см
1 ПДК	15	15	24	73	141	330
5 ПДК	12	13	20	59	109	299
контроль	16	16	25	75	155	354

Установлено существенное влияние, на 5 % уровне значимости, изучаемого фактора на биометрические показатели исследуемого сорта тыквы. За период исследований произошло постепенное снижение изучаемых биометрических показателей сорта Прикубанская на делянках первого и второго варианта опыта по сравнению с контролем соответственно на: длина черешка листа на 1 и 4 см, длина главной жилки листа на 1 и 3 см, количество листьев на главном стебле на 1 и 5 шт, зеленое покрытие на 2 и 16 %, площадь листа на 14 и 46 см<sup>2</sup>, длина стебля на 24 и 55 см.

На территории Краснодарского края нашел широкое распространение среди тыквенных растений сорт Ромашечка местной селекции (ФНЦ риса, Краснодар). Он занимает большие площади в овощном севообороте. Поэтому сорт тыквы Ромашечка включен в испытания по изучаемому фактору (Таблица 14).

Установлено существенное влияние изучаемого фактора на биометрические показатели сорта тыквы Ромашечка.

Таблица 14 – Влияние концентраций раствора кадмия в атмосферных осадках на биометрические показатели сорта Ромашечка, лугово-черноземная почва рисового севооборота, 2020 – 2022 гг  
[126, 127, 129]

Вариант	Показатели					
	Длина черешка листа, см	Длина главной жилки листа, см	Количество листьев на главном стебле, шт	Зеленое покрытие %	Площадь листа, см <sup>2</sup>	Длина стебля, см
1 ПДК	14	15	21	60	156	192
5 ПДК	11	11	19	44	121	171
контроль	15	15	22	62	159	200

На делянках первого и второго варианта опыта изучаемые биометрические показатели сорта Ромашечка имели тенденцию к постепенному уменьшению по

сравнению с контролем по следующим показателям: длина черешка листа на 1 и 4 см, длина главной жилки листа на 0 и 4 см, количество листьев на главном стебле на 1 и 3 шт, зеленое покрытие на 2 и 18 %, площадь листа на 3 и 38 см<sup>2</sup>, длина стебля на 8 и 29 см.

Установлена существенная разница, на 5 % уровне значимости, в снижении зеленого покрытия между контролем и нанесением раствора кадмия при 1 ПДК ( $F_{\phi} > F_T$ ; 18 > 7,7), при 5 ПДК ( $F_{\phi} > F_T$ ; 145 > 7,7), снижение площади листа – соответственно при 1 ПДК ( $F_{\phi} > F_T$ ; 40 > 7,7), при 5 ПДК ( $F_{\phi} > F_T$ ; 649 > 7,7), уменьшении длины стебля – соответственно при 1 ПДК ( $F_{\phi} > F_T$ ; 28 > 7,7), при 5 ПДК ( $F_{\phi} > F_T$ ; 378 > 7,7) (Таблица 14).

«В целом тяжелые металлы оказывают угнетающее действие на клеточное деление у растений. Кадмий даже может вызывать повреждение ядра, нарушение синтеза РНК и ингибирование синтеза фермента рибонуклеазы» [33, 64, 65, 69, 131, 174, 176].

«Фитотоксичность тяжелых металлов проявляется в основном в снижении высоты и биомассы надземных органов растений. Повышение концентрации тяжелых металлов в окружающей среде приводит к значительному сокращению площади листовой пластинки, что является основной причиной снижения интенсивности фотосинтеза» [65, 86, 140, 200].

«Тяжелые металлы в высоких концентрациях, близких к пороговым, оказывают негативное влияние на процесс дыхания. Установлена инактивация тяжелыми металлами ферментов цикла Кребса – малатдегидрогеназы и изоцитратдегидрогеназы, которая является одной из основных причин снижения интенсивности дыхания. Ингибирование ферментов цикла Кребса связано с взаимодействием тяжелых металлов и SH-групп белков» [65, 86, 140, 200].

Влияние тяжелых металлов не могло не сказаться на урожайности изучаемого овощного растения. Исследуемые концентрации раствора кадмия в атмосферных осадках оказали влияние на урожай тыквы сорт Мраморная (Рисунок 15, Приложение К).

В результате проведенного нами эксперимента доказано, что изучаемые концентрации 1 ПДК и 5 ПДК раствора кадмия в атмосферных осадках оказали влияние на урожай тыквы сорт Мраморная.

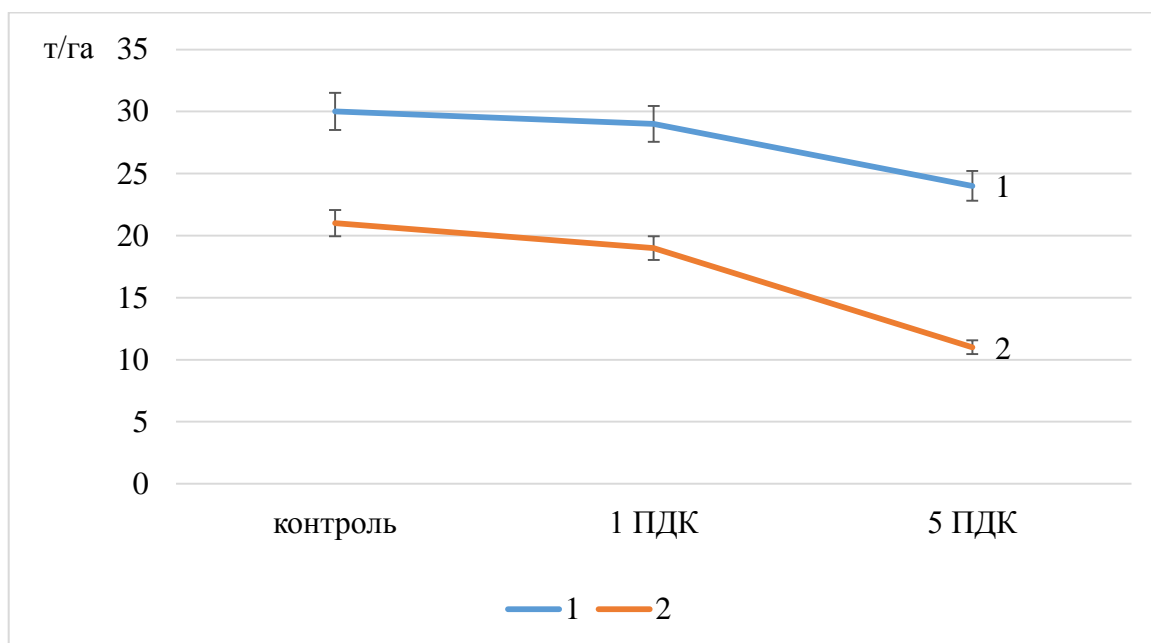


Рисунок 15 – Влияние концентраций раствора кадмия в атмосферных осадках на урожай тыквы сорт Мраморная (1 вариант – почва чернозем выщелоченный, 2 вариант – лугово-черноземная почва рисового севооборота), 2020 – 2022 гг [126, 127, 129]

На опытных делянках почвы чернозем выщелоченный в результате выполненного эксперимента установлена разница между контролем и первым вариантом составила – 1000 кг/га, а между контролем и вторым вариантом – 6000 кг/га. Для лугово-черноземной почвы рисового севооборота разница между контролем и первым вариантом составила – 2000 кг/га, а между контролем и вторым вариантом – 10000 кг/га.

«Установлена существенная разница, на 5 % уровне значимости, в снижении урожая между контролем и концентрацией кадмия при нанесении раствора в 5 ПДК  $F_{\phi} > F_{\tau}$ ;  $162 > 7,7$ , на почве чернозем выщелоченный» [126 – 131].

Для лугово-черноземной почвы рисового севооборота разница между контролем и первым вариантом существенна на 5 % уровне значимости при 1 ПДК

( $F_{\phi} > F_T$ ;  $18 > 7,7$ ) – 2000 кг/га, а между контролем и вторым вариантом – 10000 кг/га ( $F_{\phi} > F_T$ ;  $450 > 7,7$ ).

Однако на урожай тыквы сорт Мраморная влияет не только тяжелый металл – кадмий, но и почва, на которой выращивается это растение. При сравнении урожая тыквы сорт Мраморная, который был получен на почве чернозем выщелоченный и лугово-черноземной почвы рисового севооборота было определено, что на лугово-черноземной почве рисового севооборота урожай тыквы был ниже, чем на почве чернозем выщелоченный, даже без внесения тяжелого металла – кадмия (Рисунок 15).

«Исследуемые концентрации раствора кадмия в атмосферных осадках оказали влияние на урожай тыквы сорт Прикубанская и Ромашечка (Рисунок 16, Приложение К, Приложение Л)» [126 – 131].

Во всех изучаемых вариантах и исследуемых сортах произошло снижение урожая тыквы.

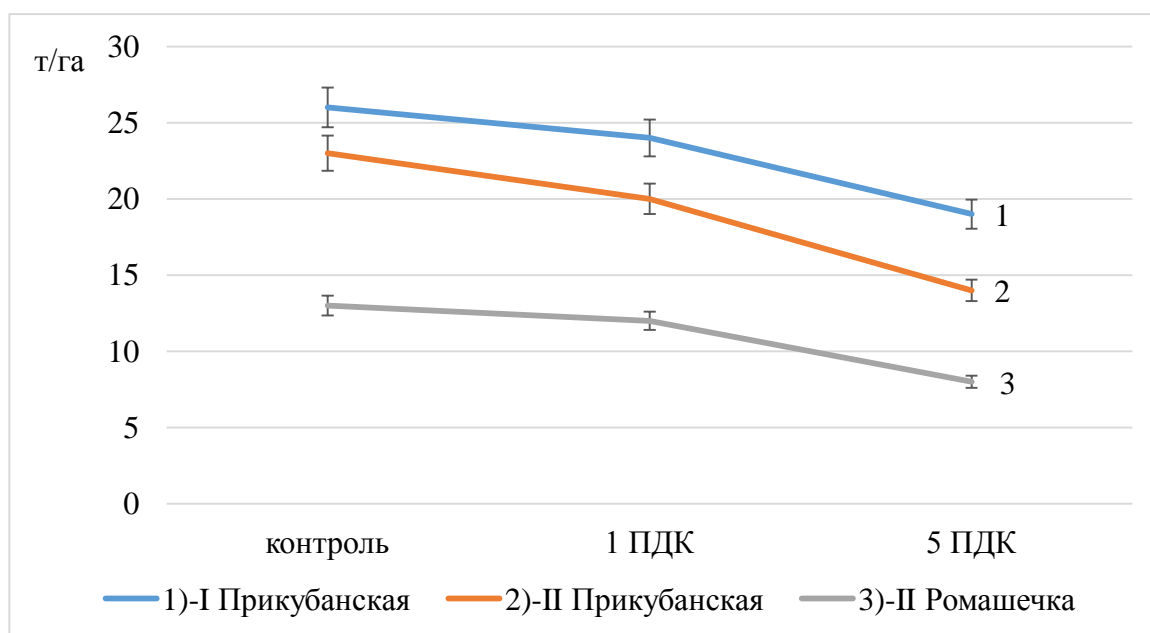


Рисунок 16 – Снижение урожая тыквы сортов Прикубанская и Ромашечка под влиянием разных концентраций раствора кадмия в атмосферных осадках (I вариант – почва чернозем выщелоченный, II вариант – лугово-черноземная почва рисового севооборота), 2020 – 2022 гг [126, 127, 129]

Исследования, выполненные нами в полевых условиях позволили сделать вывод о том, что изучаемые концентрации в ПДК и 5 ПДК раствора кадмия в атмосферных осадках оказали влияние на урожай тыквы сорт Прикубанская. Для почвы чернозем выщелоченный разница в урожае тыквы между контролем и первым вариантом составила – 2000 кг/га, а между контролем и вторым вариантом – 7000 кг/га (Рисунок 16). Для лугово-черноземной почвы рисового севооборота разница в урожае тыквы сорт Прикубанская между контролем и первым вариантом составила – 3000 кг/га, а между контролем и вторым вариантом – 9000 кг/га.

Математические расчеты показывают, что потери урожая в изучаемых вариантах существенны на 5 % уровне значимости.

«Различие в урожае тыквы полученном на контроле почвы чернозем выщелоченный и лугово-черноземной почвы рисового севооборота составило на 30 %» [126 – 131].

«Для сорта Ромашечка на лугово-черноземной почве рисового севооборота нами установлена разница в урожае тыквы между контролем и первым вариантом, которая составила – 1000 кг/га, а между контролем и вторым вариантом – 5000 кг/га» [126 – 131].

«Урожай тыквы сорт Прикубанская полученный нами на изучаемых почвах так же был различен. При норме урожая по сорту в 30 т/га на почве чернозем выщелоченный в контроле был получен урожай на 13 % ниже оптимального, а на лугово-черноземной почве рисового севооборота на – 23 %» [126 – 131].

При выращивании тыквы сорт Ромашечка на контрольных делянках лугово-черноземной почвы рисового севооборота происходит потеря урожая на 67 % (при норме в 40 т/га, получен урожай в 13 т/га) (Рисунок 16). Лугово-черноземная почва рисового севооборота даже без внесения тяжелого металла оказала сильное негативное действие на урожай сорта Ромашечка, так как уже на контроле получен не большой урожай, отличающийся от заявленного по сорту.

Установлено, что изучаемые концентрации раствора меди, находящиеся в атмосферных осадках, оказали влияние на биометрические показатели изучаемых сортов тыквы.

Экспериментальные данные по биометрическим показателям сортов тыквы Мраморная и Прикубанская, фаза полного созревания, на почве чернозем выщелоченный, при нанесении раствора меди в 1 ПДК и 5 ПДК, приведены в таблице 15 и таблице 16. Изучаемые концентрации растворов меди оказали негативное действие на биометрические параметры тыквы.

На изучаемых делянках первого и второго варианта опыта на почве чернозем выщелоченный произошло снижение изучаемых биометрических показателей сорта Мраморная по сравнению с контролем соответственно на: длина черешка листа на 0 и 1 см, длина главной жилки листа на 1 и 2 см, количество листьев на главном стебле на 1 и 3 шт, зеленое покрытие на 1 и 2 %, площадь листа на 3 и 8 см<sup>2</sup>, длина стебля на 11 и 15 см (Таблица 15).

Таблица 15 – Влияние концентраций раствора меди в атмосферных осадках на биометрические показатели сорта Мраморная, почва чернозем выщелоченный, 2020 – 2022 гг [126 – 128]

Вариант	Показатели					
	Длина черешка листа, см	Длина главной жилки листа, см	Количество листьев на главном стебле, шт	Зеленое покрытие %	Площадь листа, см <sup>2</sup>	Длина стебля, см
1 ПДК	30	21	29	98,9	209	413
5 ПДК	29	20	27	97,6	204	409
контроль	30	22	30	99,8	212	424

Такая же тенденция отмечена по вариантам и для делянок опыта на почве чернозем выщелоченный сорта тыквы Прикубанская, где снижение показателей по вариантам соответственно составило: уменьшилась длина черешка листа на 1 и 2 см, длина главной жилки листа на 1 и 1 см, количество листьев на главном стебле на 2 и 4 шт, зеленое покрытие на 4 и 8 %, площадь листа на 12 и 15 см<sup>2</sup>, длина стебля на 5 и 19 см (Таблица 16).

Таблица 16 – Влияние концентраций раствора меди в атмосферных осадках на биометрические показатели сорта Прикубанская, почва чернозем выщелоченный, 2020 – 2022 гг [126 – 128]

Вариант	Показатели					
	Длина черешка листа, см	Длина главной жилки листа, см	Количество листьев на главном стебле, шт	Зеленое покрытие, %	Площадь листа, см <sup>2</sup>	Длина стебля, см
1 ПДК	21	18	25	81	171	386
5 ПДК	20	18	23	77	168	372
контроль	22	19	27	85	183	391

Медь менее мобильна по накоплению в растениях, чем кадмий. Однако при ее высоких концентрациях в выпадающих осадках и содержании в почве может происходить накопление в вегетативных органах, которое в конечном итоге приведет к угнетению растения. Симптом избытка меди в растении – это хлороз. Происходит латентное отравление, когда растение больше уже не может давать оптимальные приросты.

Исследования по определению влияния растворов концентраций меди в атмосферных осадках на рост и развитие тыквы проводили на лугово-черноземной почве рисового севооборота, при участии 2 сортов.

Экспериментальные данные по биометрическим показателям сортов тыквы Мраморная и Прикубанская, фаза полного созревания, на лугово-черноземной почве рисового севооборота, при нанесении раствора меди в 1 ПДК и 5 ПДК, приведены в таблице 17 и таблице 18.

В результате выполненного полевого эксперимента было установлено, что концентрации раствора меди, находящегося в атмосферных осадках, оказывают влияние на биометрические показатели сорта тыквы Мраморная, лугово-черноземная почва рисового севооборота (Таблица 17).

На изучаемых делянках первого и второго варианта опыта лугово-черноземной почвы рисового севооборота произошло снижение изучаемых биометрических показателей сорта Мраморная по сравнению с контролем соответственно на: длина черешка листа на 0 и 1 см, длина главной жилки листа на 0 и 1 см, количество листьев на главном стебле на 1 и 3 шт, зеленое покрытие на 2 и 8 %, площадь листа на 2 и 11 см<sup>2</sup>, длина стебля на 7 и 22 см (Таблица 17).

Таблица 17 – Влияние концентраций раствора меди в атмосферных осадках на биометрические показатели сорта Мраморная, лугово-черноземная почва рисового севооборота, 2020 – 2022 гг [126 – 128]

Вариант	Показатели					
	Длина черешка листа, см	Длина главной жилки листа, см	Количество листьев на главном стебле, шт	Зеленое покрытие %	Площадь листа, см <sup>2</sup>	Длина стебля, см
1 ПДК	27	19	24	87	171	394
5 ПДК	26	18	22	81	162	379
контроль	27	19	25	89	173	401

Исследования по определению влияния концентраций раствора меди в атмосферных осадках на рост и развитие вегетативных органов тыквы были выполнены на сорте Прикубанская (Таблица 18).

Установлено влияние изучаемого фактора на биометрические показатели исследуемого сорта тыквы. Произошло снижение изучаемых биометрических показателей сорта Прикубанская на делянках первого и второго варианта опыта по сравнению с контролем соответственно на: длина черешка листа на 1 и 3 см, длина главной жилки листа на 1 и 2 см, количество листьев на главном стебле на 0 и 2 шт, зеленое покрытие на 2 и 7 %, площадь листа на 4 и 15 см<sup>2</sup>, длина стебля на 13 и 36 см (Таблица 18).

Таблица 18 – Влияние концентраций раствора меди в атмосферных осадках на биометрические показатели сорта Прикубанская, лугово-черноземная почва рисового севооборота, 2020 – 2022 гг [126 – 128]

Вариант	Показатели					
	Длина черешка листа, см	Длина главной жилки листа, см	Количество листьев на главном стебле, шт	Зеленое покрытие %	Площадь листа, см <sup>2</sup>	Длина стебля, см
1 ПДК	18	15	24	74	155	331
5 ПДК	16	14	22	69	144	308
контроль	19	16	24	76	159	344

В связи с тем, что тяжелые металлы оказали влияние на биометрические показатели вегетативных органов тыквы, нами были выполнены учеты по урожаю исследуемых сортов.

В результате эксперимента доказано, что изучаемые концентрации 1 ПДК и 5 ПДК раствора меди в атмосферных осадках оказали влияние на урожай тыквы сорт Мраморная (Рисунок 17).

Для почвы чернозем выщелоченный разница между контролем и первым вариантом составила – 1000 кг/га, а между контролем и вторым вариантом – 3000 кг/га. Для лугово-черноземной почвы рисового севооборота разница между контролем и первым вариантом составила – 1000 кг/га, а между контролем и вторым вариантом – 5000 кг/га (Рисунок 17).

Математические расчеты показывают, что потери урожая в изучаемых вариантах существенны на 5 % уровне значимости.

Изучаемые концентрации раствора меди в атмосферных осадках оказали влияние на урожай тыквы сорт Прикубанская (Рисунок 18).

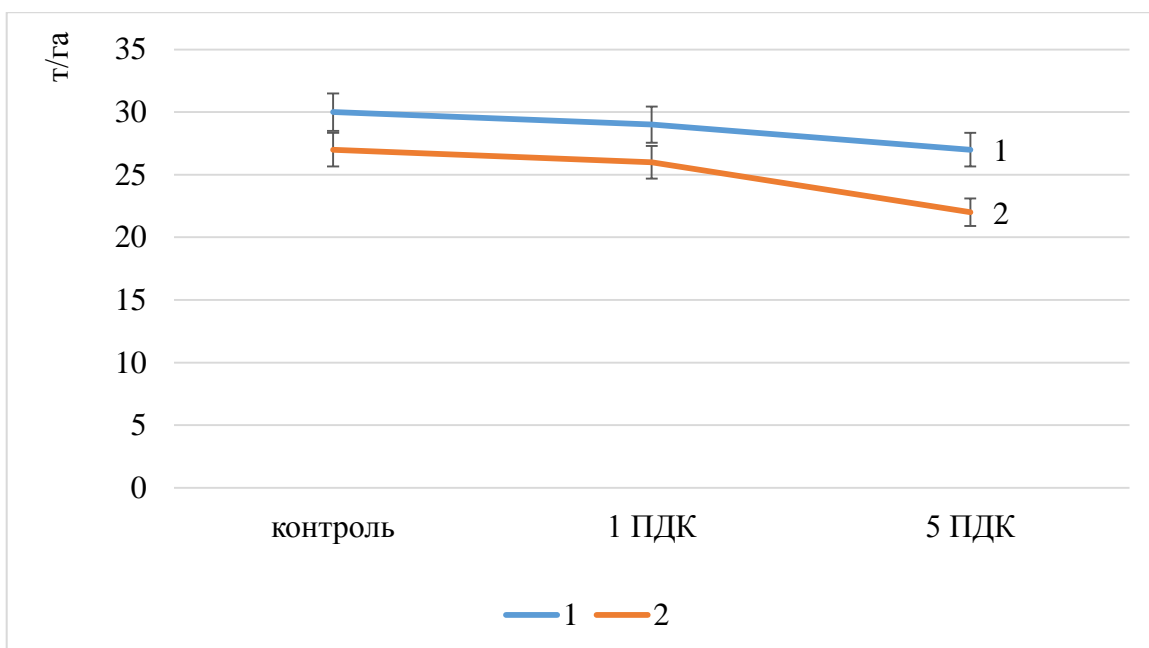


Рисунок 17 – Влияние концентраций раствора меди в атмосферных осадках на урожай тыквы сорт Мраморная (1 вариант – почва чернозем выщелоченный, 2 вариант – лугово-черноземная почва рисового севооборота), 2020 – 2022 гг [126 – 131]

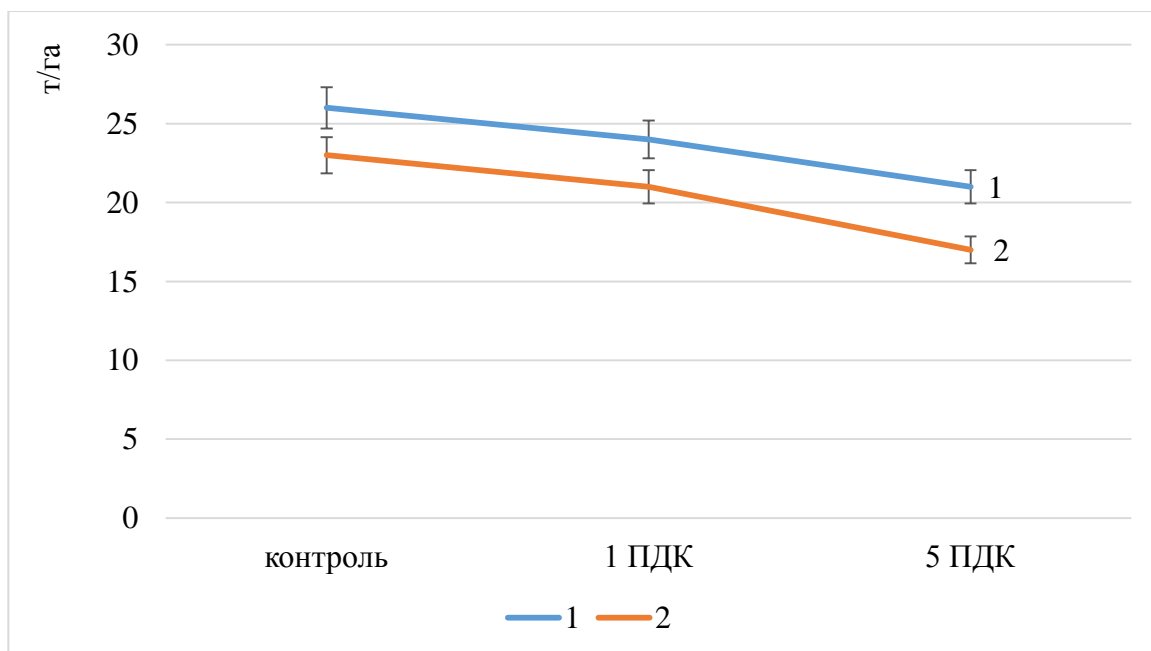


Рисунок 18 – Влияние концентраций раствора меди в атмосферных осадках на динамику снижения урожая тыквы сорт Прикубанская (1 вариант – почва чернозем выщелоченный, 2 вариант – лугово-черноземная почва рисового севооборота), 2020 – 2022 гг [126 – 131]

В результате эксперимента доказано, что изучаемые концентрации 1 ПДК и 5 ПДК раствора меди в атмосферных осадках оказали влияние на урожай тыквы сорт Прикубанская (Рисунок 18).

Для почвы чернозем выщелоченный разница в урожае между контролем и первым вариантом составила – 2000 кг/га, а между контролем и вторым вариантом – 5000 кг/га. Для лугово-черноземной почвы рисового севооборота разница между контролем и первым вариантом составила – 2000 кг/га, а между контролем и вторым вариантом – 6000 кг/га (Рисунок 18).

Математические расчеты показывают, что потери урожая в изучаемых вариантах существенны на 5 % уровне значимости.

Изученные концентрации тяжелых металлов оказали влияние на биометрические показатели и урожай исследуемых сортов тыквы.

Во всех исследуемых вариантах опыта содержание загрязнителя в семенном материале было очень низким. По этой причине существенной разницы в накоплении тяжелых металлов в семенах обнаружить не удалось.

На лугово-черноземной почве рисового севооборота плоды тыквы изучаемых сортов в основном были сильно угнетены, не имели оптимального размера и веса, что сказалось на урожае исследуемых сортов и, конечно, на состоянии семенного материала. Растения, полученные от семян низкого качества, сильно отставали в росте и развитии в сравнении с контролем.

В результате выполненных исследований в полевых условиях был сделан вывод – лугово-черноземная почва рисового севооборота не может быть рекомендована для получения семенного материала изученных сортов тыквы при комплексном влиянии изученных тяжелых металлов.

Так же следует отметить, что семена, полученные при выращивании тыквы на лугово-черноземной почве рисового севооборота даже при визуальном их обследовании были не выполненными, малыми по размерам.

Семенной материал тыквы должен быть полноценным, здоровым, иметь хорошую всхожесть. Указанные и многие другие качества для сорта могут дать только здоровые, выращенные в нормальных условиях плоды.

С угнетенных, недоразвитых плодов практически невозможно получить здоровый семенной материал и довольно трудно получить оптимальный урожай плодов.

Для получения семенного материала изучаемых сортов тыквы, при комплексном загрязнении растений тяжелыми металлами рекомендуется использовать почву чернозем выщелоченный.

### **3.3 Влияние сортовых особенностей тыквы на накопление меди и кадмия при выращивании на почве чернозем выщелоченный**

Селекция в области растениеводства – это работа целого коллектива научных сотрудников, направленная на улучшение и создание новых сортов растений для удовлетворения потребностей человека в питании, кормов для животных, изготовления лекарственных препаратов, эстетического наслаждения красотой и необычностью архитектоники и т.д.

Основным методом создания популяций для отбора до сих пор остаётся гибридизация.

Основателем её для растений считается И. Кельрейтер, который ещё в 1760-х годах провел и описал огромное количество внутривидовых и межвидовых скрещиваний. А в дальнейшем мощным стимулом для развития селекции растений послужили исследования Ч. Дарвина, которые он обобщил в книге «О происхождении видов путем естественного отбора», 1859 г. и открытия Г. Менделя, 1965 г., об основных закономерностях наследования при внутривидовой гибридизации.

Селекция сельскохозяйственных растений часто направлена на получение высоких урожаев, снижение заболеваемости, увеличения или снижения каких-либо химических свойств в растении. Однако не так часто селекция сельскохозяйственных растений прямо направлена на получение сортов с наименьшим накоплением, например, тяжелых металлов.

Переход загрязнителей в растения зависит, как от видовых, так и от сортовых особенностей. При одинаковых почвенно-климатических условиях отдельные виды сельскохозяйственных растений могут различаться по содержанию тяжелых металлов в урожае плодов в 2 и более раз.

Следует отметить, что расширение посевных площадей под продуктивные сорта сельскохозяйственных культур, различающиеся минимальным накоплением тяжелых металлов – наиболее простой и экономически выгодный прием по снижению содержания тяжелых металлов в растениеводческой продукции.

Поэтому исследования по изучению различных сортов тыквы с целью определения сорта с наименьшим накоплением тяжелых металлов является актуальными.

На поступление тяжелых металлов оказывают влияние характер распределения в почве корневой системы, продуктивность, продолжительность вегетационного периода и другие биологические особенности растений.

На территории ФНЦ риса г. Краснодар выполнены исследования по изучению накопления тяжелых металлов в двух сортах тыквы Мраморная и Прикубанская на почве чернозем выщелоченный.

Результаты исследований о накоплении меди в вегетативных органах тыквы изучаемых сортов на почве чернозем выщелоченный приведены на рисунке 19 и рисунке 20.

Анализируя данные, приведенные на рисунке 19, было установлено, что различие в накоплении меди в стебле тыквы между изучаемыми сортами существует и, оно достоверно на 5 % уровне значимости. Однако следует отметить, что не большое различие есть и между изучаемыми сортами на контрольных делянках. При нанесении меди в концентрации 1 ПДК содержание загрязнителя в сорте тыквы Мраморная оказалось выше, чем в сорте тыквы Прикубанская на 20 %, а при нанесении 5 ПДК – на 10 %.

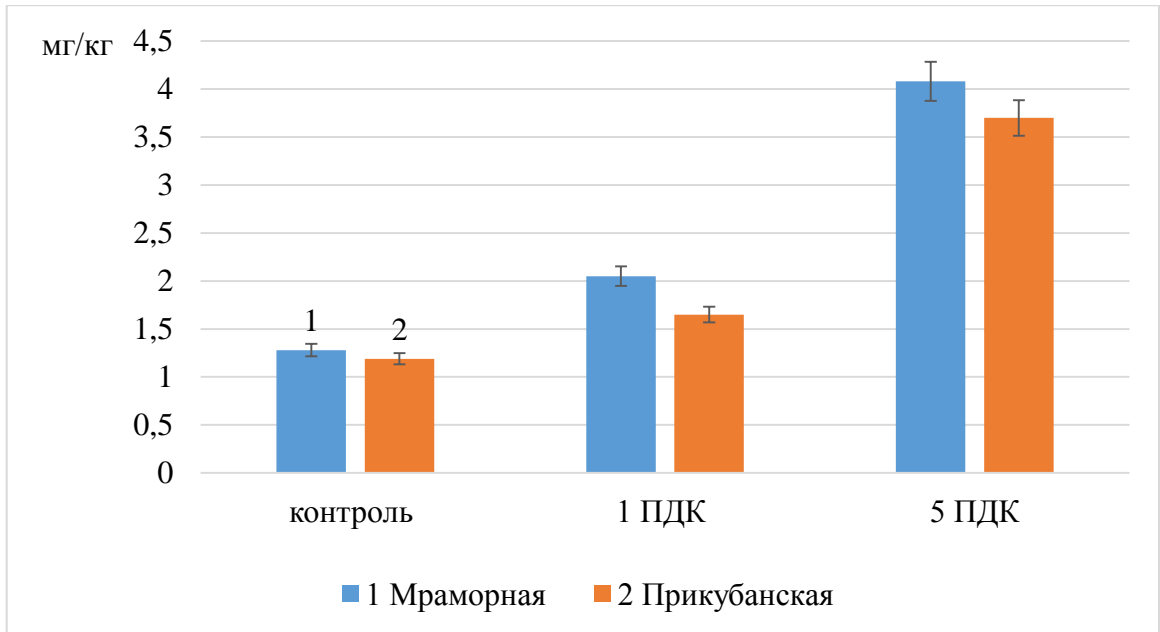


Рисунок 19 – Содержание меди в стебле тыквы сорта Мраморная и Прикубанская на почве чернозем выщелоченный, 2020 – 2022 гг  
[126 – 131]

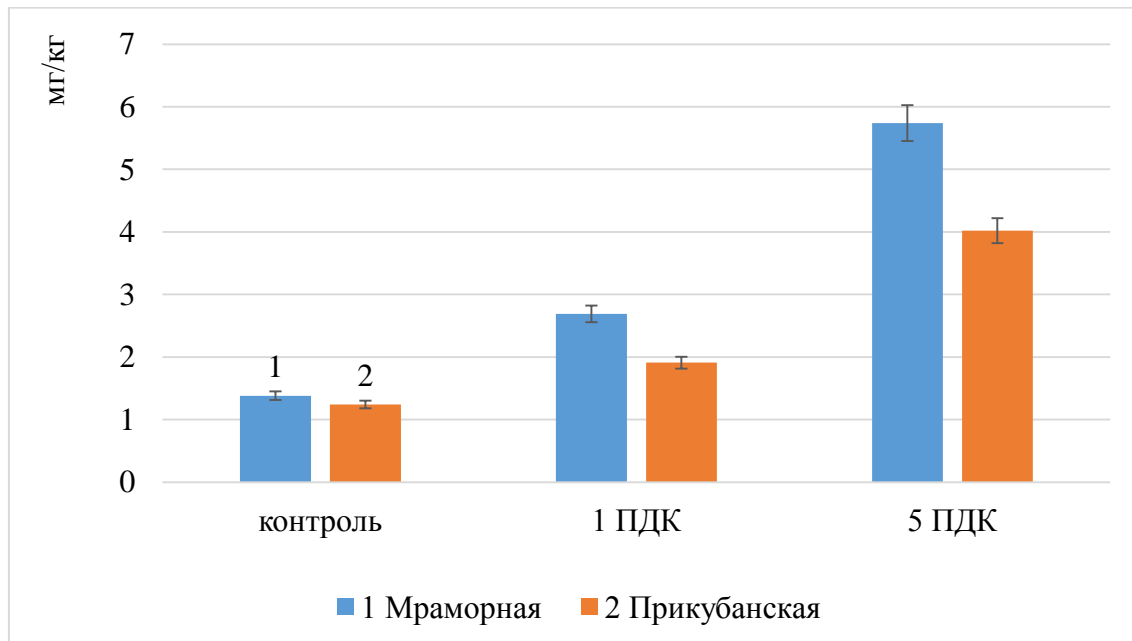


Рисунок 20 – Содержание меди в листьях тыквы сорта Мраморная и Прикубанская на почве чернозем выщелоченный, 2020 – 2022 гг  
[126 – 131]

Не менее важным показателем в загрязнении тыквенного растения является содержание тяжелых металлов в листьях. Поэтому требуется изучить содержание меди в листьях исследуемых сортов тыквы при различных концентрациях раствора загрязнителя в атмосферных осадках. Листья в конечном итоге, при опадении, окажутся на почве, что в дальнейшем повлечет ее загрязнение и постепенную обратную миграцию загрязнителя из почвы в растения.

В результате полевого эксперимента установлено (Рисунок 20), что больше меди накопилось в листьях тыквы сорта Мраморная, чем в сорте Прикубанская. Разница в содержании меди в листьях изучаемых сортов тыквы при нанесении раствора тяжелого металла в 1 ПДК и 5 ПДК соответственно составила на 29 и 30 %. Известно, что листья могут участвовать в трофической цепи и различное накопление загрязнителя в них в конечном итоге сыграет определенную роль в следующих звеньях.

Тыкву выращивают для получения плодов, которые отличаются высокими пищевыми качествами. Однако на загрязненной тяжелыми металлами почве и плоды могут быть загрязнены. Возникают вопросы: на сколько плоды загрязнены при выращивании на таких почвах и, какую при этом играют роль сортовые особенности изучаемого растения. Экспериментальные данные по содержанию меди в плодах изучаемых сортов тыквы приведены на рисунке 21.

При различном содержании меди в вегетативных органах тыквы в зависимости от сортовых особенностей можно предположить, что различия в накоплении могут быть и в плодах.

В результате эксперимента установлена разница, на 5 % уровне значимости, в содержании меди в плодах тыквы в зависимости от сорта, как при нанесении раствора в 1 ПДК, так и в 5 ПДК. Разница в содержании меди в плодах между сортом Мраморная и Прикубанская при нанесении раствора в 1 ПДК и в 5 ПДК составила соответственно на 33 % и 42 %, на почве чернозем выщелоченный. При нанесении раствора в 1 ПДК ( $F_{\phi} > F_{T}; 101 > 4,96$ ), 5 ПДК ( $F_{\phi} > F_{T}; 290 > 4,96$ ), на почве чернозем выщелоченный. Для лугово-черноземной почвы рисового севооб-

орота разница между изучаемыми сортами существенна на 5 % уровне значимости (при 1 ПДК  $F_{\phi} > F_T$ ;  $82 > 7,7$ ), 5 ПДК  $F_{\phi} > F_T$ ;  $631 > 4,96$ ).

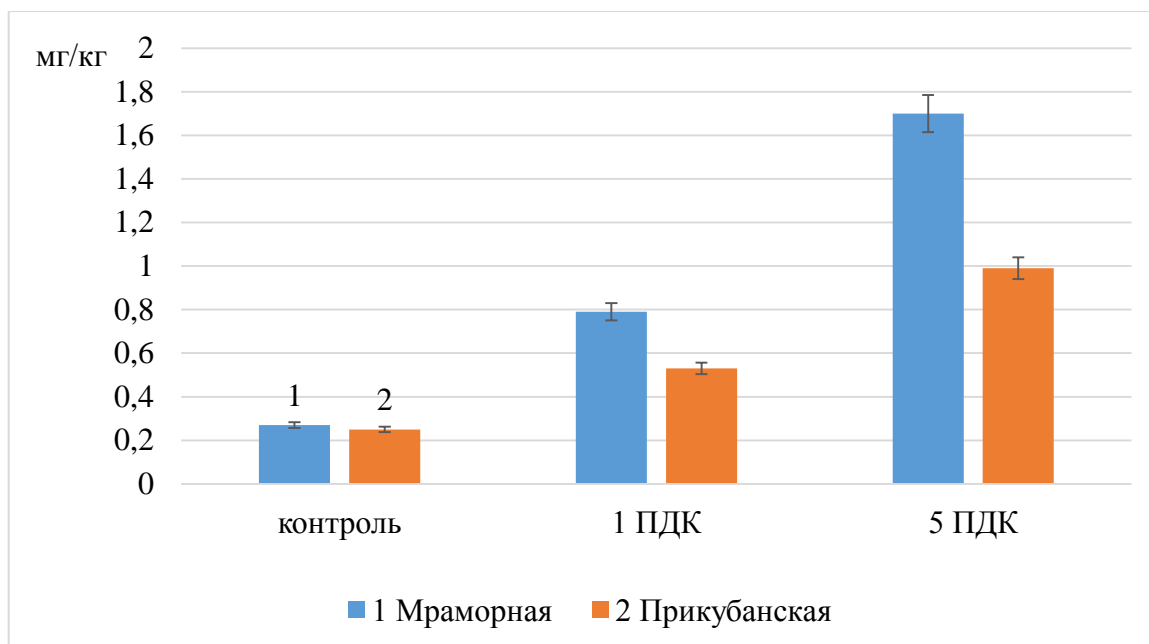


Рисунок 21 – Содержание меди в плодах тыквы сорта Мраморная и Прикубанская на почве чернозем выщелоченный, 2020 – 2022 гг  
[126 – 131]

Установлено, что больше меди накапливается в вегетативных органах и плодах сорта Мраморная, чем в сорте Прикубанская на почве чернозем выщелоченный.

Определены концентрации меди в семенах тыквы в зависимости от исследуемых сортов. При этом оказалось, что содержание меди в семенах обоих изучаемых сортов было не значительным, практически на уровне контроля.

На почве чернозем выщелоченный были заложены опыты по определению влияния сортовых особенностей тыквы при нанесении тяжелого металла – кадмия. В исследовании участвовало 2 сорта – Мраморная и Прикубанская. Результаты исследований по накоплению кадмия в стеблях и листьях тыквы изучаемых сортов приведены на рисунке 22 и рисунке 23.

Анализируя данные приведенные на рисунке 22 установлено, что различие в накоплении кадмия в стебле тыквы между изучаемыми сортами существует и, оно

достоверно на 5 % уровне значимости. При нанесении кадмия в концентрации 1 ПДК содержание загрязнителя в тыкве сорта Мраморная оказалось выше, чем в сорте Прикубанская на 11 %. При нанесении раствора кадмия в концентрации 5 ПДК так же наибольшим накоплением в стебле отличается сорт Мраморная, превышение над сортом Прикубанская составило на 19 %.

В результате эксперимента установлена разница, на 5 % уровне значимости, в содержании кадмия в стебле тыквы в зависимости от сорта, как при нанесении раствора в 1 ПДК, так и в 5 ПДК (Рисунок 22).

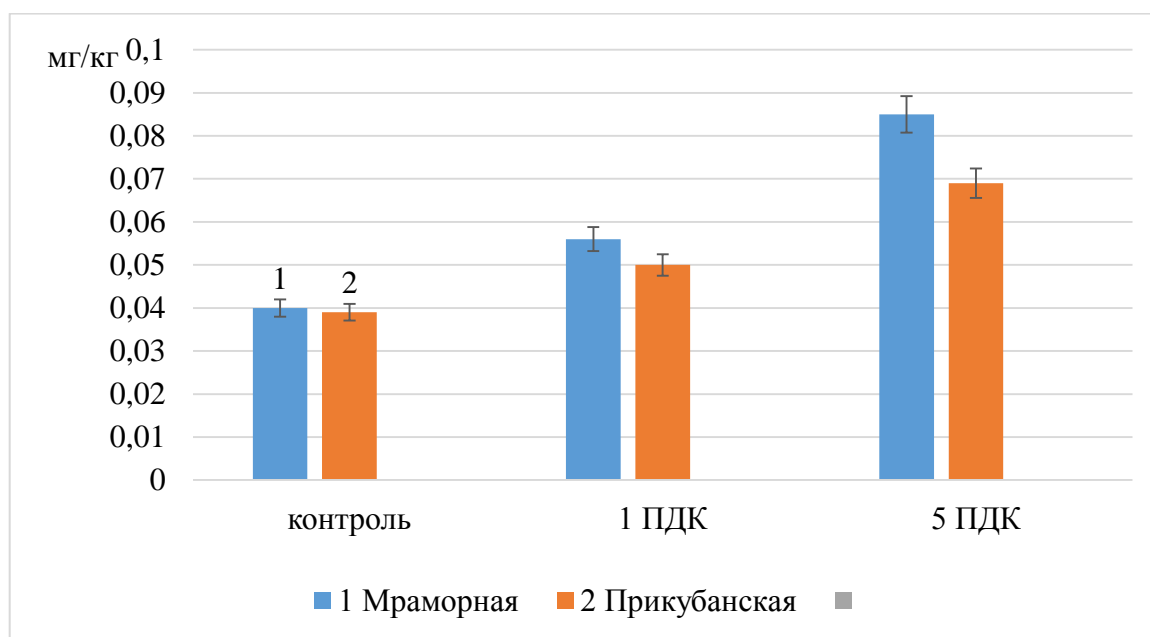


Рисунок 22 – Содержание кадмия в стебле тыквы сорта Мраморная и Прикубанская на почве чернозем выщелоченный, 2020 – 2022 г  
[126, 127, 129]

Лист в жизни растений играет важнейшую роль, выполняя фотосинтез. Однако листва так же играет важнейшую роль и в накоплении тяжелых металлов в органах растения.

При поверхностном нанесении загрязнителя на растения основную роль в накоплении играет вегетативная часть растений.

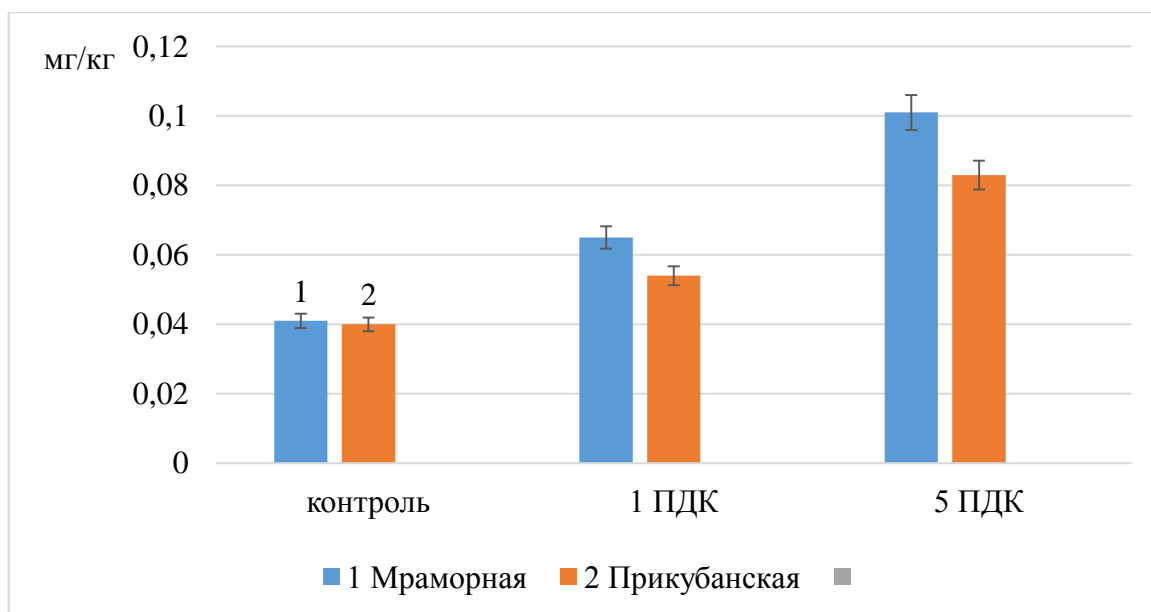


Рисунок 23 – Содержание кадмия в листьях тыквы сорта Мраморная и Прикубанская на почве чернозем выщелоченный, 2020 – 2022 гг  
[126, 127, 129]

Лист тыквы имеет на занимаемой почвенной территории большое превосходство над стеблем. При поверхностном нанесении загрязнителя на растение именно листва играет решающую роль в накоплении поллютанта.

При нанесении кадмия в концентрации 1 ПДК содержание загрязнителя в листьях сорта Мраморная оказалось выше, чем в сорте Прикубанская на 17 %. При нанесении раствора кадмия в концентрации 5 ПДК так же наибольшим накоплением в листьях отличается сорт Мраморная, превышение над сортом Прикубанская составило на 18 %.

Плоды тыквы используются в пищу человеком. Собственно, для этого она и выращивается. Поэтому требуется выяснить сколько накапливается кадмия в плодах тыквы изучаемых сортов и насколько это соответствует нормативным требованиям для использования их в пищу. Результаты исследований приведены на рисунке 24.

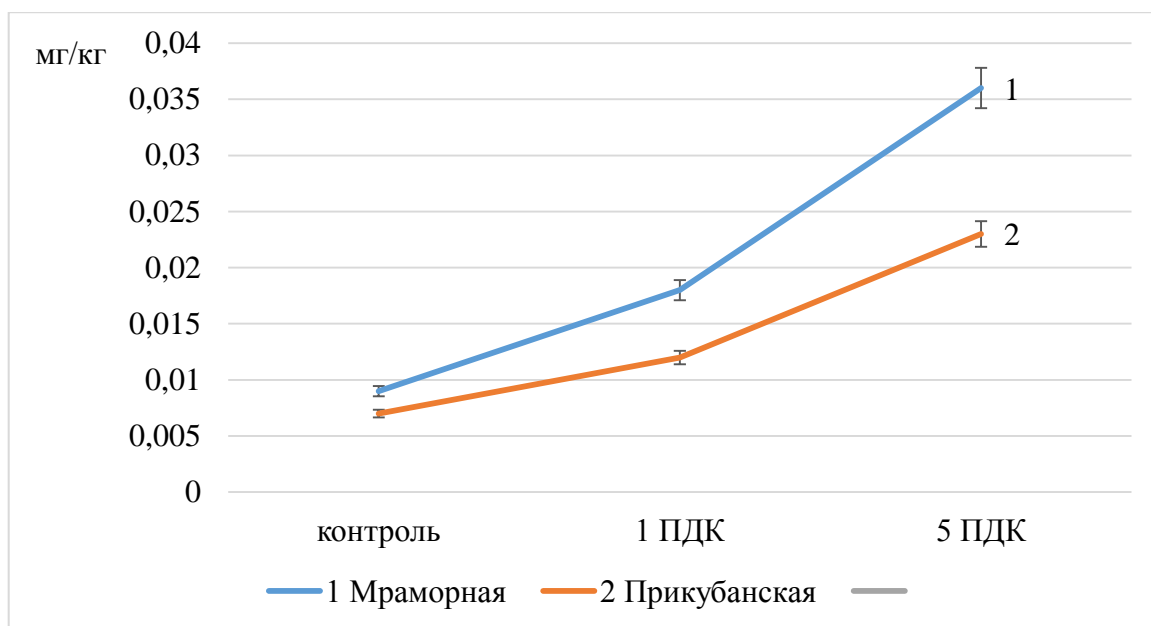


Рисунок 24 – Динамика содержания кадмия в плодах тыквы сорта Мраморная и Прикубанская на почве чернозем выщелоченный, 2020 – 2022 гг [126, 127, 129]

«Исследования, выполненные в полевых условиях, позволили сделать вывод о том, что наибольшим накоплением кадмия в плодах тыквы отличается сорт Мраморная. При нанесении раствора кадмия на растения в 1 ПДК превышение содержания загрязнителя в плодах тыквы сорт Мраморная над сортом Прикубанская составило на 34 %. При нанесении раствора кадмия на растения в 5 ПДК превышение содержания загрязнителя в плодах тыквы сорт Мраморная над сортом Прикубанская составило на 37 %. В результате эксперимента установлена разница, на 5 % уровне значимости, в содержании кадмия в плодах тыквы в зависимости от сорта, как при нанесении раствора в 1 ПДК, так и в 5 ПДК (Рисунок 24)» [126 – 131].

При нанесении раствора кадмия в 5 ПДК на растения тыквы накопление загрязнителя в плодах сорта Мраморная превысило значение допустимых концентраций для употребления их в пищу. ПДК содержания кадмия в плодах тыквы для возможного употребления их в пищу составляет 0,03 мг/кг.

Определены концентрации кадмия в семенах тыквы в зависимости от исследуемых сортов. При этом оказалось, что содержание этого тяжелого металла в

семенах было не значительным, практически на уровне контроля в обоих изучаемых сортах.

Тем не менее установлено, что больше кадмия накапливается в вегетативных органах и плодах сорта Мраморная, чем сорта Прикубанская на почве чернозем выщелоченный.

Для определения причины такой разницы в накоплении изучаемого тяжелого металла следует привести небольшую их сортовую характеристику.

Сорт Мраморная местной селекции. Позднеспелый сорт, от всходов до уборки 125 – 135 дней. Плоды массой 6 – 8 кг. Урожайность около 30 т/га. Содержание сухих веществ 14 – 18 %, сахара 8,5 – 10 %, каротина 10 – 12 мг %. Сорт столового назначения.

Сорт Прикубанская местной селекции. Среднеспелый сорт, от всходов до уборки урожая 110 – 115 дней. Плоды массой 6 – 8 кг. Урожайность около 30 т/га. Содержание сухих веществ 10 – 14 %, сахара 6 – 8 %, каротина 12 – 14 мг %. Сорт столового назначения.

«Разница в накоплении изучаемого тяжелого металла по исследуемым сортам может быть объяснена продолжительностью вегетационного периода, объемом вегетативной части растения, урожайностью сорта» [126 – 131].

### **3.4 Накопление меди и кадмия в тыкке при выращивании на лугово-черноземных почвах рисового севооборота в зависимости от сортовых особенностей**

В результате изменения процесса обмена веществ, в ответ на факторы внешнего воздействия, организм может приобрести новые свойства. Причем возникающие различия в отдельных видах и сортах растений могут быть прослежены по разным признакам, например, изменение урожайности растения, наращивание вегетативной и корневой массы, изменение площади листа, содержание сахара, белка и т.д.

На территории ФНЦ риса г. Краснодар выполнены исследования по изучению накопления тяжелых металлов в трех сортах Мраморная, Прикубанская и Ромашечка на лугово-черноземных почвах рисового севооборота.

Результаты исследований о накоплении меди в вегетативных органах тыквы изучаемых сортов на лугово-черноземных почвах рисового севооборота приведены на рисунке 25 и рисунке 26.

Анализируя данные приведенные на рисунке 25 установлено, что различие в накоплении меди в стебле тыквы между изучаемыми сортами существует и, оно достоверно.

При нанесении раствора меди на вегетативные органы тыквы в концентрации 1 ПДК содержание загрязнителя в стебле сорта Мраморная оказалось выше, чем в стебле сорта Прикубанская в 1,4 раза, а при нанесении 5 ПДК – в 1,6 раз.

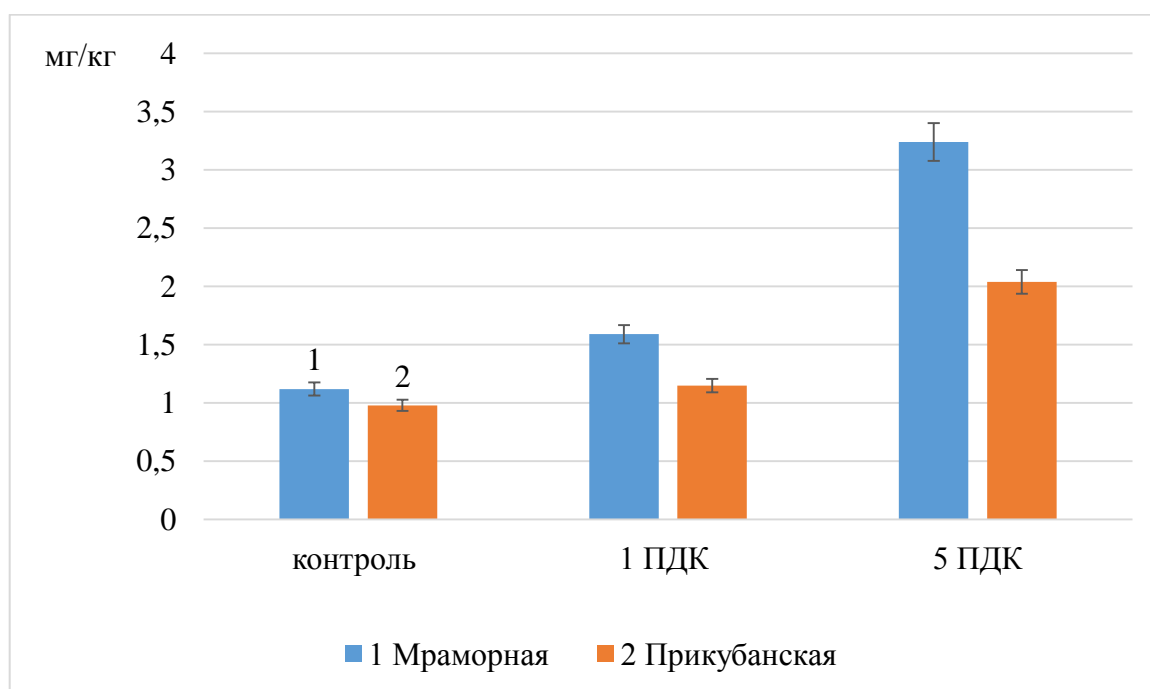


Рисунок 25 Содержание меди в стебле тыквы сорта Мраморная и Прикубанская на лугово-черноземных почвах рисового севооборота, 2020 – 2022 гг [126 – 131]

Обязательно требуется изучить содержание меди в листьях исследуемых сортов тыквы при различных концентрациях раствора загрязнителя в атмосферных осадках (Рисунок 26, Приложение М, Приложение Н).

Опад листьев после их загрязнения тяжелыми металлами так же представляют определенную опасность для биоты. Животные организмы, которые участвуют в разложении листового опада сами загрязняются, но они в свою очередь могут стать звеном в цепи питания следующих животных.

В результате полевого эксперимента установлено, что больше меди накопилось в листьях сорта Мраморная, чем в сорте Прикубанская. Разница в содержании меди в листьях при нанесении раствора тяжелого металла в 1 ПДК и 5 ПДК соответственно составила на 26 и 25 %.

То есть сорт тыквы Мраморная в сравнении с сортом Прикубанская при ее выращивании на лугово-черноземных почвах рисового севооборота отличается более высоким накоплением меди.

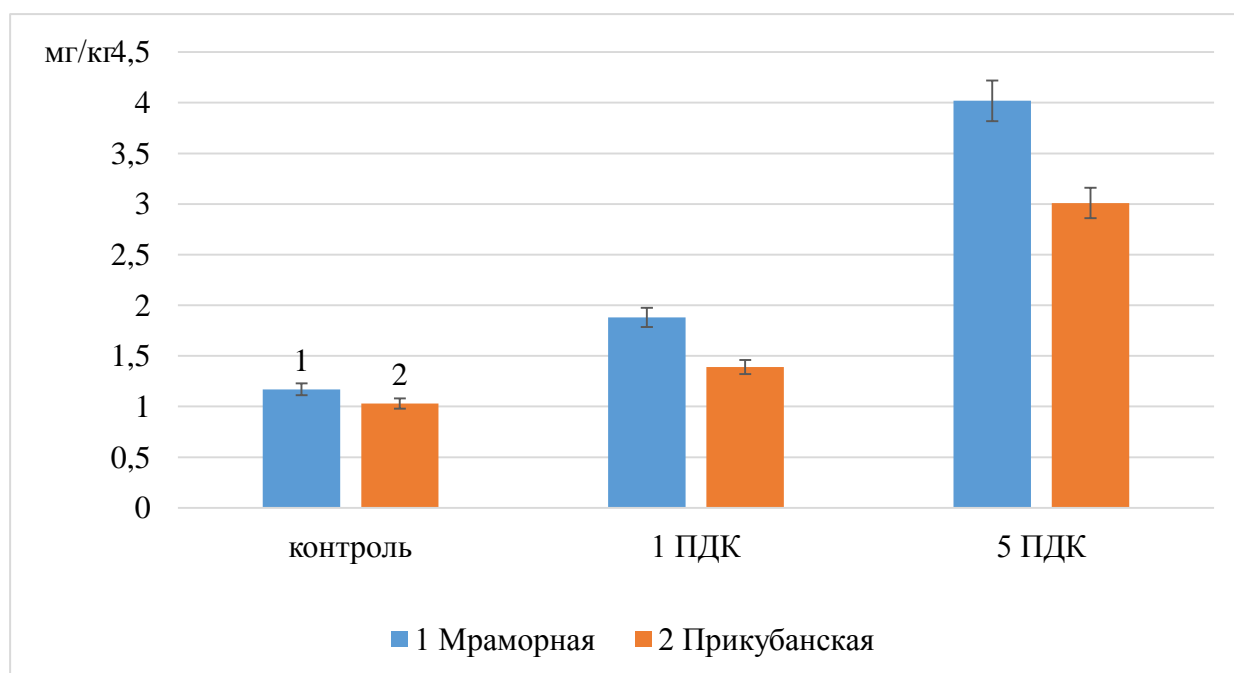


Рисунок 26 – Содержание меди в листьях тыквы сорта Мраморная и Прикубанская на лугово-черноземных почвах рисового севооборота, 2020 – 2022 гг [126 – 131]

Тыкву выращивают для получения плодов, которые отличаются высокими пищевыми качествами. Однако плоды, которые выращивают на загрязненных почвах, тоже могут быть загрязнены.

Возникают вопросы: на сколько плоды загрязнены при выращивании на таких почвах и, какую при этом играют роль сортовые особенности изучаемого растения. Экспериментальные данные по содержанию меди в плодах изучаемых сортов тыквы приведены на рисунке 27 (Приложение М, Приложение Н).

При различном содержании меди в вегетативных органах тыквы в зависимости от сортовых особенностей можно было предположить, что различия в накоплении могут быть и в плодах. В результате эксперимента установлена разница в накоплении меди в плодах в зависимости от сорта тыквы. Больше содержится меди в плодах тыквы сорта Мраморная, чем Прикубанская, как при нанесении раствора в 1 ПДК, так и в 5 ПДК, которая составила соответственно на 22 % и 38 % (Рисунок 27).

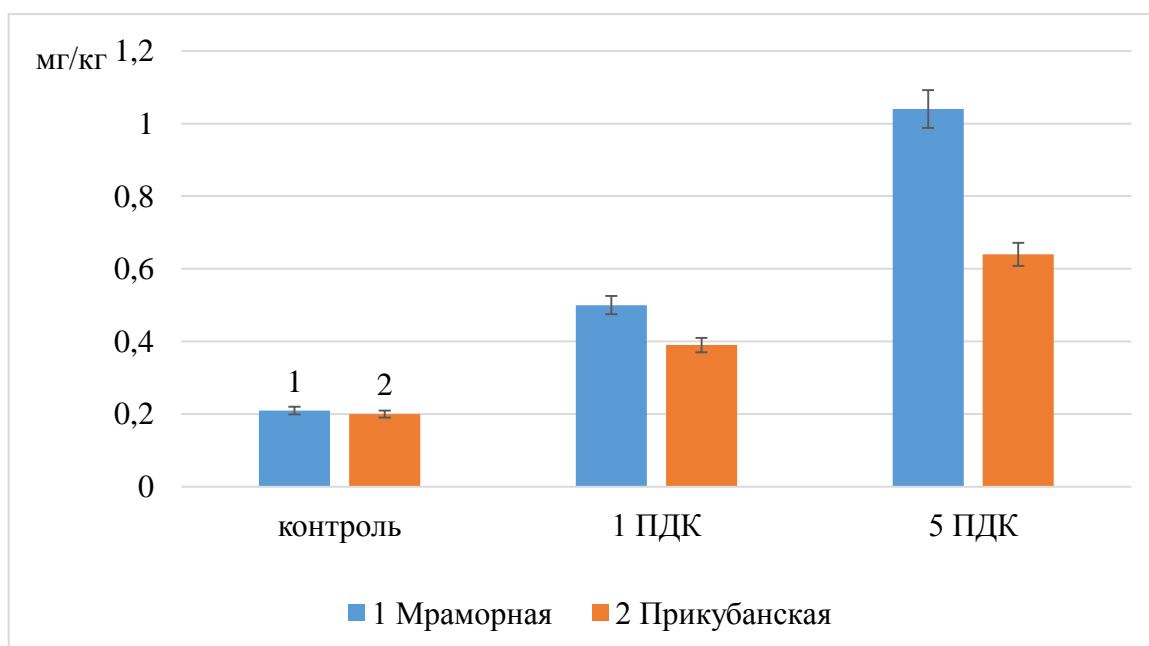


Рисунок 27 – Динамика содержания меди в плодах тыквы сорта Мраморная и Прикубанская на лугово-черноземных почвах рисового севооборота, 2020 – 2022 гг [126 – 131]

В результате эксперимента установлена разница, на 5 % уровне значимости, в содержании меди в плодах тыквы в зависимости от сорта, как при нанесении раствора в 1 ПДК, так и в 5 ПДК, лугово-черноземных почвах рисового севооборота. При нанесении раствора в 1 ПДК ( $F_{\phi} > F_T$ ;  $82 > 4,96$ ), 5 ПДК ( $F_{\phi} > F_T$ ;  $631 > 4,96$ ), на лугово-черноземной почве рисового севооборота (Рисунок 27).

Определены концентрации меди в семенах тыквы в зависимости от исследуемых сортов. При этом оказалось, что содержание меди в семенах было не значительным, практически на уровне контроля в обоих изучаемых сортах.

Установлено, что больше меди накапливается в вегетативных органах и плодах сорта Мраморная, чем в сорте Прикубанская на лугово-черноземных почвах рисового севооборота.

На лугово-черноземных почвах рисового севооборота были заложены опыты по определению влияния сортовых особенностей тыквы при нанесении кадмия. В исследовании приняли участие 3 сорта – Мраморная, Прикубанская и Ромашечка. Результаты исследований по накоплению кадмия в стеблях и листьях тыквы изучаемых сортов приведены на рисунке 28 и рисунке 29.

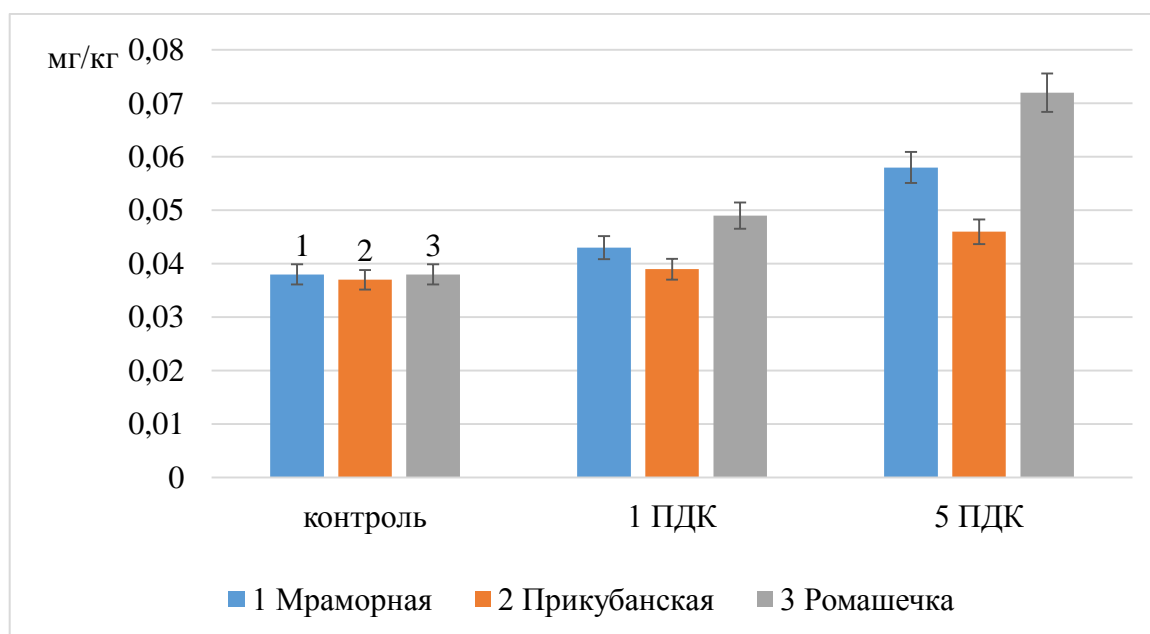


Рисунок 28 – Содержание кадмия в стебле тыквы сорта Мраморная, Прикубанская и Ромашечка на лугово-черноземных почвах рисового севооборота, 2020 – 2022 гг [126, 127, 129]

Анализируя данные приведенные на рисунке 28 установлено, что различие в накоплении кадмия в стебле тыквы между изучаемыми сортами существует и, оно достоверно. При нанесении раствора кадмия в концентрации 1 ПДК содержание загрязнителя в тыкве сорт Мраморная оказалось выше, чем в сорте Прикубанская на 10 %, но ниже, чем в сорте Ромашечка на 13 %.

Наибольшее накопление изучаемого тяжелого металла в стебле тыквы определено для сорта Ромашечка, больше, чем в сорте Прикубанская в 1,3 раза. При нанесении раствора кадмия на вегетативную часть тыквы в концентрации 5 ПДК так же наибольшим накоплением в стебле отличается сорт Ромашечка, превышение над сортами Мраморная и Прикубанская соответственно составило на 22 и 36 %.

Лист в жизни растений играет важнейшую роль, выполняя фотосинтез. Однако листва так же играет важнейшую роль в жизни животных, которые питаются этой листвой, а некоторые проживают в опаде. Микроорганизмы участвуют в трофических цепях на изучаемой территории. Поэтому важно знать сколько содержится изучаемого загрязнителя в листьях, так как они играют заметную роль в накоплении тяжелых металлов в органах растения.

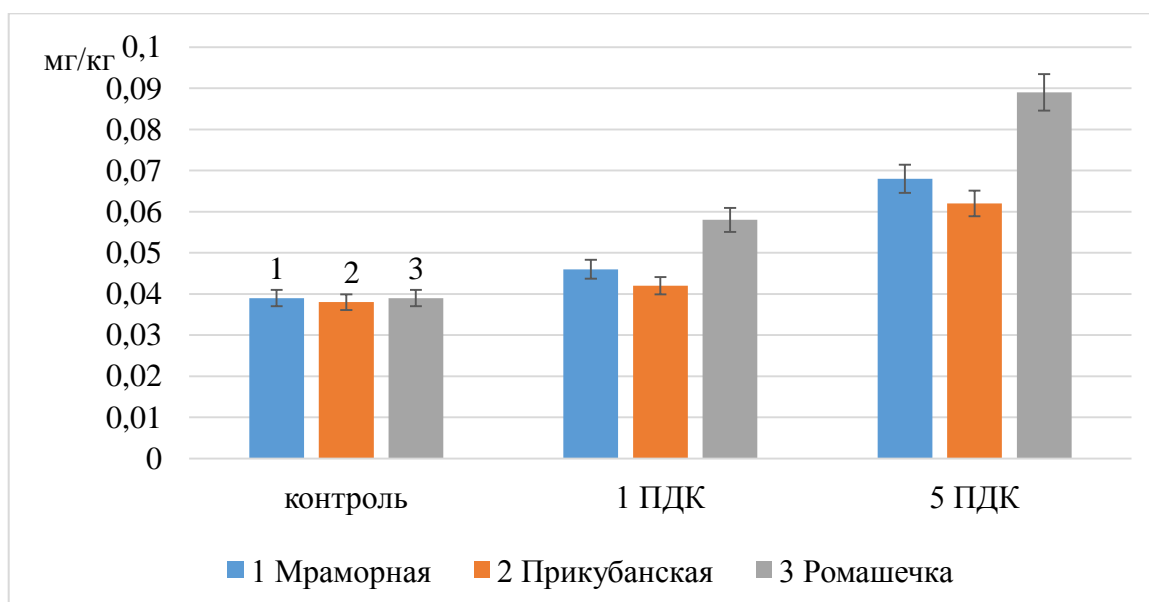


Рисунок 29 – Динамика содержания кадмия в листьях тыквы сорта Мраморная, Прикубанская и Ромашечка на лугово-черноземных почвах рисового севооборота, 2020 – 2022гг [126, 127, 129]

При поверхностном нанесении загрязнителя на растения основную роль в накоплении играет вегетативная часть растений.

По площади лист тыквы имеет на занимаемой почвенной территории большое превосходство над стеблем. При поверхностном нанесении загрязнителя на растение именно листва играет решающую роль в накоплении изучаемого поллютанта.

При нанесении кадмия в концентрации 1 ПДК содержание загрязнителя в листьях сорта Мраморная оказалось выше, чем в сорте Прикубанская на 9 %, но ниже, чем в сорте Ромашечка на 21 %. Наибольшее накопление изучаемого тяжелого металла в листьях тыквы определено для сорта Ромашечка, больше, чем в сорте Прикубанская в 1,4 раза. При нанесении раствора кадмия в концентрации 5 ПДК так же наибольшим накоплением в листьях отличается сорт Ромашечка, превышение над сортами Мраморная и Прикубанская соответственно составило на 24 и 30 %.

Плоды тыквы используются в пищу человеком и животными. Поэтому требуется выяснить сколько накапливается кадмия в плодах тыквы изучаемых сортов и насколько это соответствует нормативным требованиям для использования их в пищу. Результаты исследований приведены на рисунке 30.

«Наибольшим накоплением кадмия в плодах тыквы отличается сорт Ромашечка. При нанесении раствора кадмия на растения в 1 ПДК превышение содержания загрязнителя в плодах тыквы сорт Ромашечка над сортом Мраморная составило в 1,4 раза, а над сортом Прикубанская – в 1,8 раз. При нанесении раствора кадмия на растения в 5 ПДК превышение содержания загрязнителя в плодах тыквы сорт Ромашечка над сортом Мраморная составило в 1,4 раза, а над сортом Прикубанская – в 2,2 раза» (Рисунок 30) [126, 127, 129].

В результате эксперимента установлена существенная разница, на 5 % уровне значимости, в содержании кадмия в плодах тыквы в зависимости от сорта, как при нанесении раствора в 1 ПДК, так и в 5 ПДК (Рисунок 30).

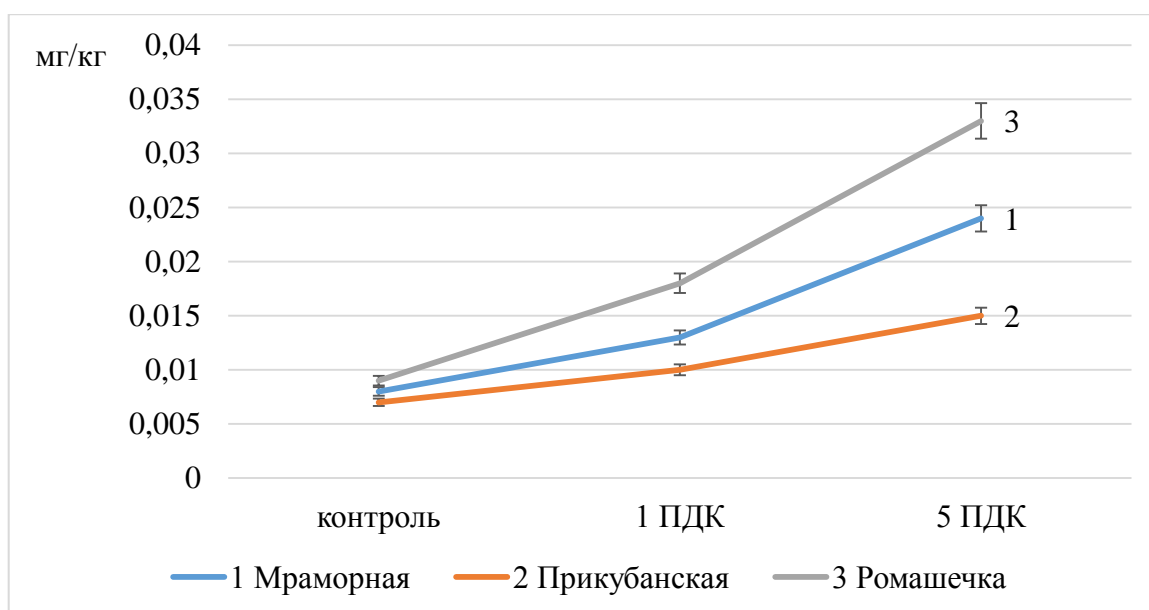


Рисунок 30 – Накопление кадмия в плодах тыквы сорта Мраморная, Прикубанская и Ромашечка на лугово-черноземных почвах рисового севооборота, 2020 – 2022гг [126, 127, 129]

При нанесении раствора кадмия в 5 ПДК на растения тыквы накопление загрязнителя в плодах сорта Ромашечка превысило значения допустимых концентраций для употребления их в пищу. ПДК содержания кадмия в плодах тыквы для возможного употребления их в пищу составляет 0,03 мг/кг.

«В результате выполненного анализа, полученного экспериментального материала, была определена концентрация кадмия в семенах тыквы в зависимости от исследуемых сортов. При этом оказалось, что содержание этого тяжелого металла в семенах было не значительным, практически на уровне контроля в обоих изучаемых сортах. Установлено, что больше кадмия накапливается в вегетативных органах и плодах сорта Ромашечка, чем в сортах Мраморная и Прикубанская на лугово-черноземных почвах рисового севооборота» [126, 127, 129].

«То есть сортовые характеристики, которые были приведены ранее сыграли ведущую роль в разном накоплении изучаемых тяжелых металлов, как вегетативных, так и генеративных органах тыквы» [126, 127, 129].

### **3.5 Содержание в тыкве тяжелых металлов в зависимости от их концентрации в атмосферных осадках при выращивании ее на почве чернозем выщелоченный**

Токсическое действие тяжелых металлов на растение можно обнаружить при помощи различных признаков – рост растения, изменение площади листа, снижения урожайности, изменения во времени наступления фаз развития растения и т.д. В основном тяжелые металлы являются протоплазматическими ядами, токсичность их увеличивается по мере нарастания относительной атомной массы.

«О механизмах устойчивости различных культур к повышенным концентрациям тяжелых металлов, к сожалению, пока мало сведений. Вероятно, размеры сорбции будут определяться емкостью сорбирующей поверхности растительных тканей, а также физико-химическими свойствами сорбируемых элементов» [55, 57, 66, 67, 73, 87, 104, 129, 132, 168, 183].

Устойчивость растения к одному металлу, как правило, не распространяется на другие [6, 12, 20, 26, 104].

Исследований о накоплении изучаемых тяжелых металлов, при разных их концентрациях в атмосферных осадках, в вегетативных и генеративных органах различных сортов тыквы на почве чернозем выщелоченный, ранее на изучаемой территории не проводилось.

Экспериментальные данные о накоплении в вегетативных и генеративных органах тыквы меди в зависимости от концентрации в осадках приведены на рисунке 31 и рисунке 32.

«В результате выполненного нами полевого эксперимента на почве чернозем выщелоченный было установлено, что концентрация меди в растворе, который был нанесен на изучаемое растение, оказала влияние на его содержание в вегетативной и генеративной части» [126, 127, 129].

Содержание тяжелого металла в стебле тыквы сорт Мраморная при нанесении раствора меди в концентрациях 1 ПДК и 5 ПДК увеличилось в сравнении с контролем соответственно в 1,6 и 3,2 раза. В листе изучаемого растения так же

отмечается увеличение содержания меди в связи с увеличением концентрации нанесенного раствора. Различие в содержании меди в листе тыквы при нанесении загрязненного раствора в 1 ПДК и 5 ПДК составило соответственно в 1,9 и 4,2 раза, в сравнении с контролем. Установлено различие в содержании меди и в плодах тыквы сорт Мраморная в зависимости от концентрации нанесенного раствора на растение в 1 ПДК и 5 ПДК, которое составило соответственно в 2,9 и 6,3 раз в сравнении с контролем (Рисунок 31).

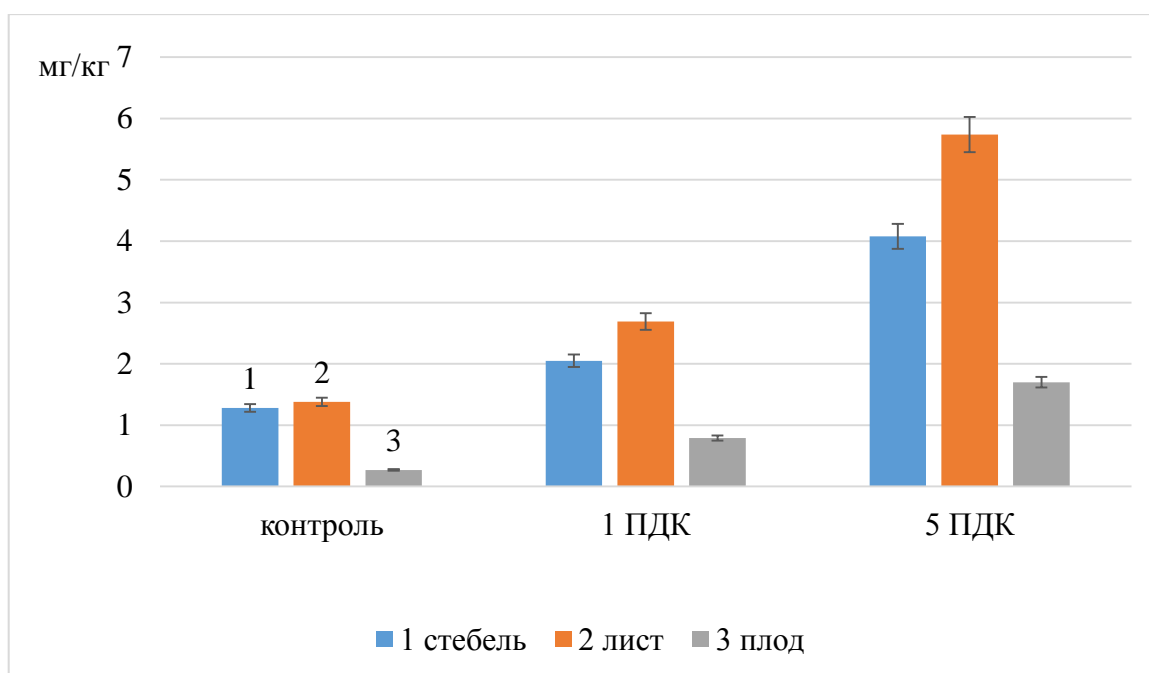


Рисунок 31 – Накопление меди в вегетативных и генеративных органах тыквы сорт Мраморная в зависимости от различных концентраций её в атмосферных осадках (на почве чернозем выщелоченный), 2020 – 2022гг [126 – 131]

Как известно, медь один из важнейших микроэлементов, которые требуются растениям для их нормального роста и развития. Каждый вид растений нуждается в определенном его количестве. Однако превышение допустимых значений во всех случаях сначала ведет к угнетению растения, а в дальнейшем может привести и к его гибели.

В задачу исследований входило изучить влияние концентраций раствора меди, нанесенной на растение, на накопление исследуемого тяжелого металла в

вегетативных и генеративных органах тыквы, при выращивании ее на почве чернозем выщелоченный сорт Прикубанская (Рисунок 32).

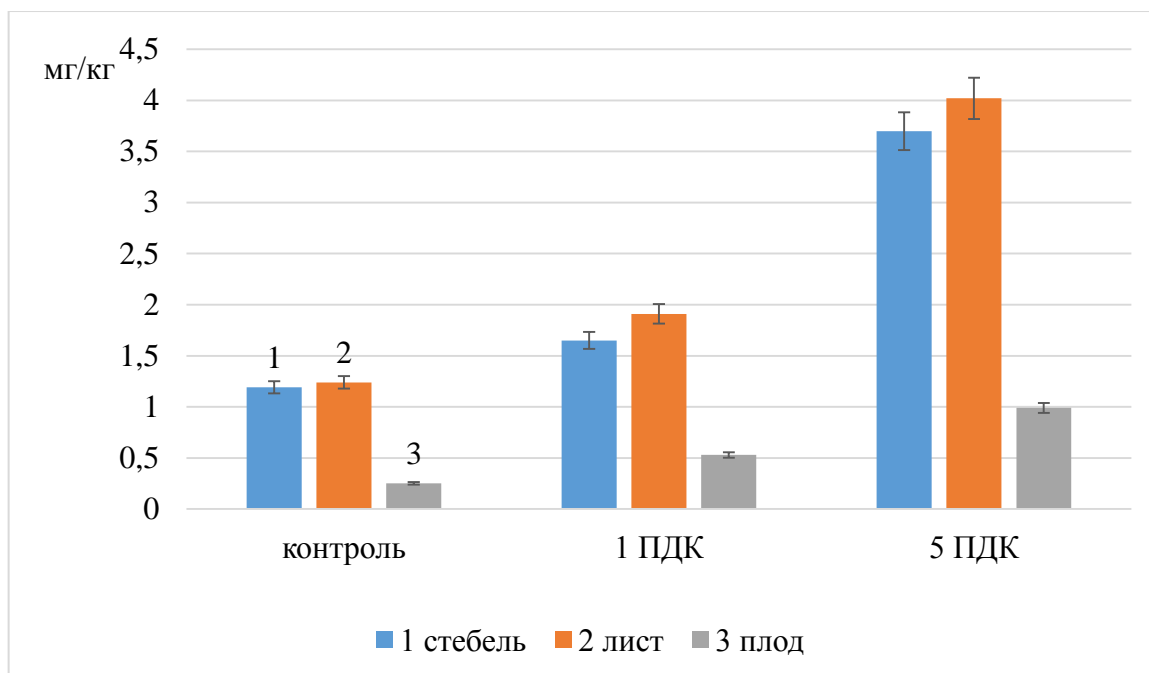


Рисунок 32 – Накопление меди в вегетативных и генеративных органах тыквы сорт Прикубанская в зависимости от различных концентраций её в атмосферных осадках (почва чернозем выщелоченный), 2020 – 2022 гг [126 – 131]

Установлено различие в накоплении меди в стебле тыквы сорт Прикубанская при различных концентрациях нанесенного раствора на растение. При концентрации нанесенного раствора в 1 ПДК различие с контролем составило в 1,4 раза, а при нанесении в 5 ПДК – в 3,1 раза. Определено различие в накоплении меди в листьях и плодах тыквы по изучаемым вариантам в сравнении с контролем, которое составило соответственно для листьев в 1,5 и 3,2 раза, а для плодов – в 2,1 и 4,0 раза.

Было установлено, что концентрация меди в нанесенном растворе, оказывает влияние на накопление ее в вегетативных и генеративных органах тыквы. Исследования выполнены в полевых условиях, поэтому не требуется дополнительных уточняющих опытов, как это обычно бывает после экспериментов, выполненных в вегетационных сосудах.

Для определения влияния изменения концентраций кадмия в растворе на его накопление в тыкве был заложен опыт, результаты которого приведены на рисунке 33 и рисунке 34.

Содержание кадмия в стебле и листе тыквы сорт Мраморная зависит от концентрации наносимого на растение раствора. Различие между контролем и изучаемыми вариантами в накоплении кадмия в стебле составило соответственно в 1,4 и 2,1 раза, а для листьев это различие составило соответственно по вариантам в 1,6 и 2,5 раза. В результате выполненного эксперимента определено различие в накоплении кадмия в плодах тыквы в зависимости от концентрации его в растворе, нанесенного на растение. Накопление кадмия в плодах оказалось выше контроля в первом варианте в 2,0 раза, а во втором варианте – в 4,0 раза (Рисунок 33).

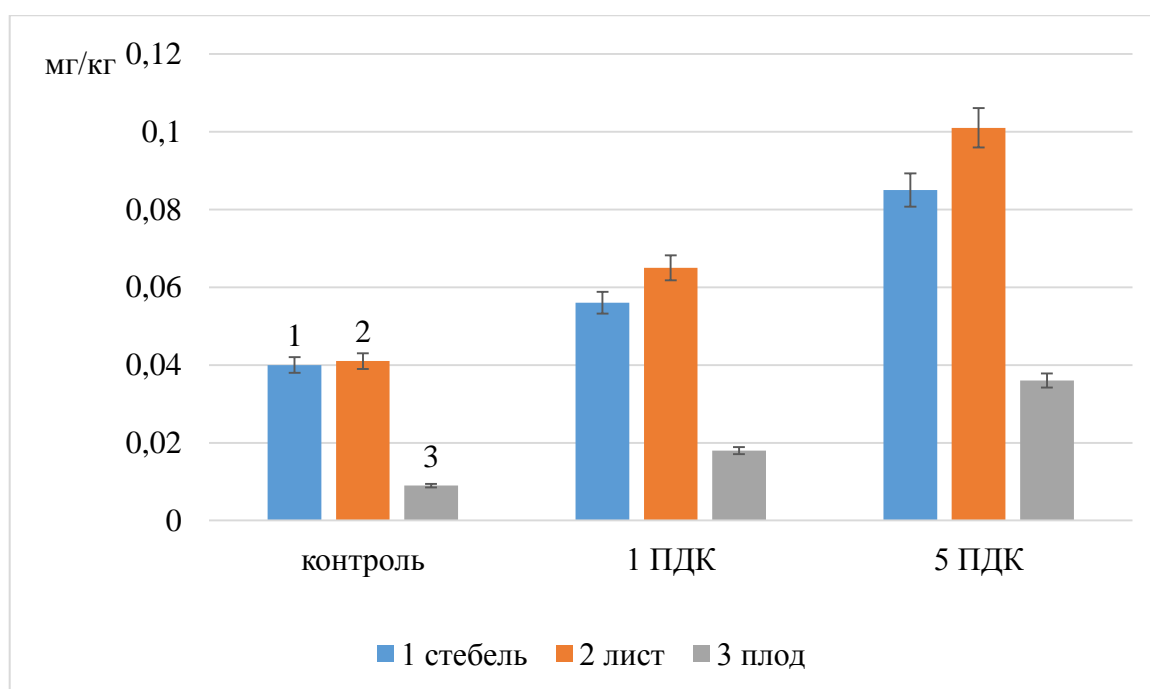


Рисунок 33 – Накопление кадмия в вегетативных и генеративных органах тыквы сорт Мраморная в зависимости от различных концентраций его в осадках (почва чернозем выщелоченный), 2020 – 2022 гг [126, 127, 129]

Установлена существенная разница в содержании кадмия в плодах тыквы сорт Мраморная выращенной на почве чернозем выщелоченный в зависимости от нанесенной концентрации раствора, на 5 % уровне значимости. Математический

расчет установил существенную разницу в содержании кадмия в плодах тыквы между контролем и концентрацией в 5 ПДК  $F_{\phi} > F_T$ ;  $162 > 4,96$  (Рисунок 33).

Исследования для определения различий в накоплении кадмия, в зависимости от концентрации его в растворе, проведены на тыкве сорт Прикубанская, почва чернозем выщелоченный (Рисунок 34).

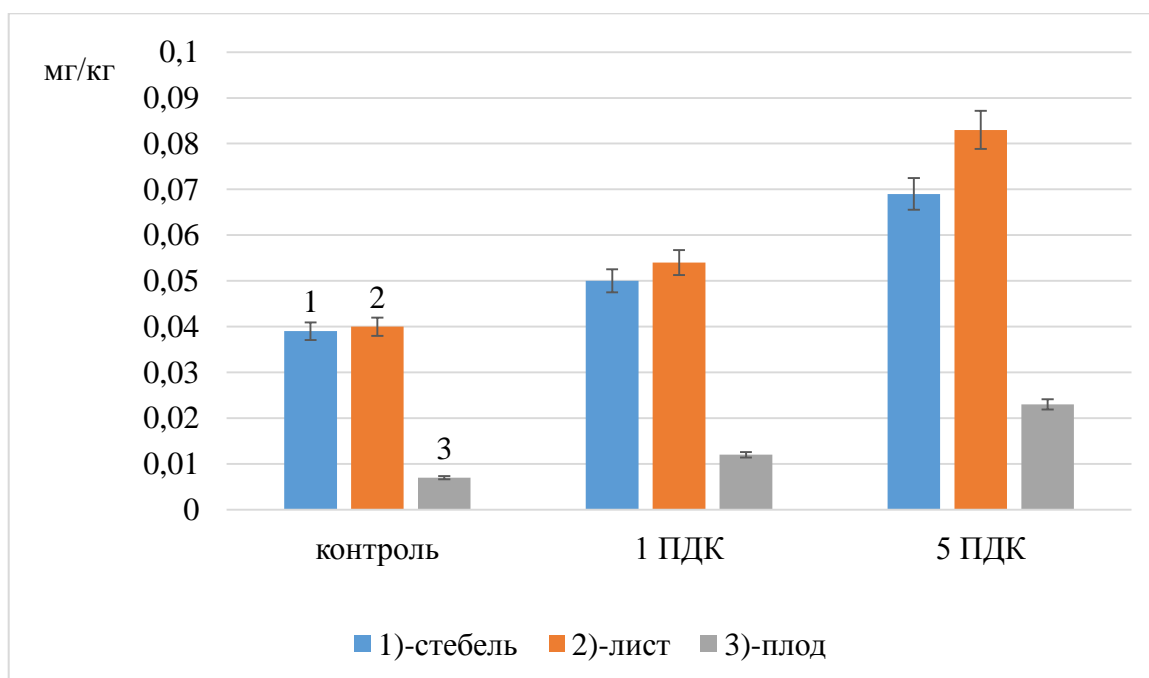


Рисунок 34 – Динамика накопления кадмия в вегетативных и генеративных органах тыквы сорт Прикубанская в зависимости от различных концентраций его в осадках (почва чернозем выщелоченный), 2020 – 2022 гг [126, 127, 129]

«В результате выполненного нами в полевых условиях эксперимента установлено существенное различие в накоплении кадмия в стебле и листе тыквы сорт Прикубанская в зависимости от концентрации нанесенного на растение раствора. При нанесении изучаемых растворов в 1 ПДК и 5 ПДК различие в накоплении кадмия в стебле по изучаемым вариантам в сравнении с контролем соответственно составило в 1,3 и 1,8 раз, в листьях это различие составило соответственно – в 1,4 и 2,1 раза. Накопление изучаемого тяжелого металла в плодах тыквы так же зависит от концентрации загрязненного раствора. Различие в содержании

кадмия в плодах тыквы по изучаемым вариантам в сравнении с контролем соответственно составило в 1,7 и 3,3 раза» [126, 127, 129].

Установлена существенная разница в содержании кадмия в плодах тыквы сорт Прикубанская выращенной на почве чернозем выщелоченный в зависимости от нанесенной концентрации раствора, на 5 % уровне значимости. Математический расчет установил существенную разницу в содержании кадмия в плодах тыквы между контролем и концентрацией в 1 ПДК ( $F_{\phi} > F_T$ ;  $18 > 4,96$ ), 5 ПДК ( $F_{\phi} > F_T$ ;  $112 > 4,96$ ) (Рисунок 34).

Было установлено различие в накоплении кадмия в вегетативных и генеративных органах тыквы в зависимости от концентрации нанесенного на растение раствора.

### **3.6 Накопление в вегетативных и генеративных органах тыквы тяжелых металлов в зависимости от концентраций в атмосферных осадках при выращивании на лугово-черноземных почвах рисового севооборота**

«Известно, что экспериментальные данные по миграции загрязнителя из почвы в растения, полученные в одних природно-климатических условиях не могут быть в точности рекомендованы для выполнения в других» [126, 127, 129].

При решении поставленных задач, в результате исследований получена дополнительная информация, которая позволит составить предложения по выращиванию овощной продукции при возможных экологически экстремальных условиях в условиях юга России.

Исследований о накоплении изучаемых тяжелых металлов, при разных их концентрациях в атмосферных осадках, в вегетативных и генеративных органах различных сортов тыквы на лугово-черноземных почвах рисового севооборота ранее на изучаемой территории не проводилось.

Экспериментальные данные, полученные нами, о накоплении в вегетативных и генеративных органах тыквы меди в зависимости от концентрации в осадках приведены на рисунке 35 и рисунке 36.

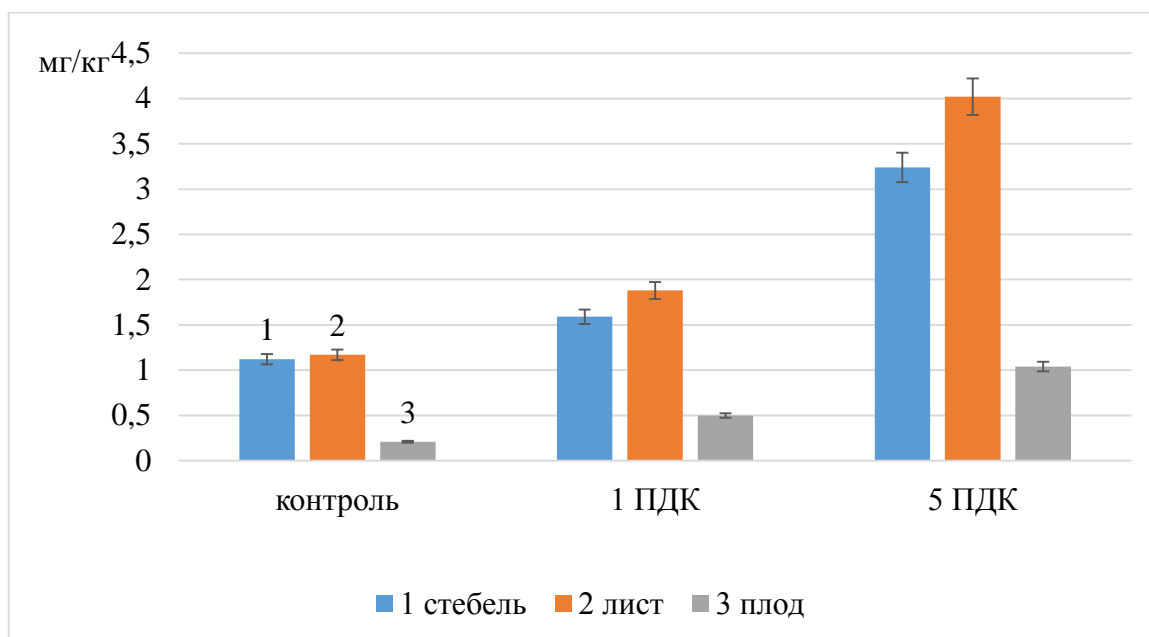


Рисунок 35 – Динамика накопления меди в стебле, листьях и плодах тыквы сорт Мраморная в зависимости от различных концентраций в осадках (лугово-черноземные почвы рисового севооборота), 2020 – 2022 гг [126 – 131]

«В результате выполненного нами полевого эксперимента на лугово-черноземных почвах рисового севооборота, было установлено, что концентрация меди в растворе, который был нанесен на изучаемое растение, оказала влияние на его содержание в вегетативной и генеративной части» [126, 127, 129].

Содержание тяжелого металла в стебле тыквы сорт Мраморная при нанесении раствора меди в концентрации в 1 ПДК и 5 ПДК увеличилось в сравнении с контролем соответственно в 1,4 и 2,9 раза. В листе изучаемого растения так же отмечается увеличение содержания меди в связи с увеличением концентрации нанесенного раствора.

Различие в содержании меди в листе тыквы при нанесении раствора меди в концентрации 1 ПДК и 5 ПДК составило соответственно в 1,6 и 3,4 раза, в сравнении с контролем. Установлено существенное различие в содержании меди в плодах тыквы сорт Мраморная в зависимости от концентрации нанесенного раствора на растение в 1 ПДК и 5 ПДК, которое составило соответственно в 2,4 и 5,0 раз в сравнении с контролем. Установлена существенная разница в содержании меди в плодах тыквы сорт Мраморная выращенной на лугово-черноземной почве рисового севооборота, в зависимости от нанесенной концентрации раствора, на 5 % уровне значимости. Математический расчет установил существенную разницу в содержании меди в плодах тыквы между контролем и концентрацией в 1 ПДК ( $F_{\phi} > F_{T}; 90 > 4,96$ ), 5 ПДК ( $F_{\phi} > F_{T}; 312 > 4,96$ ) (Рисунок 35).

«В задачу исследований входило изучить влияние раствора меди разных концентраций, нанесенного на растение, на накопление исследуемого тяжелого металла в вегетативных и генеративных органах тыквы, при выращивании ее на лугово-черноземных почвах рисового севооборота, сорт Прикубанская (Рисунок 36)» [126, 127, 129].

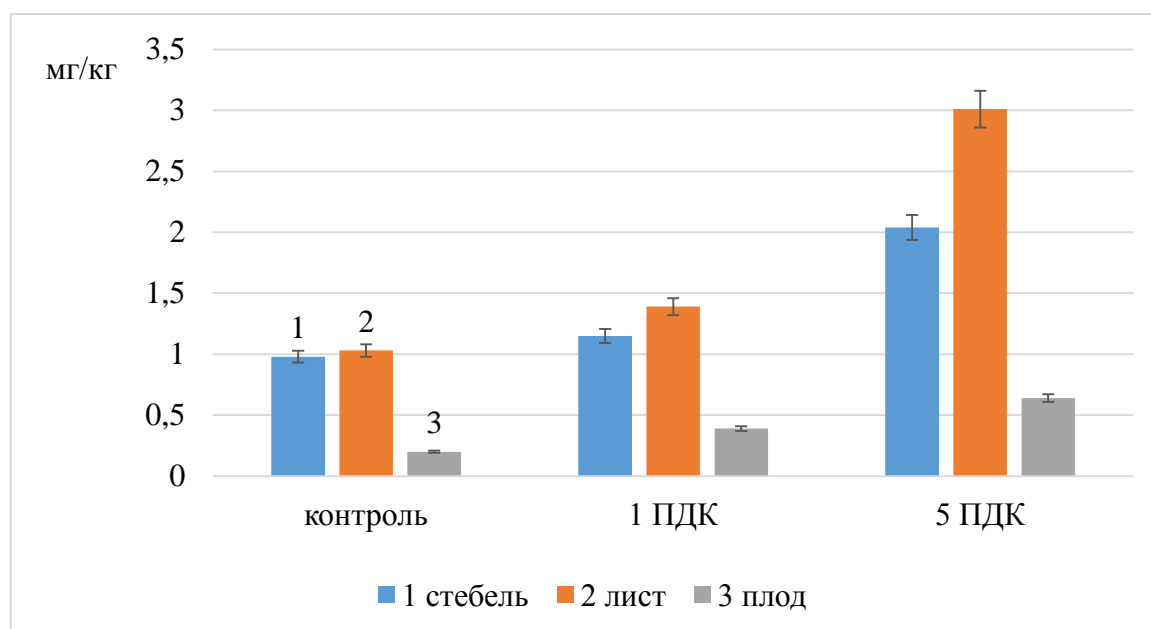


Рисунок 36 – Накопления меди в листьях и плодах тыквы сорт Прикубанская в зависимости от различных концентраций в осадках (лугово-черноземные почвы рисового севооборота), 2020 – 2022 гг [126 – 131]

Определено различие в накоплении меди в стебле тыквы сорт Прикубанская при разных концентрациях нанесенного раствора на растение. При концентрации нанесенного раствора в 1 ПДК различие с контролем составило в 1,2 раза, а при нанесении в 5 ПДК – в 2,1 раза. Определено различие в накоплении меди в листьях и плодах тыквы по изучаемым вариантам в сравнении с контролем, которое составило соответственно для листьев в 1,3 и 3,0 раза, а для плодов – в 2,0 и 3,2 раза (Рисунок 36).

Установлена существенная разница в содержании меди в плодах тыквы сорт Прикубанская выращенной на лугово-черноземной почве рисового севооборота, в зависимости от нанесенной концентрации раствора, на 5 % уровне значимости. Математический расчет установил существенную разницу в содержании меди в плодах тыквы между контролем и концентрацией в 1 ПДК ( $F_{\phi} > F_{T}; 120 > 4,96$ ), 5 ПДК ( $F_{\phi} > F_{T}; 347 > 4,96$ ) (Рисунок 36).

Было установлено, что концентрация меди в нанесенном растворе, оказывает влияние на накопление ее в вегетативных и генеративных органах тыквы.

Кадмий в сравнении с медью отличается большей мобильностью в почве и накоплением в изучаемых растениях. Для определения влияния изменения концентраций кадмия в растворе на его накопление в тыкке был заложен опыт, результаты которого приведены на рисунке 37, рисунке 38 и рисунке 39.

Содержание кадмия в стебле и листе тыквы сорт Мраморная зависит от концентрации наносимого на растение раствора. Различия между контролем и изучаемыми вариантами в накоплении кадмия в стебле составили соответственно в 1,1 и 1,5 раза, для листьев это различие составило соответственно по вариантам в 1,2 и 1,7 раза (Рисунок 37).

В результате выполненного нами эксперимента определено различие в накоплении кадмия в плодах тыквы в зависимости от концентрации его в растворе, нанесенного на растение. Накопление кадмия в плодах оказалось выше контроля в первом варианте в 1,6 раза, а во втором варианте – в 3,0 раза (Рисунок 37).

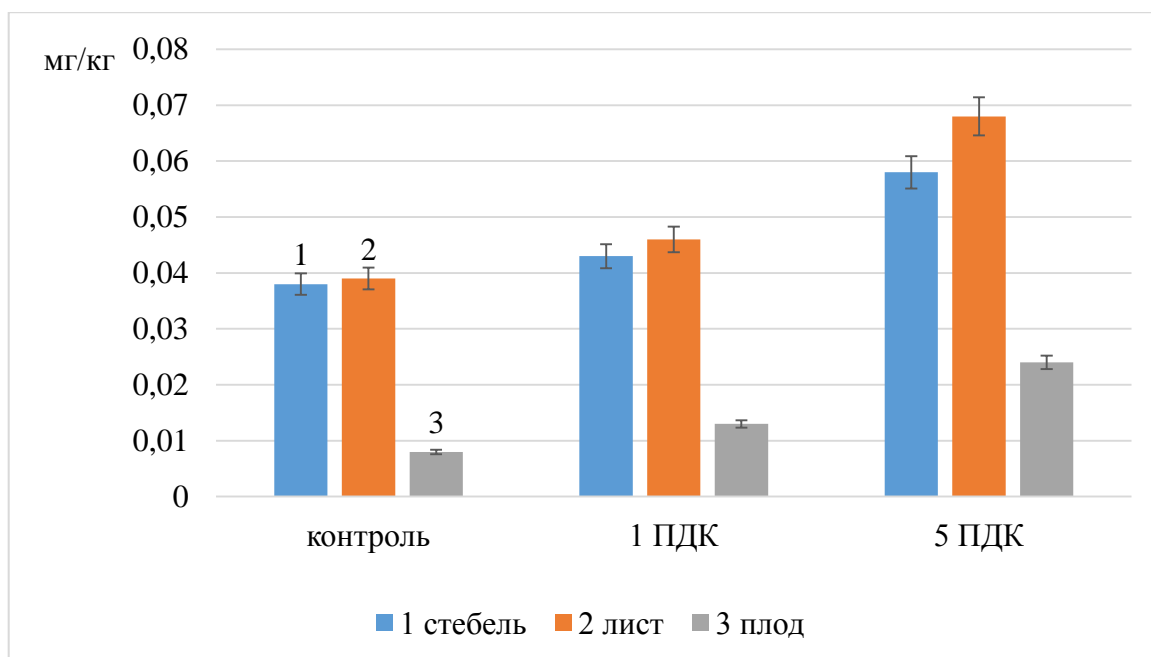


Рисунок 37 – Накопление кадмия в вегетативных и генеративных органах тыквы сорт Мраморная в зависимости от различных концентраций его в осадках (лугово-черноземные почвы рисового севооборота), 2020 – 2022 гг [126, 127, 129]

Исследования для определения различий в накоплении кадмия, в зависимости от концентрации его в растворе, проведены на тыкве сорт Прикубанская, лугово-черноземные почвы рисового севооборота (Рисунок 38).

В результате выполненного нами в полевых условиях эксперимента установлено различие в накоплении кадмия в стебле и листе тыквы сорт Прикубанская в зависимости от концентрации нанесенного на растение раствора. При нанесении изучаемых растворов в 1ПДК и 5 ПДК различие в накоплении кадмия в стебле по изучаемым вариантам в сравнении с контролем соответственно составило в 1,1 и 1,2 раза, в листьях это различие составило соответственно – в 1,1 и 1,6 раза (Рисунок 38).

Накопление изучаемого тяжелого металла в плодах тыквы так же зависит от концентрации загрязненного раствора. Различие в содержании кадмия в плодах тыквы по изучаемым вариантам в сравнении с контролем соответственно составило в 1,4 и 2,1 раза (Рисунок 38).

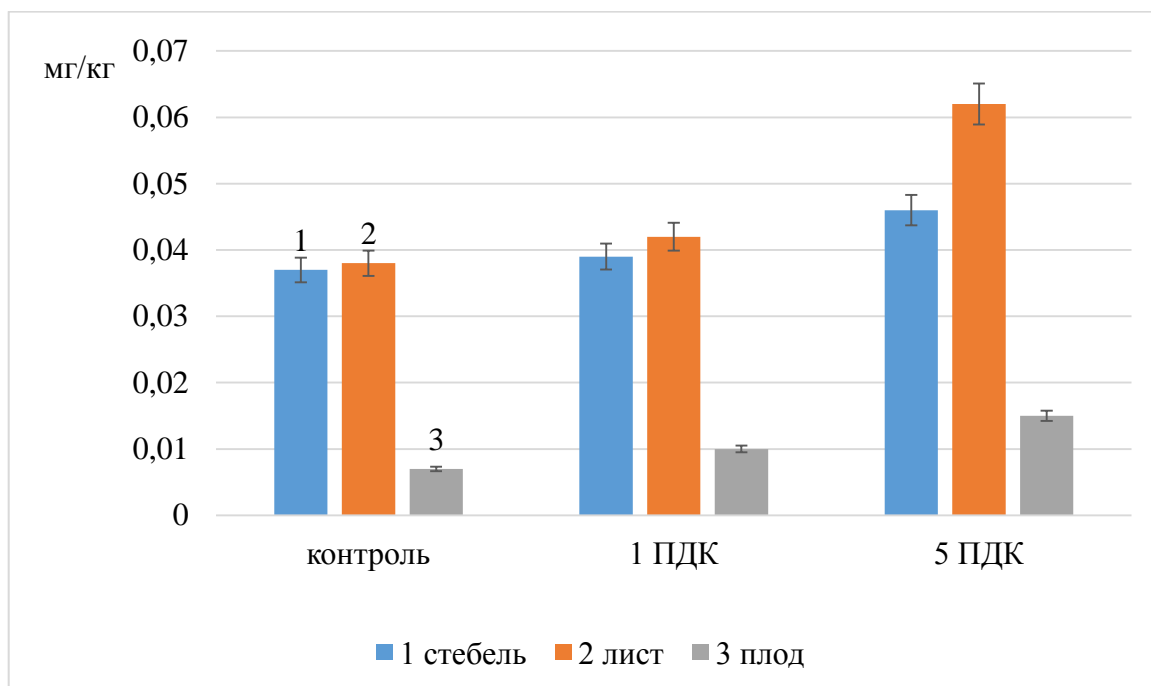


Рисунок 38 – Накопления кадмия в листьях и плодах тыквы сорт Прикубанская в зависимости от различных концентраций в осадках (лугово-черноземные почвы рисового севооборота), 2020 – 2022 гг [126, 127, 129]

Тыква, сорт Ромашечка местной селекции, в условиях изучаемой территории приобрел большую популярность. При довольно высокой урожайности он все чаще используется в овощном севообороте. Поэтому появилась задача выполнить исследования о возможном его выращивании на полях рисового севооборота. Этот сорт так же участвует в наших исследованиях, как имеющий большие перспективы по его дальнейшему выращиванию на Кубани. Исследования для определения различий в накоплении кадмия, в зависимости от концентрации его в растворе, проведены на тыкве сорт Ромашечка, лугово-черноземные почвы рисового севооборота (Рисунок 39).

«Различие в накоплении тяжелого металла в стебле между контролем и изучаемыми вариантами соответственно составило в 1,3 и 1,9 раза, для листвы эти показатели соответственно – в 1,5 и 2,3 раз. В плодах тыквы так же обнаружено

различие в накоплении тяжелого металла по изучаемым вариантам в сравнении с контролем соответственно – в 2,0 и 3,7 раза (Рисунок 39)» [126, 127, 129].

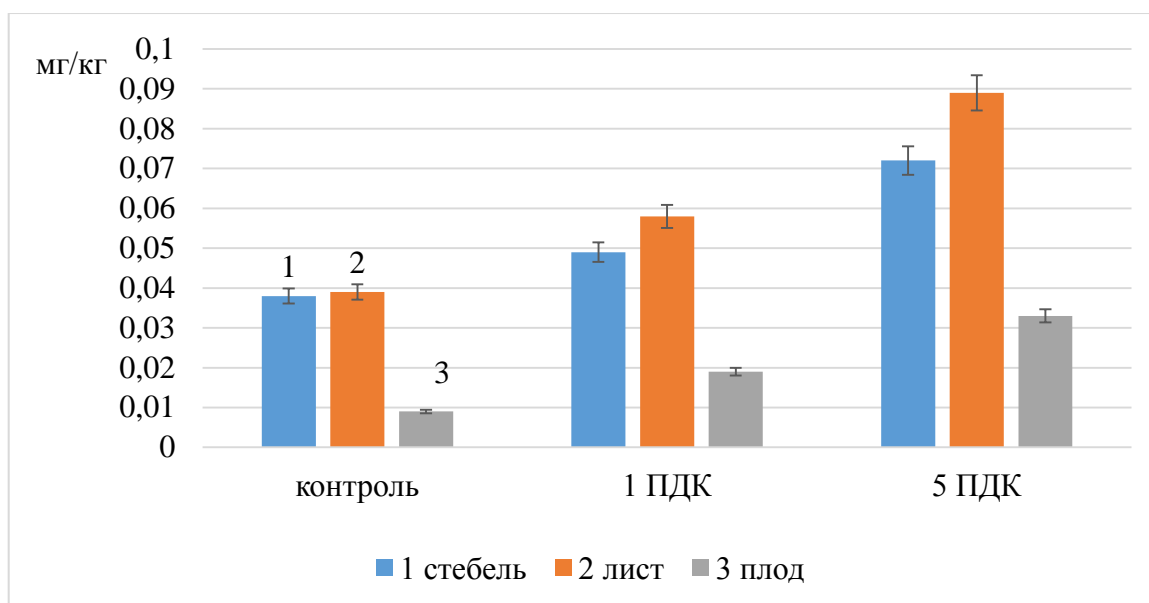


Рисунок 39 – Накопления кадмия в листьях и плодах тыквы сорт Ромашечка в зависимости от различных концентраций в осадках (лугово-черноземные почвы рисового севооборота), 2020 – 2022 гг [126, 127, 129]

В результате выполненного в полевых условиях эксперимента было установлено, что кадмий в зависимости от концентрации его в растворе по-разному накапливается в различных органах изучаемого растения.

Кроме того, накопление изучаемого тяжелого металла зависит от исследуемых сортов тыквы. Исследования, выполненные на трех сортах тыквы Мраморная, Прикубанская и Ромашечка достоверно позволили это установить.

Так же накопление кадмия в тыквенном растении зависит от почвенных условий. Исследования, выполненные на черноземе выщелоченном и лугово-черноземной почве рисового севооборота позволили дать это заключение. Так же можно утверждать, что лугово-черноземные почвы рисового севооборота не могут быть рекомендованы для выращивания тыквы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено, что при выращивании тыквы на почве чернозем выщелоченный в плодах больше накапливается меди и кадмия, чем при выращивании на лугово-черноземной почве рисового севооборота соответственно – в сорте Мраморная в 1,4 и 1,5 раза, в сорте Прикубанская – в 1,3 и 1,5 раз. Аналогичная тенденция по накоплению изучаемых тяжелых металлов в зависимости от почвенных разностей определена для вегетативных органов тыквы.

2. На лугово-черноземной почве рисового севооборота наибольшее влияние на биометрические показатели тыквы оказал кадмий – снижение биометрических показателей для сортов Мраморная, Прикубанская и Ромашечка соответственно составило – длины черешка листа на 3; 4 и 4 см, длина главной жилки листа на 2; 3 и 4 см, количество листьев на главном стебле на 4; 5 и 3 шт, зеленое покрытие на 8; 16 и 18 %, площадь листа на 21; 46 и 38 см<sup>2</sup>, длина стебля на 53; 55 и 29 см по сравнению с контролем.

3. Под влиянием концентрации меди в осадках в 5 ПДК снижение урожая тыквы сортов Мраморная и Прикубанская на почве чернозем выщелоченный соответственно составило на 10 % и 27 %, на лугово-черноземной почве рисового севооборота соответственно – на 30 и 43 %.

4. Сорт тыквы Мраморная отличается наибольшим накоплением меди в плодах в сравнении с сортом Прикубанская на почве чернозем выщелоченный и лугово-черноземной почве рисового севооборота, различие в содержании этого тяжелого металла при нанесении раствора в 1 ПДК соответственно составило на 33 и 22 %, в 5 ПДК – на 42 и 38 %.

5. Сорт тыквы Ромашечка отличается наибольшим накоплением кадмия в плодах в сравнении с сортом Мраморная и Прикубанская на лугово-черноземной почве рисового севооборота, различие в содержании тяжелого металла при нане-

сении раствора в 1 ПДК соответственно составило в 1,4 и 1,4 раза, в 5 ПДК – в 1,8 и 2,2 раза.

6. В зависимости от концентрации нанесенного раствора на растение в 1 и 5 ПДК установлено различие в содержании меди в плодах тыквы сорта Мраморная, которое составило соответственно в 2,9 и 6,3 раз в сравнении с контролем, для сорта Прикубанская это различие составляет в 2,1 и 4,0 раза, на почве чернозем выщелоченный. На лугово-черноземной почве рисового севооборота для сорта Мраморная, различие составило соответственно в 2,4 и 5,0 раз в сравнении с контролем, для сорта Прикубанская это различие составляет в 2,0 и 3,2 раза.

7. В зависимости от концентрации нанесенного раствора на растение в 1 и 5 ПДК определено различие в содержании кадмия в плодах тыквы сорта Мраморная, которое составило соответственно в 2,0 и 4,0 раз в сравнении с контролем, для сорта Прикубанская это различие составляет в 1,7 и 3,3 раза, на почве чернозем выщелоченный. На лугово-черноземной почве рисового севооборота для сорта Мраморная, различие составило соответственно в 1,6 и 3,0 раз в сравнении с контролем, для сорта Прикубанская это различие составляет в 1,4 и 2,1 раза, для сорта Ромашечка – в 2,0 и 3,7 раза.

8. Разработаны предложения по выращиванию тыквы в условиях юга России при комплексном влиянии тяжелых металлов.

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

По выполненным исследованиям разработаны предложения по выращиванию тыквы в условиях юга России при комплексном влиянии тяжелых металлов:

- При выращивании тыквы на почве чернозем выщелоченный, при отсутствии дополнительных факторов загрязнения (аэральный путь) рекомендуется сорт Прикубанская, так как при соблюдении агротехники выращивания возможно получить оптимальный урожай;

- Не рекомендуется выращивать изученные сорта тыквы на лугово-черноземной почве рисового севооборота, так как происходит большая потеря урожая даже без аэрального их загрязнения тяжелыми металлами. Наибольшая потеря урожая отмечена для сорта Ромашечка – до 67 % от заявленной по сорту;

- При выпадении осадков, загрязненных изучаемыми тяжелыми металлами, в пищу для человека рекомендуется использовать плоды сорта Прикубанская, в связи с меньшим в них накоплением меди и кадмия, на почве чернозем выщелоченный;

- Содержание изученных тяжелых металлов в вегетативных органах тыквы исследованных сортов растений не превышает ПДК, поэтому после сбора урожая, выращенного на почве чернозем выщелоченный и лугово-черноземной почве рисового севооборота, не требуется дополнительных мероприятий по ее утилизации;

- При составлении рекомендаций по использованию тыквы в пищу, следует учитывать, что в плодах сорта Мраморная больше накапливается меди при выращивании ее на почве чернозем выщелоченный, наибольшим накоплением кадмия в плодах отличается сорт Ромашечка.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Аветисян, А. А. Содержание тяжелых металлов (свинец и кадмий) в почвах и растениях нетрадиционных кормовых культур, и их эколого-токсикологическая оценка в лесостепи Восточной Сибири / А. А. Аветисян, В. А. Колесников, А. Т. Аветисян // Вестник КрасГАУ. 2017. № 6(129). – С.17 – 27.
2. Агрэкология: учеб. для вузов / В. А. Черников, А. И. Чекерес. – М.: КолосС, 2000. – 536 с.
3. Агрэкология: методология, технология, экономика / В. А. Черников, И. Г. Грингоф, В. Т. Емцев. – М.: КолосС, 2004. – 400 с.
4. Аконов, Э. И. О круговороте тяжелых металлов в биосфере / Э. И. Аконов. Биохимические циклы в биосфере. М.: Наука, 1976. – С.272 – 284.
5. Алексахин, Р. М. Некоторые актуальные вопросы почвенной химии естественных и искусственных радионуклидов и их накопления сельскохозяйственными растениями / Р. М. Алексахин // Почвоведение. – 1975. – №11. – С.15 – 18.
6. Алексеев, Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю. В. Алексеев. Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
7. Алексеенко, В. А. Цинк и кадмий в окружающей среде / В. А. Алексеенко. М: Наука, 1992. – 197 с.
8. Алипбеков, О. А. Миграция  $^{147}\text{Pm}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в почве под влиянием диффузионных процессов / О. А. Алипбеков, Б. И. Жуков // Тезисы докладов Второй Всесоюзной конф. по сельскохозяйственной радиологии, Обнинск. – 1984. – Т.1. – С.28.
9. Андриевская, Л. П. Накопление тяжелых металлов в агроландшафтах Нижнего Поволжья / Л. П. Андриевская // Основы достижения устойчивого развития сельского хозяйства. Волгоград: ВГСХА, 2004. – С.107 – 109.

10. Бахнов, В. К. Содержание микроэлементов меди и марганца в торфяных почвах Барабинской низменности / В. К. Бахнов // Микроэлементы в почвах, растительности и водах южной части Западной Сибири. Новосибирск, 1971. – С.17 – 27.
11. Безуглова, О. С. Гумусное состояние почв Юга России / О. С. Безуглова. Ростов н/Д: изд-во СКНЦ ВШ, 2001. – 221 с.
12. Бингам, Ф. Т. Токсичность металлов в сельскохозяйственных культурах / Ф. Т. Бингам, Ф. Д. Перья, У. М. Джерелл // Некоторые вопросы токсичности ионов металлов. М.: Мир, 1993. – С.101 – 130.
13. Битюцкий, Н. П. Микроэлементы и растения / Н. П. Битюцкий. – СПб., Изд-во СПбУ, 1999. – 232 с.
14. Бойко, Т. Ф. Трансформация гумуса в почвах дельты р. Кубань при возделывании риса / Т. Ф. Бойко, И. Д. Черниченко, К. М. Авакян // Почвоведение. – 1992. – №9. – С.152 – 158.
15. Бойченко, Е. А. Соединения металлов в эволюции растений в биосфере / Е. А. Бойченко // Изв. АН СССР. Сер. биол. 1976. – № 3. – С.378 – 385.
16. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв и грунтов / А. Ф. Вадюнина, З. Н. Корчагина. – М.: Высш. шк., 1973. – 399 с.
17. Вальков, В. Ф. Генезис почв Северного Кавказа / В. Ф. Вальков. – Ростов-Дон, 1976. – 160 с.
18. Вальков, В. Ф. Почвы и сельскохозяйственные растения / В. Ф. Вальков. – Ростов н/Д: изд-во РГУ, 1992. – 215 с.
19. Вальков, В. Ф. Почвы Краснодарского края, их использование и охрана / В. Ф. Вальков, Ю. А. Штомпель, И. Т. Трубилин, Н. С. Котляров. Ростов н/Д: изд-во СКНЦ ВШ. – 1996. – 190 с.
20. Вальков, В. Ф. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на фитотоксичность чернозема / В. Ф. Вальков, С. И. Колесников, К. Ш. Казеев // Агрохимия. – 1997. – № 6. – С.50 – 55.

21. Вальков, В. Ф. Почвы юга России: классификация и диагностика / В. Ф. Вальков, С. И. Колесников, К. Ш. Казеев. Ростов н/Д: изд-во СКНЦ ВШ. – 2002. – 160 с.
22. Варшал, Г. М. О возможных формах миграции рутения в поверхностных водах и почвах / Г. М. Варшал // Геохимия. – 1972. – №8. – С.12 – 14.
23. Вильямс, В. Р. Почвоведение / В. Р. Вильямс. – М.: ГИСХЛ, 1949. – Т.2. – С.394 – 417.
24. Виноградов, А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / А.П. Виноградов. – М.: АН СССР, 1957. – 236 с.
25. Воскресенская, О. Л. Накопление тяжелых металлов почвой и растениями в местах сбора и временного хранения твердых бытовых отходов / О. Л. Воскресенская, В. С. Воскресенский, Е. А. Алябышева // Современные проблемы науки и образования. 2013. – № 2. – С.40 – 46.
26. Галиулин, Р. В. Фитоэкстракция тяжелых металлов из загрязненных почв // Р. В. Галиулин, Р. А. Галиулина // Агрохимия. – 2001. – №3. – С.57 – 61.
27. Гаркуша, И. Ф. Почвоведение / И. Ф. Гаркуша. – Л.-М.: Сельхозиздат, 1962. – 276 с.
28. Гармаш, Г. А. Содержание свинца и кадмия в различных частях картофеля и овощей, выращенных на загрязненной этими металлами почве / Г. А. Гармаш // Химические элементы в системе почва – растение. – Новосибирск, 1982. – С.105 – 110.
29. Гармаш, Г. А. Накопление тяжелых металлов в почвах и растениях вокруг металлургических предприятий: Автореферат дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 1985. – 16 с.
30. Гедройц, К. К. Учение о поглотительной способности почв / К. К. Гедройц. – М.: Сельхозгиз, 1955. – Т.1. – С.241 – 384.
31. Глинушкин, А. П. Фитосанитарные и гигиенические требования к здоровой почве / А. П. Глинушкин, М. С. Соколов, Е. Ю. Торопова. – М.: Издательство Агрорус, 2016. – 288 с.

32. ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. М. – 2006.
33. Голдовская, Л. Ф. Химия окружающей среды / Л. Ф. Голдовская. М.: Мир, 2005. – 296 с.
34. Головатый, С. Е. Поступление кадмия в сельскохозяйственные растения / С. Е. Головатый, П. Ф. Жигарев, Л. И. Панкратская // Агрехимия. – 2000. – №1. – С. 81 – 85.
35. Головки, Т. Тяжелые металлы в окружающей среде и растительных организмах / Т. Головки, Е. Гармаш, С. Скугорева // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. 2008. – С.2 – 7.
36. Горбунов, Н. И. Минералогия и физическая химия почв / Н. И. Горбунов. М., 1978. – 293 с.
37. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году». – М.: Минприроды России; НИА-Природа. – 2016. – 639 с.
38. Гришин, А. И. Закономерности накопления  $^{60}\text{Co}$  и  $^{65}\text{Zn}$  из поливной воды овощными растениями / А. И. Гришин // Агрехимия. – 1978. – №10. – С.113 – 117.
39. Губин, А. Н. Кадмий в системе: торфяная низинная почва – растение / А. Н. Губин // Плодородие. 2007. – №2. – С.35 – 36.
40. Дабахов, М. В. Экологическая оценка почв урбанизированных ландшафтов / М. В. Дабахов. Н.Новгород, 2014. – 300 с.
41. Девятова, Т. А. Экологическое нормирование содержания тяжелых металлов в черноземах / Т. А. Девятова, Ю. И. Дудкин, Н. В. Стороженко // Тез. Междунар. симп. «Тяжелые металлы в окружающей среде». – Пущино, 1996. – С.109 – 110.
42. Добровольский, В. В. Глобальные циклы миграции тяжелых металлов / В. В. Добровольский // Развитие идей В. И. Вернадского в геологических науках. – М.: Наука, 1991. – С.86 – 96.

43. Добровольский, В. В. Биосферные циклы тяжелых металлов и регуляторная роль почвы / В. В. Добровольский // Почвоведение. 1997. – №4. – С.43 – 441.
44. Добровольский, Г. В. Место и роль почвы в биосфере и жизни людей / Биосфера – почвы – человечество: устойчивость и развитие / Г. В. Добровольский М.: Фонд «Инфосфера». НИА-Природа, 2011. – С.5 – 14.
45. Добровольский, Г. В. Глобальный характер угрозы современной деградации почвенного покрова: структурно-функциональная роль почвы в биосфере / Г. В. Добровольский. – М.: ГЕОС, 1999. – С.209 – 216.
46. Добровольский, В. В. Ландшафтно-геохимические критерии оценки загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами / В. В. Добровольский // Почвоведение. – 1999. – №5. – С.639 – 645.
47. Добровольский, Г. В. Педосфера – оболочка жизни планеты Земля / Г. В. Добровольский // Биосфера, 2009. – Т. 1. – № 1. – С.6 – 14.
48. Доклад «О состоянии природопользования и об охране окружающей среды Краснодарского края в 2016г». – Краснодар: Пересвет, 2017. – 380 с.
49. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: «Колос», 1968. – 336 с.
50. Евдокимова, Г. А. Действие меди и никеля на биологические процессы в подзолистой почве // Тез. докл. 8 Всес. съезда почвовед. Кн. 2. Новосибирск, 1989. – С.284.
51. Енкина, О. В. Микробиологические аспекты сохранения плодородия черноземов Кубани / О. В. Енкина, Н. Ф. Коробской. Краснодар, 1999. «Агропромиздат». – С.150.
52. Живчиков, В. Г. Изменение гумусового состояния черноземов выщелоченных Западного Предкавказья при различных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук 06.01.03 / В. Г. Живчиков. – Краснодар: КубГАУ, 2001. – 25 с.
53. Забазный, П. А. Краткий справочник агронома / П. А. Забазный. – М.: «Колос», 1983. – 320 с.

54. Заруднев, Ю. И. Содержание тяжелых металлов в почве и растениях при внесении дефеката / Ю. И. Заруднев // Плодородие. – 2006. – № 4. – С.2 – 3.
55. Захаров, А. И. Влияние ОСВ и различных видов органических удобрений на содержание ТМ в почве и поступление их в зерно озимой пшеницы / А. И. Захаров, С. Н. Никитин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. – № 4 (28). – С.10 – 13.
56. Зборищук, Ю. Н. Среднее содержание В, Mn, Co, Cu, Zn, Mo и J в почвах европейской части СССР // Агрохимия. 1974. – № 3. – С.88 – 94.
57. Зырин, Н. Г. Распределение и варьирование содержания микроэлементов в почвах Русской равнины / Н. Г. Зырин // Почвоведение. 1968. – № 7. – С.77 – 87.
58. Зырин Н. Г. Нормирование содержания тяжелых металлов в системе почва – растение / Н. Г. Зырин, Е. В. Каплунова, А. В. Сердюкова // Химия в сельском хозяйстве. – 1985. – № 6. – С.45 – 48.
59. Иванова, Е. Н. Классификация почв СССР / Е. Н. Иванова. М.: Наука, 1976. – 225 с.
60. Ильин, В. Б. К вопросу о разработке ПДК тяжелых металлов в почвах / В. Б. Ильин // Агрохимия. 1985. – №11. – С.94 – 101.
61. Ильин, В. Б. О нормировании тяжелых металлов в почве / В. Б. Ильин // Почвоведение. 1987. – №9. – С.90 – 98.
62. Ильин, В. Б. Тяжелые металлы в системе почва-растения / В. Б. Ильин. Новосибирск: Наука, 1991. – 151 с.
63. Ильин, В. Б. Оценка существующих нормативов содержания тяжелых металлов в почве / В. Б. Ильин // Агрохимия. 2000. – № 9. – С.74 – 79.
64. Исидоров, В. А. Введение в химическую экотоксикологию / В. А. Исидоров. СПб.: Химиздат, 1999. – 144 с.
65. Кайгородов, Р. В. Устойчивость растений к химическому загрязнению: учеб. пособие / Р. В. Кайгородов. Пермь, 2010. – 151 с.
66. Караваева, Е. Н. Экспериментальное изучение влияния влажности почвы на поведение радиоизотопов стронция, цезия и церия в модельных системах поч-

ва– раствор и почва – растение / Е.Н. Караваева // Автореф. канд. дис. – Свердловск, 1973.

67. Караваева, Е. Н. Поведение радиоактивных и стабильных изотопов Са в системе почва – раствор – растение при различном почвенном увлажнении / Е. Н. Караваева // Экология. – 1976. – №2. – С.19 – 21.

68. Кашулина, Г. М. Экстремальное загрязнение почв выбросами медно-никелевого предприятия на Кольском полуострове / Г. М. Кашулина // Почвоведение. 2017. – № 7. – С.860 – 873.

69. Квеситадзе, Г. И. Метаболизм антропогенных токсикантов в высших растениях / Г. И. Квеситадзе, Г. А. Хатисашвили, Т. А. Садунишвили. М.: Наука, 2005. – 199 с.

70. Киричкова, И. В. Влияние видового состава и продолжительности жизни использования многолетних трав на содержание тяжелых металлов / И. В. Киричкова // Вестник СГАУ. – 2008. – №3. – С.25 – 30.

71. Кирюшин, В. И. Понятия почвенного плодородия и качества земли в свете биосферной парадигмы природопользования. «Биосфера – почвы – человечество: устойчивость и развитие» / В. И. Кирюшин. – М.: Фонд «Инфосфера». НИИ-Природа, 2011. – С.202 – 209.

72. Классификация почв России. М.: Почвенный институт им. В. В. Докучаева РАСХ, 2000. – 325 с.

73. Ковалевский, А. Л. О физиологических барьерах поглощения у растений по отношению к большим концентрациям урана в питающей среде / А. Л. Ковалевский. Сыктывкар, 1973. – С.92 – 94.

74. Ковальский, В. В. Пороговые концентрации химических элементов в почвах и возможные реакции организмов / В. В. Ковальский // Микроэлементы в биосфере и их применение в сельском хозяйстве и медицине Сибири и Дальнего Востока. – Улан-Удэ, 1973. – С.30 – 39.

75. Ковальский, В. В. Геохимическая экология / В. В. Ковальский. – М.: Знание, 1973. – С.11.

76. Ковальский, В. В. Микроэлементы в почвах СССР / В. В. Ковальский, Г.А. Андрианова. – М.: Наука, 1970. – 180 с.
77. Ковда, В. А. Биогеохимия почвенного покрова / В. А. Ковда. – М.: Наука, 1995. – 248 с.
78. Колесников, С. И. Оценка устойчивости почв юга России к химическому загрязнению / С. И. Колесников // Научный журнал КубГАУ. – 2013. – №91. – С.398 – 408.
79. Коломийцева, М. Г. Содержание и соотношение некоторых микроэлементов (йода, фтора, меди и кобальта) во внешней среде и тканях человека в районах зобной эндемии (по материалам Алтайского края): автореф. дисс. ... докт. биол. наук. М., 1961. – 21 с.
80. Корельская, Т. А., Попова Л. Ф. Тяжелые металлы в почвенно-растительном покрове селитебного ландшафта города Архангельска / Т. А. Корельская, Л. Ф. Попова // Арктика и Север. 2012. – № 7. – С.136 – 152.
81. Корнеев, Н. А. Глина – естественный сорбент цезия-137 / Н. А. Корнеев, А. А. Романенко, А. В. Васильев // Аграрная наука. – 1995. – №1. – С.24.
82. Корнеев, Н. А. Роль чернозема в проблемах радиозэкологии / Н. А. Корнеев // Аграрная наука. – 1996. – №3. – С.20 – 21.
83. Котлярова, О. Г. Влияние тяжелых металлов на урожайность и качество картофеля / О. Г. Котлярова, С. Д. Лицуков, Е. Г. Котляров // Достижение науки и техники в АПК. 2003. – № 8. – С.10 – 12.
84. Криволицкий, Д. А. Почвенная фауна в экологическом контроле / Д. А. Криволицкий. – М.: Наука, 1994. – 270 с.
85. Кузнецов, И. П. Тяжелые металлы в почвах Рязанской области // Химия в сельском хозяйстве 1995. – №5. – С.22 – 25.
86. Кузнецов, В. В. Физиология растений: учеб. для вузов / В. В. Кузнецов, Г. А. Дмитриева. М.: Высшая школа, 2005. – С.615 – 713.
87. Ладонин, В. Ф. Влияние комплексного применения средств химизации на содержание тяжелых металлов в почве и растениях / В. Ф. Ладонин // Химия в сельском хозяйстве. – 1995. – №4. – С.32 – 35.

88. Лакин, Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1980. – 294с.
89. Лукин, С. В. Накопление кадмия в сельскохозяйственных культурах в зависимости от уровня загрязнения почвы / С. В. Лукин, В. Е. Явтушенко, И. Е. Солдат // Агрехимия. – 2000. – №2. – С.73 – 77.
90. Лупина, А. А. Содержание тяжелых металлов в почвах предгорных районов Краснодарского края /А. А. Лупина, И. Е. Ляшенко, В. Н. Бегунов // Агрехимический вестник. 2002. – № 3. – С.20 – 21.
91. Маликов, В. Г. Накопление  $^{90}\text{Sr}$  в урожае сельскохозяйственных культур в зависимости от физико-химических свойств почв Северного Кавказа / В. Г. Маликов, Л. В. Перепелятникова, Б. И. Жуков // Всесоюзной конф. сельскохозяйственной радиологии. – Обнинск, 1979. – С.153.
92. Матвеев, Ю. М. Проблемы нормирования содержания химических элементов в почвах / Ю. М. Матвеев, И. В. Попова, О. В. Чернова // Агрехимия. – 2001. – №12. – С.54 – 60.
93. Медведев, В. Т. Охрана труда и промышленная экология / В. Т. Медведев, С. Г. Новиков, А. В. Каралюнец, Т. Н. Маслова. – М.: Академия, 2012. – С. 286.
94. Медведев, И. Ф. Тяжелые металлы в экосистемах / И. Ф. Медведев, С. С. Деревягин. – Саратов: «Ракурс», 2017. – 178 с.
95. Мельченко, А. И. Миграция радионуклидов в орошаемом агрофитоценозе: автореф. дис. ... канд. биол. наук / А. И. Мельченко. – Краснодар, 1994. – 28 с.
96. Мельченко, А. И. Миграция радионуклидов в агроэкоценозах в условиях лесостепной и степной черноземной биогехимической зоны юга России / А. И. Мельченко // Диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых». 2017. – 395 с.
97. Мельченко, А. И. Поступление искусственных и тяжёлых естественных радионуклидов в овощные культуры при орошении / А. И. Мельченко // Агрехимия. – 1990. – №8. – С.110 – 115.

98. Мельченко, А. И. Миграция радионуклидов в орошаемом агрофитоценозе при использовании сбросных вод ПЯТЦ / А. И. Мельченко // Всесоюзная конф. «Проблемы ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС в агропромышленном производстве – пять лет спустя: итоги, проблемы и перспективы». – Обнинск, 1991. – Т.1. – С.57.

99. Мельченко, А. И. Миграция радионуклидов и тяжёлых металлов в орошаемом агрофитоценозе при использовании сбросных вод предприятий полного ядерного топливного цикла / А. И. Мельченко, В. Г. Маликов // Международный симпозиум. – Пущино, 1996. – С.34 – 35.

100. Мельченко, А. И. Накопление радионуклидов в сельскохозяйственных культурах в зависимости от времени их контакта с растениями / А. И. Мельченко // Труды Кубанского государственного аграрного университета 4(31). – Краснодар, 2011. – С.157 – 162.

101. Мельченко, А. И. Влияние кратности полива водой, содержащей радионуклиды, на накопление их в разных органах сельскохозяйственных растений / А. И. Мельченко // Труды Кубанского государственного аграрного университета 4(31). – Краснодар, 2011. – С.181 – 186.

102. Мельченко, А. И. Накопление радионуклидов в сельскохозяйственных растениях в зависимости от их биологических особенностей / А. И. Мельченко // Труды Кубанского государственного аграрного университета 6(33). – Краснодар, 2011. – С.83 – 89.

103. Мельченко, А. И. Влияние способов полива водой, содержащей радионуклиды, на накопление их в разных органах сельскохозяйственных растений / А. И. Мельченко // Труды Кубанского государственного аграрного университета 6(33). – Краснодар, 2011. – С.100 – 106.

104. Мельченко, А. И. Накопление радионуклидов в сельскохозяйственных растениях в зависимости от физико-химических свойств радионуклидов / А. И. Мельченко // Труды Кубанского государственного аграрного университета 1(34). – Краснодар, 2012. – С.91 – 99.

105. Методические и организационные основы проведения агроэкологического мониторинга в интенсивном земледелии (на базе географической сети опытов) / Н. З. Милащенко, Ш. И. Литвака. М. – 1992. – 536 с.

106. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. Центральный институт агрохимического обслуживания сельского хозяйства. М., 1992.

107. Минеев, В. Г. Почвы, климат, удобрения и урожай / В. Г. Минеев, В. Д. Панников. – М.: Агропромиздат, 1987. – 512 с.

108. Минкина, Т. М. Влияние аэротехногенных выбросов на содержание тяжелых металлов в травянистых растениях Нижнего Дона / Т. М. Минкина, С. С. Манджиева, В. А. Чаплыгин, Г. В. Мотузова, М. В. Бурачевская, Т. В. Бауэр, С. Н. Сушкова, Д. Г. Невидомская // Почвоведение, 2017. – №6. – С.759 – 768.

109. Моисеев, И. Т. О влиянии влажности почвы на поступление  $^{137}\text{Cs}$  в сельскохозяйственные растения / И.Т. Моисеев // Агрохимия. – 1974. – №7. – С.124 – 127.

110. Мотузова, Г. В. Экологический мониторинг почв / Г. В. Мотузова, О. С. Безуглова. – М.: Академический Проект, Гаудеамус, 2007. – 237 с.

111. Научные основы рационального использования и повышения производительности почв Северного Кавказа. Ростов н/Д, 1983. – 205 с.

112. Научные основы мониторинга земель Российской Федерации / А. Н. Каштанова. М. – 1992. – 176 с.

113. Неделин, Н. А. Биологическая диагностика почвы техногенно-загрязненного ландшафта / Н. А. Неделин, М. В. Чижевская, Н. В. Фомина // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2013. – №9. – С.278 – 279.

114. Никитин, С. Н. Влияние средств химизации и биологизации на изменение содержания свинца и кадмия в зерне сельскохозяйственных культур / С. Н. Никитин // Земледелие. – 2014. – № 8. – С.35 – 37.

115. Никитин, С. Н. Влияние диатомита на содержание тяжелых металлов в почве и в зерне озимой пшеницы / С. Н. Никитин // Достижения науки и техники АПК. 2015. – Т. 29. – № 10. – С.43 – 45.
116. Никитин, С. Н. Влияние удобрений, диатомита и биопрепаратов на содержание тяжелых металлов в зерне культур севооборота / С. Н. Никитин // Пища. Экология. Качество: Труды XIII международной научно-практической конференции. Ульяновск. – 2016. – С.391 – 396.
117. Новиков, Н. Н. Физиолого-биохимические основы формирования качества урожая сельскохозяйственных культур. Учеб. пособие. – М.: Изд-во МСХА, 1994. – 57 с.
118. Новиков, В. А. Техногенное воздействие тяжелых металлов / В. А. Новиков, М. Я. Трemasов // Ветеринария. 2004. – № 11. – С.51 – 55.
119. Овчаренко, М. М. Тяжелые металлы в системе почва-растение-удобрение / М. М. Овчаренко. М., 1997. – 290 с.
120. Орлов, Д. С. Химия почв: учебник / Д. С. Орлов, Л. К. Садовникова, Н. И. Суханова. – М.: Высш. шк., 2005. – 558 с.
121. Отчёт. Эколого-геохимическое обследование состояния территорий с интенсивной антропогенной нагрузкой. Саратов, 2007. – 107 с.
122. Павлоцкая, Ф. И. Миграция радиоактивных продуктов глобальных выпадений в почвах / Ф. И. Павлоцкая. – М.: Атомиздат, 1974. – 215 с.
123. Панин, М. С. Аккумуляция тяжелых металлов растениями Семипалатинского полигона / М. С. Панин. Семипалатинск, 1999. – 308 с.
124. Парасюта, А. Н. Влияние многолетнего применения удобрений на накопление тяжелых металлов в черноземе выщелоченном / А. Н. Парасюта, А. И. Столяров, В. П. Суетов // Агрохимия. – 2000. – №11. – С.62 – 65.
125. Перельман, А. И. Геохимия ландшафта / А. И. Перельман, Н. С. Касимов. – М.: Астрей-2000, 1999. – 768 с.
126. Погорелов, А. В. Тяжелые металлы в окружающей среде и их влияние на сельскохозяйственные растения / А. В. Погорелов, А. И. Мельченко, В. Э. Лазько, В. И. Шматок // Рисоводство. 2021. – № 4 (53). – С. 54 – 61.

127. Погорелов, А. В. Содержание в вегетативной массе тыквенных растений тяжелых металлов при нанесении их способом дождевания / А. В. Погорелов, М. М. Брантова, А. И. Мельченко, Т. В. Князева // Новые технологии (New technologies). 2022. – №18(4). – С.192 – 200.

128. Погорелов, А. В. Влияние сорта на накопление меди в плодах тыквы при аэральном загрязнении / А. В. Погорелов, А. И. Мельченко, В. А. Погорелова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2024. – № 6 (110). – С. 67 – 72.

129. Погорелов, А. В. Накопление кадмия в тыквенных растениях в зависимости от сорта и концентрации его в атмосферных осадках / А. В. Погорелов, А. И. Мельченко, В. А. Погорелова // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2025. – №1. – С. 83 – 94.

130. Почвоведение (почвы Северного Кавказа): учеб. для вузов / В. Ф. Вальков, Ю. А. Штомпель, В. И. Тюльпанов. – Краснодар: Сов. Кубань, 2002. – 728 с.

131. Прасад, М. Н. Практическое использование растений для восстановления экосистем, загрязненных металлами / М. Н. Прасад // Физиология растений. 2003. – Т. 50. № 5. – С.764 – 780.

132. Просяникова, О. И. Тяжелые металлы в почве и урожае / О. И. Просяникова, В. С. Анохин // Агрехимический вестник. – 1999. – №4. – С.15 – 18.

133. Протасова, Н. А. Химические элементы в жизни растений / Н. А. Протасова, А. Б. Беляев // Соросовский образовательный журнал. – 2001. – №3. – С.25 – 32.

134. Протасова, Н. А. Микроэлементы (Cr, V, Ni, Mn, Zn, Cu, Co, Ti, Zr, Ga, Be, Sr, Ba, B, I, Mo) в черноземах и серых лесных почвах Центрального Черноземья / Н. А. Протасова. – Воронеж, 2003. – 368 с.

135. Прохоров, В. М. Связь между адсорбцией и скоростью диффузии микроколичеств стронция в почве / В. М. Прохоров // Радиохимия. – 1966. – Т.8. – №6. – С.695.

136. Радиоэкология орошаемого земледелия / Р. М. Алексахин, О. И. Буфатин, В. Г. Маликов. М.: Энергоатомиздат, 1985. – 224 с.
137. Ратников, А. Н. Урожай ячменя и биологическая активность почвы при загрязнении ТМ / А. Н. Ратников // Плодородие. 2005. – № 4. – С.15 – 16.
138. Ратников, А. Н. Влияние Cd, Zn, Cu на продуктивность зерновых культур и биоактивность почвы / А. Н. Ратников // Плодородие. 2007. – №3. – С.39 – 40.
139. Реймерс, Н. Ф. Природопользование: слов. справ. / Н. Ф. Реймерс. – М.: Мысль, 1990. – 638 с.
140. Рубин Б. А. Физиология и биохимия дыхания растений / Б. А. Рубин, М. Е. Ладыгина. М.: Изд-во МГУ, 1974. – 512 с.
141. Руденко, Н. Е. Технология посева и способы обработки почвы как факторы ресурсосбережения и экологизации выращивания овощных культур / Н. Е. Руденко // Технологии и агроприемы выращивания и хранения овощных и бахчевых культур. М.: ВНИИО, 1999. – С.15 – 19.
142. Сапрыкин, Ф. Я. Геохимия почв и охрана природы / Ф. Я Сапрыкин. – Л.: Недра, 1984. – 231 с.
143. Свет, Ю. Е. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Свет. М., 1990. – 335 с.
144. Семенов, А. М. Концепция здоровья почвы: фундаментально-прикладные аспекты обоснования критериев / А. М. Семенов, М. С. Соколов // Агрохимия, 2016. – № 1. – С.3 – 16.
145. Середина, В. П. Загрязнение почв. Учеб пособие / В. П. Середина. – Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2015. – 346с.
146. Селезнева, Е. М. Влияние кадмия на некоторые морфофизиологические и биохимические показатели ячменя / Е. М. Селезнева // Агрохимия. 2008. – № 4. – С.82 – 86.
147. Сепов, М. Особенности накопления тяжелых металлов в организме человека // Охрана труда и техника безопасности в сельском хозяйстве. 2004. – № 3. – С.43 – 48.

148. Симакин, А. И. Агрохимическая характеристика кубанских черноземов и удобрения / А. И. Симакин. – Краснодар, 1969. – С.16.
149. Симакин, А. И. Удобрение, плодородие почв и урожай / А. И. Симакин. – Краснодар, 1988. – 270 с.
150. Скарлыгина-Уфимцева, М. Д. Биогеохимические аспекты охраны биосферы / М. Д. Скарлыгина-Уфимцева // Проблемы охраны окружающей среды. – Л., 1980. – С.127 – 133.
151. Скурлатов, Ю. И. Введение в экологическую химию / Ю. И. Скурлатов, Г. Г. Дука, А. Мизити. – М.: Высшая школа, 1994. – 400 с.
152. Смирнова, О. Н. Основные промышленные ксенобиотики / О. Н. Смирнова, Е. И. Мельниченко // Гигиена труда. 1990. – № 7. – С.65 – 69.
153. Соколов, М. С. Здоровая почва как основа благополучия страны (на примере России) / М. С. Соколов // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии, 2011. – № 3. – С.89 – 97.
154. Соколов, М. С. Минимизация негативных социально-экологических последствий техногенеза в агрофере России (в развитие ноосферной концепции В. И. Вернадского) / М. С. Соколов, В. И. Глазко // Агрохимия, 2015. – № 3. – С.3 – 9.
155. Соколова, О. Я. Тяжелые металлы в системе элемент - почва - зерновые культуры / О. Я. Соколова, А. В. Стряпков, С. В. Антимонов, С. Ю. Соловых // Вестник ОГУ. 2006. – №4. – С.106 – 110.
156. Солнцева, Н. П. Эволюционные тренды почв в зоне техногенеза / Н. П. Солнцева // Почвоведение. 2002. – № 1. – С.9 – 20.
157. Степанюк, В. В. Влияние соединений кадмия на урожай и элементарный состав сельскохозяйственных культур / В. В. Степанюк // Агрохимия. – №6. – 1998. – С.78 – 79.
158. Стрельников, В. В. Миграция и накопление радионуклидов в окружающей среде (монография) / В. В. Стрельников, И. П. Прохоров, А. И. Мельниченко.– М.: МСХА им. К. А. Тимирязева, 2006. – 190 с.

159. Сучков, И. А. Эколого-геохимические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами / И. А. Сучков, В. П. Пунько, А. О. Кравчук // Метеорология, климатология и гидрология. 1999. – № 37. – С.54 – 63.
160. Сысо, А. И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области / А. И. Сысо, В. Б. Ильин. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 226 с.
161. Тараканов, Г. И. «Овощеводство» / Г. И. Тараканов, В. Д. Мухин. М., «Колос С», 2003. – 471 с.
162. Тарасенко, Б. И. Повышение плодородия почв Кубани / Б. И. Тарасенко. – Краснодар, 1981. – 146 с.
163. Тимофеев, А. Ф. Мелиорация сельскохозяйственных земель / А. Ф. Тимофеев. – М.: Колос, 1982. – 240 с.
164. Титов, А. Ф. Тяжелые металлы и растения / А. Ф. Титов, Н. М. Казнина, В. В. Таланова. – Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2014. – 194 с.
165. Титов, А. Ф. Устойчивость растений к тяжелым металлам / А. Ф. Титов, В. В. Таланова, Н. М. Казнина. – Петрозаводск, 2007. – 172 с.
166. Третьяков, Н. Н. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / Н. Н. Третьяков, А. С. Лосева. – М., «Колос», 2000. – 640 с.
167. Трубина, М. Р. Содержание тяжелых металлов в лекарственных растениях в зоне аэротехногенного воздействия Среднеуральского медеплавильного завода / М. Р. Трубина, Е. Л. Воробейчик // Растительные ресурсы. 2013. – Т.49. – №2. – С.203 – 222.
168. Тюрюканова, Э. Б. Исследование поведения радиоактивного стронция в почвах различных геохимических ландшафтов / Э. Б. Тюрюканова. – М.: Атомиздат, 1971. – С.16.
169. Физиология растений: учеб. / И. П. Ермаков. М.: Академия, 2005. – 640 с.
170. Хван, Т. А. Экология. Основы рационального природопользования / Т. А. Хван, М. В. Шинкина. – М.: Юрайт, 2012. – 320 с.

171. Химическое загрязнение почв и их охрана: словарь-справочник. М., 1991. – 303 с.
172. Цаценко, Л. В. Система тестов для оценки загрязнения компонентов агроценоза солями тяжелых металлов и пестицидами / Л. В. Цаценко, Н. Г. Малюга // Изв. вузов пищ. технология. 2000. – № 2. – С.106 – 108.
173. Цыганок, С. И. Определение содержания тяжелых металлов в почвах и растениях в зависимости от удаления от города Ульяновска / С. И. Цыганок // Адаптивные технологии производства качественного зерна в засушливом Поволжье. Саратов, 2004. – С.187 – 189.
174. Чиркова, Т. В. Физиологические основы устойчивости растений / Т. В. Чиркова. – СПб.: Изд-во СПбУ, 2002. – 244 с.
175. Чжоу Дунсин. Накопление тяжелых металлов в растениях при удобрении ОСВ и компостом / Дунсин Чжоу // Плодородие. 2006. – № 6. – С.25 – 26.
176. Чудинова, Л. А. Физиология устойчивости растений: учеб. пособие к спецкурсу / Л. А. Чудинова, Н. В. Орлова Перм. гос. ун-т. Пермь, 2006. – 124 с.
177. Шаркова, С. Ю. Воздействие ТМ на почвенную микрофлору / С. Ю. Шаркова // Плодородие. 2007. – №4. – С.40.
178. Шитов, Л. Л. Почвенный покров и земельные ресурсы Российской Федерации / Л. Л. Шитов, Н. В. Комов, А. З. Родин. М.:, 2001. – 398 с.
179. Штомпель, Ю. А. Охрана почв и рекультивация земель Северо-западного Предкавказья / Ю. А. Штомпель, Н. С. Котляров, В. И. Терпелец. – Краснодар: изд-во «Сов. Кубань», 2000. – 206 с.
180. Штомпель, Ю. А. Деградация почв и почвоводоохранное земледелие / Ю. А. Штомпель, Н. С. Котляров, А. И. Трубилин. Краснодар: изд-во «Сов. Кубань», 2001. – 520 с.
181. Шустов, С. Б. Химические основы экологии / С. Б. Шустов, Л. В. Шустова. – М.: Просвещение, 1995. – 240 с.
182. Юдин, Ф. А. Методика агрохимических исследований / Ф. А. Юдин. – М.: «Колос», 1971. – 272 с.

183. Юскаева, Г. И. Экологические аспекты возделывания яровой пшеницы на техногенно загрязненных почвах лесостепи Среднего Поволжья: авт. дисс. ... к.с.-х.н. Саратов. – 2004. – 19 с.
184. Ягодин, Б. А. Тяжелые металлы в системе почва-растение / Б. А. Ягодин // Химия в сельском хозяйстве. – 1996. – №5. – С.43 – 45.
185. Якушевская, И. В. Микроэлементы в природных ландшафтах / И. В. Якушевская. – М., 1973. – 100 с.
186. Andresen, E. Trace metal metabolism in plants / E. Andresen, E. Pelter, H. Kupper // J. Exp. Bot. 2018. – Vol. 69. – №5. – P.909 – 954.
187. Barcan, V. Leaching of nickel and copper from a soil contaminated by metallurgical dust / V. Barcan // Environmental International. 2002. – V. 28. – № 1. – P.63 – 68.
188. Bose S., Bhattacharyya A. Heavy metal accumulation in wheat plant grown in soil amended with industrial sludge / S. Bose, A. Bhattacharyya // Chemosphere. 2008. – №70. – P.1264 – 1274.
189. Chaplygin, V. The effect of technogenic emissions on the heavy metals accumulation by herbaceous plants / V. Chaplygin, T. Minkina, S. Mandzhieva, M. Burahevskaya, S. Sushkova, E. Poluektov, V. Kumacheva // Environmental monitoring and assessment. 2018. – Vol. 190. – № 3. – P.124.
190. Gollmick, F. Möglichkeiten und Grenzen der Pflanzenanalyse bei der Ermittlung des Miperalstoffbedarfs landwirtschaftlicher Kulturpflanzen / F. Gollmick, P. Neubert, H. P. Vielemeyer // Fortschrittsberichte für die Landwirtschaft und Nahrungsgüterwirtschaft. – 1970. – Bd. 8, №. 4. – P.5 – 83.
191. Jacobson, L. The uptake of plutonium and some products of nuclear fission absorbed on soil colloids / L. Jacobson // Soil Sci. – 1948. – V.65. – №2. – P.12.
192. Kabata-Pendias, A. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Kabata-Pendias, H. Pendias. – М.: Мир, 1989. – 440 с.
193. Kabata-Pendias, A. Trace elements in soil and plants / А. Kabata-Pendias, H. Pendias. – London: CRC Press, 2001. – 413 p.
194. Kupper, H. Mechanisms of metal toxicity in plants / H. Kupper,

E. Andresen // *Metallomics*. 2016. – №8. – P.269 – 285.

195. Lyanguzova, I. V. Dynamic trends of heavy metal contents in plants and soil under different industrial air pollution regimes / I. V. Lyanguzova // *Russ. J. of Ecology*. 2017. – V. 48. – № 4. – С.311–320.

196. Miao, Y. Long-term experiments for sustainable nutrient management in China / Y. Miao, B. A. Stewart, F. S. Zhang // *A review. Agron. Sustain. Dev.*, 2011. – V. 31. – № 2. – P.397 – 414.

197. Morera, M. T. Bioavailability of heavy metals in soils amended with sewage sludge / M. T. Morera, J. Echeverria, J. Garrido // *Canad. J. Soil Sc.* – 2002. – Vol. 82. – №4. – P.433 – 438.

198. Rai, P. K. Heavy metal in food crops: health risks, fate, mechanisms and management / P. K. Rai, S. S. Lee, M. Zhang, Y. F. Tsang, K. Kim // *Environ. Int.* 2019. – №125. – P.365 – 385.

199. Somashekaraiah, B. V. Phytotoxicity of cadmium ions on germinating seedlings of mung bean (*Phaseolus vulgaris*): Involvement of lipid peroxides in chlorophyll degradation / B. V. Somashekaraiah // *Physiology Plantarum*. 1992. – Vol. 85. – № 1. – P.85 – 89.

200. Trass, H. Cryptoinidication or the level of atmospheric air pollution and ecological monitoring / H. Trass // *Учен. зап. Тарт. ун-та. 1988. Вып. 12. Структура, состав и динамика бореальных растительных сообществ.* – С. 25 – 31.

201. Zwotak, A. Sources of soil pollution by heavy metals and their accumulation in vegetables: a review / A. Zwotak, M. Sarzynska, E. Szpyrka, K. Stawarczyk // *Water Air Soil Pollut.* 2019. – №230. – P.164.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

**Приложение А – Накопление меди в вегетативных органах тыквы сорт  
Мраморная, мг/кг (I вариант – почва чернозем  
выщелоченный, II вариант – лугово-черноземная почва  
рисового севооборота), 2020 – 2022гг**

Вариант	Повтор.	Стебель			Лист			
		контроль	1 ПДК	5 ПДК	контроль	1 ПДК	5 ПДК	
I	2020г							
	1	1,28±0,065	2,05±0,11	4,98±0,20	1,38±0,067	2,67±0,13	5,70±0,30	
	2	1,27±0,065	2,04±0,10	4,97±0,19	1,37±0,066	2,69±0,14	5,73±0,30	
	3	1,28±0,065	2,06±0,11	4,98±0,20	1,38±0,067	2,69±0,14	5,76±0,31	
	4	1,28±0,065	2,05±0,11	5,00±0,20	1,39±0,067	2,70±0,15	5,76±0,31	
	5	1,28±0,065	2,05±0,11	5,00±0,20	1,38±0,067	2,70±0,15	5,75±0,31	
	6	1,27±0,065	2,04±0,10	4,97±0,19	1,37±0,066	2,69±0,14	5,74±0,31	
	2021г							
	1	1,27±0,064	2,03±0,10	4,96±0,19	1,37±0,066	2,67±0,13	5,72±0,30	
	2	1,28±0,064	2,05±0,10	4,98±0,20	1,38±0,066	2,69±0,14	5,74±0,30	
	3	1,28±0,065	2,06±0,11	4,99±0,20	1,38±0,067	2,69±0,14	5,75±0,30	
	4	1,29±0,065	2,06±0,10	4,99±0,20	1,39±0,067	2,70±0,15	5,75±0,30	
	5	1,28±0,064	2,05±0,11	4,98±0,20	1,38±0,066	2,69±0,14	5,75±0,30	
	6	1,28±0,064	2,05±0,11	4,98±0,20	1,38±0,066	2,69±0,14	5,74±0,30	
	2022г							
	1	1,28±0,065	2,04±0,10	4,96±0,19	1,37±0,066	2,67±0,14	5,72±0,30	
	2	1,27±0,065	2,03±0,10	4,98±0,20	1,38±0,066	2,68±0,14	5,73±0,30	
	3	1,28±0,065	2,06±0,11	4,99±0,20	1,39±0,067	2,70±0,15	5,74±0,30	
	4	1,29±0,065	2,06±0,10	4,99±0,20	1,38±0,067	2,70±0,15	5,76±0,30	
	5	1,28±0,064	2,05±0,11	4,98±0,20	1,38±0,066	2,70±0,15	5,75±0,30	
	6	1,28±0,064	2,05±0,11	4,98±0,20	1,38±0,066	2,69±0,14	5,74±0,30	
	II	2020г						
		1	1,11±0,057	1,57±0,067	3,23±0,16	1,16±0,056	1,87±0,066	4,00±0,19
		2	1,12±0,057	1,59±0,067	3,23±0,16	1,17±0,057	1,87±0,066	4,01±0,19
3		1,12±0,057	1,59±0,067	3,24±0,16	1,17±0,057	1,88±0,067	4,03±0,19	
4		1,13±0,058	1,60±0,067	3,26±0,17	1,18±0,057	1,89±0,068	4,03±0,19	
5		1,12±0,057	1,59±0,067	3,24±0,16	1,17±0,057	1,88±0,067	4,02±0,19	
6		1,12±0,057	1,59±0,067	3,24±0,16	1,17±0,057	1,88±0,067	4,02±0,19	
2021г								
1		1,11±0,057	1,58±0,067	3,22±0,16	1,16±0,057	1,86±0,067	4,01±0,19	

**Продолжение приложения А**

2	1,11±0,057	1,58±0,067	3,25±0,16	1,17±0,057	1,88±0,067	4,01±0,19
3	1,12±0,057	1,59±0,067	3,25±0,16	1,17±0,057	1,88±0,067	4,02±0,19
4	1,13±0,058	1,60±0,067	3,25±0,16	1,17±0,057	1,90±0,067	4,04±0,19
5	1,12±0,057	1,59±0,067	3,24±0,16	1,17±0,057	1,88±0,067	4,02±0,19
6	1,12±0,057	1,59±0,067	3,24±0,16	1,17±0,057	1,88±0,067	4,02±0,19
2022г						
1	1,11±0,057	1,59±0,067	3,24±0,16	1,16±0,057	1,88±0,067	4,02±0,19
2	1,12±0,057	1,58±0,067	3,22±0,16	1,17±0,056	1,86±0,067	4,00±0,19
3	1,12±0,057	1,59±0,067	3,25±0,16	1,17±0,057	1,88±0,067	4,02±0,19
4	1,13±0,058	1,60±0,067	3,25±0,16	1,18±0,057	1,90±0,068	4,04±0,19
5	1,12±0,057	1,59±0,067	3,24±0,16	1,17±0,056	1,88±0,067	4,02±0,19
6	1,12±0,057	1,59±0,067	3,24±0,16	1,17±0,057	1,88±0,067	4,02±0,19

**Приложение Б – Накопление меди в вегетативных органах тыквы сорт Прикубанская, мг/кг (I вариант – почва чернозем выщелоченный, II вариант – лугово-черноземная почва рисового севооборота), 2020 – 2022гг**

Вариант	Повторность	Стебель			Лист			
		контроль	1 ПДК	5 ПДК	контроль	1 ПДК	5 ПДК	
I		2020г						
	1	1,18±0,043	1,72±0,071	3,66±0,19	1,21±0,046	1,88±0,091	3,99±0,20	
	2	1,18±0,043	1,74±0,071	3,69±0,20	1,24±0,046	1,90±0,092	4,01±0,20	
	3	1,20±0,044	1,77±0,072	3,73±0,21	1,25±0,047	1,93±0,092	4,04±0,21	
	4	1,20±0,044	1,76±0,072	3,71±0,20	1,25±0,047	1,92±0,092	4,03±0,21	
	5	1,19±0,043	1,75±0,071	3,70±0,20	1,24±0,046	1,91±0,092	4,02±0,21	
	6	1,19±0,043	1,75±0,071	3,71±0,20	1,25±0,047	1,92±0,092	4,03±0,21	
			2021г					
	1	1,19±0,044	1,75±0,071	3,71±0,20	1,24±0,046	1,91±0,092	4,02±0,20	
	2	1,18±0,044	1,74±0,071	3,69±0,20	1,24±0,046	1,91±0,092	4,01±0,20	
	3	1,18±0,044	1,74±0,072	3,69±0,21	1,23±0,046	1,89±0,092	4,03±0,21	
	4	1,20±0,045	1,77±0,072	3,71±0,20	1,25±0,047	1,92±0,092	4,03±0,21	
	5	1,18±0,044	1,74±0,072	3,69±0,21	1,24±0,046	1,91±0,092	4,01±0,20	
	6	1,20±0,045	1,76±0,072	3,71±0,20	1,24±0,046	1,92±0,092	4,02±0,20	
			2022г					
	1	1,18±0,043	1,74±0,071	3,69±0,20	1,24±0,046	1,91±0,092	4,02±0,20	
	2	1,18±0,043	1,74±0,071	3,69±0,20	1,24±0,046	1,91±0,092	4,01±0,20	
	3	1,20±0,044	1,77±0,072	3,73±0,21	1,22±0,046	1,89±0,092	4,03±0,21	
	4	1,19±0,044	1,76±0,072	3,70±0,20	1,25±0,047	1,93±0,092	4,03±0,21	
	5	1,19±0,044	1,74±0,072	3,70±0,20	1,25±0,047	1,91±0,092	4,01±0,20	
	6	1,20±0,044	1,75±0,072	3,70±0,20	1,24±0,046	1,91±0,092	4,03±0,21	

## Продолжение приложения Б

II	2020г						
	1	0,96±0,041	1,15±0,056	2,03±0,10	1,02±0,051	1,58±0,076	3,00±0,14
2	0,98±0,042	1,14±0,056	2,03±0,10	1,03±0,051	1,59±0,076	3,01±0,14	
3	0,96±0,041	1,13±0,056	2,04±0,10	1,03±0,051	1,59±0,076	3,01±0,14	
4	0,97±0,042	1,16±0,057	2,05±0,11	1,03±0,051	1,59±0,076	3,01±0,14	
5	0,97±0,042	1,16±0,057	2,04±0,10	1,04±0,051	1,59±0,076	3,01±0,14	
6	0,98±0,042	1,16±0,057	2,05±0,11	1,04±0,051	1,60±0,076	3,02±0,14	
2021г							
1	1,00±0,042	1,17±0,057	2,03±0,10	1,01±0,051	1,57±0,076	2,99±0,13	
2	0,99±0,042	1,15±0,056	2,05±0,11	1,05±0,052	1,60±0,077	3,03±0,14	
3	0,97±0,041	1,14±0,056	2,03±0,10	1,02±0,051	1,57±0,076	2,99±0,14	
4	0,98±0,042	1,15±0,056	2,04±0,10	1,03±0,051	1,60±0,076	3,01±0,14	
5	0,98±0,042	1,15±0,057	2,04±0,10	1,03±0,051	1,60±0,076	3,01±0,13	
6	0,99±0,042	1,16±0,056	2,05±0,11	1,04±0,052	1,60±0,077	3,03±0,14	
2022г							
1	0,97±0,041	1,14±0,056	2,03±0,10	1,02±0,051	1,58±0,076	3,00±0,13	
2	0,97±0,041	1,14±0,057	2,03±0,10	1,02±0,051	1,58±0,076	3,00±0,13	
3	0,98±0,042	1,15±0,057	2,04±0,10	1,03±0,051	1,59±0,076	3,01±0,14	
4	0,99±0,042	1,16±0,057	2,05±0,11	1,04±0,052	1,60±0,077	3,02±0,14	
5	0,99±0,041	1,15±0,057	2,05±0,11	1,03±0,051	1,59±0,076	3,02±0,14	
6	0,98±0,042	1,16±0,057	2,05±0,11	1,04±0,052	1,60±0,077	3,02±0,14	

**Приложение В** – Накопление кадмия в вегетативных органах тыквы сорт Мраморная ( $\times 10^{-2}$ ) мг/кг (I вариант – почва чернозем выщелоченный, II вариант – лугово-черноземная почва рисового севооборота), 2020 – 2022гг

Вариант	Повторность	Стебель			Лист			
		контроль	1 ПДК	5 ПДК	контроль	1 ПДК	5 ПДК	
I		2020г						
	1	4,0±0,19	5,6±0,29	8,5±0,43	4,1±0,21	6,5±0,31	10,1±0,50	
	2	4,1±0,19	5,7±0,30	8,8±0,44	4,3±0,22	6,6±0,31	10,2±0,50	
	3	3,7±0,18	5,4±0,29	8,2±0,42	3,8±0,20	6,2±0,29	9,8±0,49	
	4	4,2±0,20	5,8±0,30	8,6±0,43	4,2±0,21	6,7±0,31	10,3±0,51	
	5	4,0±0,19	5,6±0,29	8,5±0,43	4,1±0,21	6,5±0,31	10,1±0,50	
	6	4,1±0,19	5,6±0,29	8,5±0,43	4,1±0,21	6,6±0,31	10,2±0,50	
			2021г					
	1	3,7±0,18	5,4±0,29	8,3±0,43	3,8±0,20	6,2±0,29	9,9±0,46	
	2	3,7±0,18	5,4±0,29	8,4±0,43	3,9±0,20	6,2±0,29	10,0±0,46	
	3	4,3±0,21	5,9±0,30	8,6±0,44	4,3±0,21	6,7±0,30	10,1±0,47	
	4	4,2±0,20	5,8±0,30	8,6±0,44	4,3±0,21	6,8±0,31	10,3±0,47	
	5	4,0±0,19	5,5±0,29	8,5±0,43	4,2±0,21	6,5±0,31	10,1±0,47	
	6	4,1±0,19	5,6±0,29	8,6±0,44	4,1±0,21	6,6±0,31	10,1±0,47	
			2022г					
	1	4,3±0,21	5,9±0,30	8,8±0,44	4,3±0,21	6,8±0,31	10,4±0,51	
	2	4,1±0,20	5,6±0,29	8,6±0,43	4,2±0,21	6,6±0,30	10,2±0,50	
	3	3,8±0,19	5,4±0,29	8,3±0,42	4,0±0,19	6,3±0,29	9,9±0,49	
	4	3,8±0,19	5,3±0,28	8,3±0,42	3,9±0,19	6,3±0,29	9,8±0,49	
	5	4,0±0,19	5,6±0,29	8,5±0,43	4,1±0,21	6,5±0,31	10,2±0,47	
	6	4,0±0,19	5,7±0,30	8,5±0,43	4,1±0,21	6,6±0,31	10,1±0,47	
	II		2020г					
		1	3,7±0,18	4,1±0,20	5,6±0,30	3,7±0,18	4,4±0,22	6,6±0,30
		2	3,7±0,18	4,1±0,20	5,7±0,30	3,7±0,18	4,5±0,23	6,7±0,30
3		3,8±0,19	4,3±0,21	5,8±0,31	3,9±0,19	4,6±0,23	6,8±0,31	
4		4,0±0,20	4,6±0,23	6,0±0,31	4,2±0,21	4,9±0,25	7,1±0,32	
5		3,8±0,19	4,3±0,21	5,8±0,31	3,9±0,19	4,6±0,23	6,8±0,31	
6		3,8±0,19	4,4±0,21	6,0±0,31	3,9±0,19	4,6±0,23	6,8±0,31	
			2021г					
1		3,8±0,19	4,3±0,21	5,8±0,31	3,9±0,19	4,6±0,23	6,8±0,31	
2		3,8±0,19	4,3±0,21	5,8±0,31	3,9±0,19	4,6±0,23	6,8±0,31	
3		3,6±0,18	4,0±0,20	5,6±0,30	3,6±0,18	4,4±0,22	6,5±0,30	
4		3,9±0,19	4,5±0,22	6,1±0,31	4,1±0,20	4,8±0,24	7,2±0,32	
5		3,9±0,19	4,3±0,21	5,8±0,31	3,9±0,19	4,5±0,23	6,7±0,30	
6		3,8±0,19	4,3±0,21	5,8±0,31	4,0±0,19	4,6±0,23	6,8±0,31	
			2022г					
1		3,9±0,19	4,4±0,21	5,9±0,31	4,0±0,19	4,7±0,23	6,9±0,31	
2		3,9±0,19	4,4±0,21	5,9±0,31	4,0±0,19	4,7±0,23	6,9±0,31	

**Продолжение приложения В**

	3	3,8±0,19	4,3±0,21	5,8±0,31	3,9±0,19	4,6±0,23	6,8±0,31
	4	3,6±0,18	4,1±0,20	5,6±0,30	3,7±0,18	4,4±0,22	6,6±0,30
	5	3,8±0,19	4,3±0,21	5,8±0,31	3,9±0,19	4,6±0,23	6,8±0,31
	6	3,7±0,19	4,2±0,21	5,7±0,30	3,8±0,18	4,6±0,23	6,8±0,31

**Приложение Г** – Накопление кадмия в вегетативных органах тыквы сорт Прикубанская, ( $\times 10^{-2}$ ) мг/кг (I вариант – почва чернозем выщелоченный, II вариант – лугово-черноземная почва рисового севооборота), 2020 – 2022гг

Вариант	Повторность	Стебель			Лист			
		контроль	1 ПДК	5 ПДК	контроль	1 ПДК	5 ПДК	
I	2020г							
	1	1,1±0,057	1,6±0,067	2,3±0,11	1,2±0,057	2,0±0,098	3,0±0,14	
	2	0,9±0,056	1,5±0,063	2,1±0,10	1,1±0,057	1,8±0,097	2,7±0,13	
	3	1,1±0,057	1,5±0,063	2,4±0,12	1,2±0,057	2,1±0,098	3,0±0,14	
	4	1,2±0,057	1,7±0,068	2,4±0,12	1,3±0,058	2,2±0,099	3,3±0,14	
	5	1,1±0,057	1,5±0,063	2,3±0,11	1,2±0,057	2,0±0,098	3,0±0,14	
	6	1,2±0,057	1,7±0,068	2,3±0,11	1,2±0,057	2,1±0,098	3,0±0,14	
	2021г							
	1	1,0±0,056	1,5±0,063	2,1±0,10	1,0±0,056	1,8±0,097	2,8±0,13	
	2	1,2±0,057	1,7±0,068	2,2±0,11	1,3±0,058	2,0±0,098	2,9±0,13	
	3	1,1±0,057	1,6±0,067	2,4±0,12	1,2±0,057	2,1±0,098	3,0±0,14	
	4	1,1±0,057	1,7±0,068	2,4±0,12	1,3±0,058	2,2±0,099	3,3±0,14	
	5	1,1±0,057	1,5±0,063	2,3±0,12	1,2±0,057	1,9±0,097	3,0±0,14	
	6	1,1±0,057	1,6±0,067	2,3±0,12	1,2±0,057	2,0±0,098	3,0±0,14	
	2022г							
	1	1,2±0,057	1,7±0,068	2,4±0,12	1,3±0,058	2,2±0,099	3,2±0,14	
	2	1,2±0,057	1,7±0,068	2,4±0,12	1,3±0,058	2,0±0,098	3,0±0,14	
	3	1,0±0,056	1,5±0,063	2,2±0,11	1,1±0,057	1,9±0,097	3,0±0,14	
	4	1,0±0,056	1,6±0,067	2,1±0,10	1,1±0,057	1,9±0,097	3,0±0,14	
	5	1,1±0,057	1,5±0,063	2,3±0,12	1,2±0,057	2,0±0,098	3,0±0,14	
	6	1,1±0,057	1,6±0,067	2,4±0,12	1,2±0,057	2,0±0,098	3,0±0,14	
	II	2020г						
		1	1,0±0,056	1,3±0,058	1,7±0,068	1,0±0,056	1,4±0,058	2,0±0,098
		2	0,9±0,056	1,3±0,058	1,7±0,068	0,9±0,056	1,2±0,057	1,8±0,092
3		0,9±0,056	1,2±0,057	1,5±0,067	0,9±0,056	1,4±0,058	2,1±0,098	
4		1,2±0,057	1,4±0,058	1,9±0,068	1,2±0,057	1,6±0,059	2,1±0,098	
5		1,0±0,056	1,3±0,058	1,7±0,068	1,0±0,056	1,4±0,058	2,0±0,098	
6		1,0±0,056	1,3±0,058	1,7±0,068	1,0±0,056	1,4±0,058	2,0±0,098	
2021г								
1		1,2±0,057	1,4±0,058	1,9±0,068	1,1±0,057	1,6±0,059	2,1±0,098	
2		1,1±0,057	1,4±0,058	1,7±0,068	1,1±0,057	1,4±0,058	2,0±0,097	
3		0,9±0,056	1,2±0,057	1,6±0,067	0,9±0,056	1,4±0,058	2,0±0,097	
4		0,8±0,056	1,2±0,057	1,6±0,067	0,8±0,056	1,3±0,058	1,9±0,097	
5		1,0±0,056	1,3±0,058	1,7±0,068	1,0±0,056	1,3±0,058	2,0±0,097	
6		1,0±0,056	1,3±0,058	1,7±0,068	1,1±0,057	1,4±0,058	2,0±0,097	
2022г								
1		0,9±0,056	1,2±0,057	1,6±0,081	0,8±0,056	1,3±0,058	1,9±0,097	
2		0,9±0,056	1,3±0,057	1,5±0,080	1,1±0,057	1,3±0,058	2,0±0,097	

**Продолжение приложения Г**

	3	1,0±0,056	1,4±0,058	1,8±0,088	1,1±0,057	1,4±0,061	2,0±0,097
	4	1,1±0,057	1,3±0,058	1,8±0,088	1,1±0,057	1,5±0,067	2,1±0,098
	5	1,0±0,056	1,3±0,058	1,7±0,088	0,9±0,056	1,4±0,061	2,0±0,097
	6	1,1±0,057	1,4±0,058	1,8±0,088	1,0±0,056	1,5±0,067	2,0±0,097

**Приложение Д – Накопление кадмия в вегетативных органах тыквы сорт Ромашечка, ( $\times 10^{-2}$ ) мг/кг (II вариант – лугово-черноземная почва рисового севооборота), 2020 – 2022гг**

Вариант	Повторность	Стебель			Лист		
		контроль	1 ПДК	5 ПДК	контроль	1 ПДК	5 ПДК
II	2020г						
	1	1,3±0,065	1,8±0,079	2,6±0,14	1,3±0,065	2,1±0,098	3,4±0,17
	2	1,2±0,064	1,7±0,078	2,5±0,13	1,2±0,064	1,9±0,097	3,3±0,16
	3	1,2±0,064	1,8±0,079	2,7±0,14	1,3±0,064	2,2±0,099	3,4±0,17
	4	1,4±0,065	1,9±0,079	2,6±0,14	1,4±0,065	2,2±0,099	3,5±0,17
	5	1,3±0,065	1,8±0,079	2,6±0,14	1,3±0,064	2,1±0,098	3,4±0,17
	6	1,4±0,065	1,8±0,079	2,5±0,13	1,4±0,065	2,1±0,098	3,4±0,17
	2021г						
	1	1,4±0,065	1,9±0,079	2,8±0,14	1,5±0,070	2,2±0,099	3,5±0,17
	2	1,4±0,065	1,8±0,079	2,6±0,14	1,4±0,070	2,1±0,098	3,5±0,17
	3	1,2±0,064	1,8±0,079	2,5±0,13	1,2±0,068	2,1±0,098	3,4±0,17
	4	1,2±0,064	1,7±0,078	2,5±0,13	1,2±0,068	1,9±0,097	3,2±0,16
	5	1,3±0,065	1,8±0,079	2,6±0,14	1,3±0,064	2,2±0,099	3,4±0,17
	6	1,3±0,065	1,8±0,079	2,6±0,14	1,3±0,064	2,1±0,098	3,4±0,17
	2022г						
	1	1,2±0,064	1,8±0,079	2,5±0,13	1,2±0,068	2,0±0,097	3,3±0,16
	2	1,3±0,065	1,8±0,079	2,6±0,14	1,3±0,069	2,1±0,098	3,5±0,17
	3	1,3±0,065	1,8±0,079	2,5±0,13	1,3±0,069	2,1±0,098	3,4±0,17
	4	1,4±0,065	1,9±0,079	2,7±0,13	1,4±0,070	2,2±0,099	3,4±0,17
	5	1,3±0,065	1,8±0,079	2,6±0,14	1,3±0,064	2,1±0,098	3,4±0,17
	6	1,3±0,065	1,8±0,079	2,6±0,14	1,3±0,064	2,1±0,098	3,5±0,17

**Приложение Е – Накопление меди в плодах тыквы сорта Мраморная и Прикубанская, ( $\times 10^{-2}$ ) мг/кг (I вариант – почва чернозем выщелоченный, II вариант – лугово-черноземная почва рисового севооборота), 2020 – 2022гг**

Вариант	Повторность	сорт Мраморная			сорт Прикубанская			
		контроль	1 ПДК	5 ПДК	контроль	1 ПДК	5 ПДК	
I		2020г						
	1	27±1,40	79±3,95	170±8,16	25±1,30	53±2,23	99±4,85	
	2	25±1,30	76±3,80	165±7,92	22±1,14	51±2,14	96±4,70	
	3	28±1,50	81±4,05	172±8,25	26±1,35	54±2,27	100±4,90	
	4	28±1,50	80±4,00	173±8,30	27±1,40	54±2,27	101±4,94	
	5	27±1,40	79±3,95	170±8,16	25±1,30	53±2,23	99±4,85	
	6	27±1,40	79±3,95	170±8,16	25±1,30	53±2,23	99±4,85	
		2021г						
	1	25±1,30	78±3,95	166±7,92	22±1,14	50±2,13	96±4,70	
	2	25±1,30	78±3,95	167±7,95	23±1,16	51±2,14	96±4,70	
	3	29±1,50	80±4,00	173±8,30	27±1,40	55±2,27	102±4,96	
	4	28±1,50	80±4,00	174±8,32	27±1,40	56±2,29	103±4,98	
	5	28±1,50	79±3,95	170±8,16	26±1,30	53±2,23	99±4,85	
	6	27±1,40	79±3,95	170±8,16	25±1,30	53±2,23	98±4,85	
		2022г						
	1	27±1,40	79±3,95	170±8,16	25±1,30	53±2,23	99±4,85	
	2	29±1,30	82±3,80	174±7,92	28±1,14	56±2,14	103±4,70	
	3	26±1,50	81±4,05	168±8,25	24±1,35	52±2,27	97±4,90	
	4	26±1,50	80±4,00	168±8,30	23±1,40	51±2,27	97±4,94	
	5	27±1,40	79±3,95	170±8,16	25±1,30	53±2,23	99±4,85	
	6	27±1,40	79±3,95	172±8,25	25±1,30	53±2,23	99±4,85	
	II		2020г					
		1	21±1,18	50±2,13	104±5,09	20±1,06	39±1,72	64±2,75
		2	19±1,06	47±1,97	99±4,85	18±0,95	35±1,54	59±2,53
3		23±1,28	52±2,18	107±5,24	21±1,11	41±1,80	67±2,88	
4		21±1,18	51±2,14	106±5,19	21±1,11	42±1,84	66±2,83	
5		21±1,18	50±2,13	104±5,09	20±1,06	39±1,72	64±2,75	
6		21±1,18	50±2,13	104±5,09	20±1,06	39±1,72	64±2,75	
		2021г						
1		20±1,12	48±2,01	103±5,04	19±1,06	36±1,58	60±2,58	
2		19±1,06	47±1,97	100±4,90	18±0,95	38±1,67	62±2,66	
3		22±1,23	52±2,18	106±5,19	21±1,11	40±1,76	67±2,88	
4		23±1,28	53±2,22	107±5,24	22±1,13	42±1,84	67±2,88	
5		21±1,18	50±2,13	104±5,09	20±1,06	39±1,72	64±2,75	
6		21±1,18	50±2,13	104±5,09	20±1,06	39±1,72	64±2,75	
		2022г						
1		21±1,18	51±2,14	106±5,19	21±1,11	42±1,84	64±2,75	
2		21±1,18	50±2,13	104±5,09	21±1,11	39±1,72	64±2,75	

**Продолжение приложения Е**

	3	22±1,23	49±2,08	102±5,00	18±0,95	37±1,61	65±2,79
	4	20±1,12	50±2,13	104±5,09	20±1,06	38±1,67	63±2,70
	5	21±1,18	50±2,13	104±5,09	20±1,06	39±1,72	64±2,75
	6	21±1,18	50±2,13	104±5,09	20±1,06	39±1,72	64±2,75

**Приложение Ж** – Накопление кадмия в плодах тыквы сорта Мраморная и Прикубанская, ( $\times 10^{-2}$ ) мг/кг (I вариант – почва чернозем выщелоченный, II вариант – лугово-черноземная почва рисового севооборота), 2020 – 2022гг

Вариант	Повторность	сорт Мраморная			сорт Прикубанская			
		контроль	1 ПДК	5 ПДК	контроль	1 ПДК	5 ПДК	
I		2020г						
	1	0,8±0,047	1,8±0,097	3,6±0,17	0,7±0,041	1,2±0,064	2,3±0,12	
	2	0,7±0,041	1,7±0,091	3,5±0,17	0,6±0,035	1,1±0,064	2,1±0,12	
	3	0,8±0,047	1,7±0,091	3,6±0,17	0,7±0,041	1,2±0,064	2,4±0,13	
	4	0,8±0,047	1,9±0,102	3,7±0,17	0,7±0,041	1,3±0,065	2,4±0,13	
	5	0,8±0,047	1,8±0,097	3,6±0,17	0,7±0,041	1,2±0,064	2,3±0,12	
	6	0,9±0,047	1,9±0,102	3,6±0,17	0,8±0,047	1,2±0,064	2,3±0,12	
			2021г					
	1	0,7±0,041	1,7±0,091	3,5±0,17	0,7±0,041	1,1±0,064	2,1±0,12	
	2	0,8±0,047	1,8±0,097	3,5±0,17	0,7±0,041	1,1±0,064	2,3±0,12	
	3	0,8±0,047	1,8±0,097	3,7±0,17	0,7±0,041	1,2±0,064	2,4±0,13	
	4	0,8±0,047	1,9±0,102	3,7±0,17	0,7±0,041	1,4±0,065	2,4±0,13	
	5	0,8±0,047	1,8±0,097	3,6±0,17	0,7±0,041	1,2±0,064	2,3±0,12	
	6	0,9±0,047	1,8±0,097	3,6±0,17	0,6±0,035	1,2±0,064	2,3±0,12	
			2022г					
	1	0,8±0,047	1,8±0,097	3,6±0,17	0,7±0,041	1,2±0,064	2,3±0,12	
	2	0,8±0,041	1,8±0,091	3,6±0,17	0,7±0,035	1,2±0,064	2,3±0,12	
	3	0,7±0,047	1,7±0,091	3,4±0,17	0,6±0,041	1,0±0,064	2,2±0,13	
	4	0,8±0,047	1,8±0,102	3,8±0,17	0,7±0,041	1,4±0,065	2,3±0,13	
	5	0,8±0,047	1,8±0,097	3,6±0,17	0,7±0,041	1,2±0,064	2,3±0,12	
	6	0,9±0,047	1,9±0,102	3,6±0,17	0,8±0,047	1,2±0,064	2,4±0,13	
	II		2020г					
		1	0,7±0,041	1,3±0,065	2,4±0,13	0,7±0,041	1,0±0,056	1,5±0,064
		2	0,6±0,035	1,1±0,064	2,2±0,13	0,6±0,035	0,9±0,056	1,4±0,064
3		0,7±0,041	1,4±0,065	2,5±0,14	0,7±0,041	0,9±0,056	1,5±0,064	
4		0,7±0,041	1,4±0,065	2,6±0,14	0,7±0,041	1,2±0,057	1,6±0,065	
5		0,7±0,047	1,3±0,065	2,3±0,13	0,7±0,041	1,0±0,056	1,5±0,064	
6		0,8±0,047	1,3±0,065	2,4±0,13	0,8±0,047	1,0±0,056	1,5±0,064	
			2021г					
1		0,7±0,041	1,4±0,065	2,5±0,14	0,7±0,041	1,1±0,064	1,6±0,065	
2		0,7±0,041	1,4±0,065	2,5±0,14	0,6±0,035	0,9±0,061	1,4±0,064	
3		0,6±0,041	1,2±0,064	2,3±0,13	0,6±0,035	0,9±0,061	1,4±0,064	
4		0,6±0,035	1,2±0,064	2,2±0,13	0,7±0,041	1,1±0,064	1,6±0,065	
5		0,8±0,047	1,3±0,065	2,4±0,13	0,8±0,047	1,0±0,056	1,5±0,064	
6		0,8±0,047	1,3±0,065	2,5±0,14	0,8±0,047	1,0±0,056	1,5±0,064	

**Продолжение приложения Ж**

	2022г						
	1	0,7±0,041	1,4±0,065	2,5±0,14	0,7±0,041	1,2±0,057	1,7±0,065
2	0,6±0,035	1,2±0,064	2,3±0,13	0,6±0,035	0,9±0,056	1,5±0,064	
3	0,7±0,041	1,4±0,065	2,5±0,14	0,7±0,041	0,9±0,056	1,4±0,064	
4	0,6±0,035	1,2±0,064	2,3±0,13	0,7±0,041	1,0±0,056	1,4±0,064	
5	0,8±0,047	1,3±0,065	2,4±0,13	0,7±0,041	1,0±0,056	1,5±0,064	
6	0,8±0,047	1,3±0,065	2,4±0,13	0,8±0,047	1,0±0,056	1,5±0,064	

**Приложение И** – Накопление кадмия в плодах тыквы сорта Ромашечка ( $\times 10^{-2}$ ) мг/кг (II вариант – лугово-черноземная почва рисового севооборота), 2020-2022гг

Вариант	Повторность	сорт Ромашечка		
		контроль	1 ПДК	5 ПДК
II	2020г			
	1	0,9±0,055	1,8±0,066	3,3±0,16
	2	1,0±0,056	2,0±0,068	3,4±0,16
	3	1,0±0,056	1,8±0,066	3,3±0,16
	4	0,9±0,055	1,6±0,064	3,2±0,15
	5	1,0±0,056	1,8±0,066	3,3±0,16
	6	1,0±0,056	1,8±0,066	3,3±0,16
	2021г			
	1	1,0±0,056	1,9±0,067	3,4±0,16
	2	0,9±0,055	1,7±0,066	3,3±0,16
	3	1,0±0,056	1,8±0,066	3,3±0,16
	4	1,0±0,056	1,8±0,066	3,3±0,16
	5	1,0±0,056	1,8±0,066	3,2±0,15
	6	1,0±0,056	1,8±0,066	3,3±0,16
	2022г			
	1	1,0±0,056	1,8±0,066	3,3±0,16
	2	1,0±0,056	1,8±0,066	3,3±0,16
	3	0,9±0,055	1,7±0,066	3,3±0,16
	4	1,0±0,056	1,8±0,066	3,3±0,16
	5	1,0±0,056	1,8±0,066	3,2±0,15
	6	1,0±0,056	1,9±0,066	3,3±0,16

**Приложение К** – Влияние концентраций раствора кадмия в атмосферных осадках на урожай тыквы сортов Мраморная и Прикубанская, т/га (I вариант – почва чернозем выщелоченный), 2020-2022гг

Вариант	сорт Мраморная			сорт Прикубанская		
	контроль	1ПДК	5ПДК	контроль	1ПДК	5ПДК
I	кадмий					
	30	29	24	26	24	19
	медь					
	30	29	27	26	24	21

**Приложение Л – Влияние концентраций раствора кадмия в атмосферных осадках на урожай тыквы сортов Мраморная, Прикубанская и Ромашечка, т/га (II вариант – лугово-черноземная почва рисового севооборота), 2020-2022гг**

Вариант	сорт Мраморная			сорт Прикубанская			сорт Ромашечка		
	конт роль	1ПДК	5ПДК	конт роль	1ПДК	5ПДК	конт роль	1ПДК	5ПДК
II	кадмий								
	21	19	11	23	20	14	13	12	8
	медь								
	27	26	22	23	21	17	-	-	-

**Приложение М – Накопление меди в вегетативных и генеративных органах  
тыквы сорт Мраморная в зависимости от различных  
концентраций её в осадках, мг/кг (II вариант – лугово-  
черноземные почвы рисового севооборота), 2020 – 2022гг**

Вариант	Повторность	Лист			Плод		
		контроль	1 ПДК	5 ПДК	контроль	1 ПДК	5 ПДК
II	2020г						
	1	1,17±0,064	1,88±0,067	4,02±0,19	0,21±0,0098	0,50±0,023	1,04±0,048
	2	1,16±0,064	1,83±0,067	4,00±0,19	0,18±0,0097	0,47±0,022	1,01±0,047
	3	1,17±0,064	1,90±0,068	4,04±0,19	0,22±0,0098	0,52±0,023	1,06±0,048
	4	1,17±0,064	1,91±0,068	4,02±0,19	0,23±0,0098	0,51±0,023	1,05±0,048
	5	1,17±0,064	1,88±0,067	4,02±0,19	0,21±0,0098	0,50±0,023	1,04±0,048
	6	1,17±0,064	1,88±0,067	4,02±0,19	0,21±0,0098	0,50±0,023	1,04±0,048
	2021г						
	1	1,17±0,064	1,88±0,068	4,04±0,19	0,22±0,0098	0,52±0,023	1,06±0,048
	2	1,17±0,064	1,91±0,068	4,02±0,19	0,23±0,0098	0,51±0,023	1,05±0,048
	3	1,16±0,064	1,84±0,067	4,00±0,19	0,18±0,0097	0,47±0,022	1,01±0,047
	4	1,17±0,064	1,89±0,067	4,02±0,19	0,21±0,0098	0,50±0,023	1,04±0,048
	5	1,17±0,064	1,88±0,067	4,02±0,19	0,21±0,0098	0,50±0,023	1,04±0,048
	6	1,18±0,064	1,88±0,067	4,03±0,19	0,22±0,0098	0,51±0,023	1,05±0,048
	2022г						
	1	1,16±0,064	1,84±0,067	4,00±0,19	0,18±0,0097	0,47±0,022	1,01±0,047
	2	1,17±0,064	1,89±0,067	4,02±0,19	0,21±0,0098	0,50±0,023	1,04±0,048
	3	1,17±0,064	1,88±0,068	4,04±0,19	0,22±0,0098	0,52±0,023	1,06±0,048
	4	1,17±0,064	1,91±0,068	4,02±0,19	0,23±0,0098	0,51±0,023	1,05±0,048
	5	1,17±0,064	1,88±0,067	4,02±0,19	0,21±0,0098	0,50±0,023	1,04±0,048
	6	1,18±0,064	1,88±0,067	4,02±0,19	0,21±0,0098	0,50±0,023	1,04±0,048

**Приложение Н** - Накопление меди в вегетативных и генеративных органах  
тыквы сорт Прикубанская в зависимости от различных  
концентраций её в осадках, мг/кг (II вариант – лугово-  
черноземные почвы рисового севооборота), 2020 – 2022гг

Вариант	Повтор.	Лист			Плод		
		контроль	1 ПДК	5 ПДК	контроль	1 ПДК	5 ПДК
II	2020г						
	1	1,03±0,048	1,39±0,064	3,01±0,14	0,20±0,0098	0,39±0,017	0,64±0,035
	2	1,02±0,048	1,36±0,064	2,99±0,14	0,19±0,0098	0,37±0,017	0,61±0,034
	3	1,03±0,048	1,41±0,064	3,02±0,14	0,20±0,0098	0,40±0,017	0,66±0,035
	4	1,03±0,048	1,40±0,064	3,02±0,14	0,20±0,0098	0,40±0,017	0,65±0,035
	5	1,03±0,048	1,39±0,064	3,01±0,14	0,20±0,0098	0,38±0,017	0,64±0,035
	6	1,04±0,048	1,40±0,064	3,02±0,14	0,21±0,0098	0,39±0,017	0,65±0,035
	2021г						
	1	1,02±0,048	1,36±0,064	2,99±0,14	0,19±0,0098	0,37±0,017	0,61±0,034
	2	1,03±0,048	1,41±0,064	3,02±0,14	0,20±0,0098	0,40±0,017	0,66±0,035
	3	1,03±0,048	1,39±0,064	3,01±0,14	0,20±0,0098	0,39±0,017	0,64±0,035
	4	1,03±0,048	1,40±0,064	3,02±0,14	0,20±0,0098	0,40±0,017	0,65±0,035
	5	1,03±0,048	1,39±0,064	3,01±0,14	0,20±0,0098	0,39±0,017	0,64±0,035
	6	1,03±0,048	1,39±0,064	3,01±0,14	0,20±0,0098	0,39±0,017	0,64±0,035
	2022г						
	1	1,03±0,048	1,41±0,064	3,02±0,14	0,20±0,0098	0,40±0,017	0,66±0,035
	2	1,03±0,048	1,40±0,064	3,02±0,14	0,20±0,0098	0,40±0,017	0,65±0,035
	3	1,03±0,048	1,39±0,064	3,01±0,14	0,20±0,0098	0,39±0,017	0,64±0,035
	4	1,02±0,048	1,36±0,064	2,99±0,14	0,19±0,0098	0,37±0,017	0,61±0,034
	5	1,03±0,048	1,39±0,064	3,01±0,14	0,20±0,0098	0,39±0,017	0,63±0,035
	6	1,04±0,048	1,40±0,064	3,02±0,14	0,21±0,0098	0,39±0,017	0,64±0,035