

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ–
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»

На правах рукописи

БАРЧУКОВА АЛИНА СЕРГЕЕВНА

ПОВЫШЕНИЕ СОХРАНЯЕМОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ
ПРИМЕНЕНИЕМ ХЕЛАТНОГО КОМПЛЕКСА МЕДИ

Специальность: 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для
агропромышленного комплекса

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
Гайдар Сергей Михайлович,
доктор технических наук, профессор

Москва – 2025

Оглавление

Введение.....	4
ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	10
1.1. Анализ хранения сельскохозяйственной техники	10
1.2. Атмосферная коррозия в условиях сельскохозяйственного производства.....	12
1.3. Характер коррозионного разрушения СХТ.....	17
1.4. Методы и средства защиты СХТ от атмосферной коррозии.....	23
1.5. Обзор агрохимических средств в сельскохозяйственном производстве.....	28
1.6. Выводы по главе и задачи исследования.....	30
ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ ХЕЛАТНОГО КОМПЛЕКСА МЕДИ.....	32
2.1. Механизм коррозионных разрушений металлов, вызванных воздействием агрохимических веществ	32
2.2. Кинетика химических реакций при коррозионном растворении металлов	41
2.3. Научно-теоретические основы создания удобрений с антикоррозионными свойствами	48
2.4. Выводы по главе 2.....	53
ГЛАВА 3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ	55
3.1. Программа экспериментальных исследований.....	55
3.2. Лабораторные исследования.....	56
3.3. Полевые испытания.....	57
3.4. Определение микроэлементов в клубнях картофеля	58
3.5. Испытания защитных свойств хелатного комплекса меди.....	63
3.5.1. Метод ускоренных коррозионных испытаний.....	63
3.5.2. Метод электрохимических измерений с использованием потенциостата	66
3.5.3. Натурные испытания в условиях тропического климата	67
3.5.4. Натурные испытания в условиях умеренно-континентального климата.....	68
ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	71

4.1. Результаты лабораторных исследований.....	71
4.2. Результаты полевых испытаний	75
4.3. Результаты химического состава клубней картофеля.....	81
4.4. Результаты ускоренных коррозионных испытаний	84
4.5. Результаты электрохимических исследований	88
4.6. Результаты натуральных испытаний в условиях тропического климата	94
4.7. Результаты натуральных испытаний в умеренно-континентальном климате	97
4.8. Выводы по главе.....	100
ГЛАВА 5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЯЕМОГО ХЕЛАТНОГО КОМПЛЕКСА МЕДИ.....	102
5.1. Рекомендации по повышению сохраняемости сельскохозяйственной техники	102
5.2. Экономическая эффективность использования хелата меди для консервации СХТ	106
5.3. Экономическая эффективность применения хелата меди.....	111
5.4. Выводы по главе.....	114
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	116
Перечень условных обозначений, символов и терминов.....	119
Список используемой литературы	120
ПРИЛОЖЕНИЕ А	138
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	139
ПРИЛОЖЕНИЕ В	140
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	141
ПРИЛОЖЕНИЕ Д	142
ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	145
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж.....	148
ПРИЛОЖЕНИЕ И	149
ПРИЛОЖЕНИЕ К	150
ПРИЛОЖЕНИЕ Л	152

Введение

Актуальность работы. Эффективность использования машинно-тракторного парка определяется, главным образом, правильной эксплуатацией техники. Одной из важнейших проблем, связанных с эксплуатацией техники в условиях сельскохозяйственного производства, является проблема ее качественного хранения.

Особенностью эксплуатации сельскохозяйственной техники является её сезонность использования и преобладающую часть времени хранение. Длительность хранения некоторых агрегатов в течение года достигает 95...98 % [74,127]. Хранится техника, как правило, на открытых площадках. В этих условиях поверхности агрегатов в наибольшей степени подвергаются разрушительному воздействию атмосферных факторов.

Влияние коррозии на надежность техники отмечается в работах многих авторов. Исследованиями ученых установлено [51,105,115,114,119], что из-за атмосферной коррозии интенсивность изнашивания деталей сельскохозяйственных машин увеличивается в несколько раз, на 30 – 40 % снижается их прочность, наблюдается коррозионное растрескивание. Срок службы машин сокращается на 30...60 %. Резко возрастают расходы на техническое обслуживание и ремонт, производительность машинно-тракторного парка падает на 10...15 %. Происходят поломки и простои техники, недопустимые в период проведения полевых работ.

Особенно в тяжелых условиях эксплуатируются машины, контактирующие с агрохимическими продуктами. Остающиеся даже после очистки минеральные удобрения способствуют интенсивному разрушению деталей (до 1500 г/м²·год), что приводит к быстрому износу узлов и деталей [41,133].

Для минимизации негативного воздействия атмосферных факторов на сельскохозяйственную технику необходимо защищать её путем нанесения антикоррозионных составов при подготовке к хранению.

Степень разработанности темы. Вопросам защиты техники от коррозии уделяется внимание в работах многих отечественных ученых: Гайдара С.М., Низамова Р.К., Пучина Е. А., Митягина В. А., Прохоренкова В. Д., Петрашева А. И., Князевой Л.Г., Дорохова А.В. и др. [7,30,40,43,56,68,81,85,98,104,118]. В их научных публикациях изложены основные принципы системы обеспечения сохранности сельскохозяйственного машинно-тракторного парка (МТП) в нерабочий период, а также разработаны технологические и технические методы по осуществлению антикоррозионной защиты сельскохозяйственной техники.

Большой вклад в развитие теории коррозии и защиты металлов, а также в исследование и разработку ингибиторов внесли следующие авторы: Акимов Т.В., Колотыркин Я.М., Антропов Л.И., Томашов Н.Д., Розенфельд И.Л., Скорчеллетти В.В., Шехтер Ю.Н. и др., установившие важные для теории и практики зависимости.

Анализ существующего положения показывает, что, с одной стороны, промышленность не в состоянии полностью удовлетворить запросы сельского хозяйства в консервационных материалах, с другой - сами хозяйства не заинтересованы в приобретении этих материалов по причине трудоемкости или неэкономичности применения.

В связи с этим до настоящего времени в хозяйствах для наружной консервации тракторов, сельскохозяйственных машин и орудий обычно применяют битумные покрытия, рабочие и отработавшие масла и др. подручные материалы, которые не обеспечивают защиту в течение всего периода хранения или вообще не обладают защитным действием.

Учитывая большое значение проблемы повышения долговечности и улучшения сохранности техники, используемой в сельском хозяйстве, исследования, направленные на разработку удобрений, обладающих свойствами ингибиторов коррозии, представляют собой отдельное направление исследований. Такие удобрения не только выполняют свою основную функцию, но и образуют на поверхности металла защитную пленку, предотвращающую окисление. Это особенно актуально в сельском хозяйстве, где металлические

конструкции часто подвергаются агрессивному воздействию окружающей среды. Современные разработки направлены на создание универсальных составов, сочетающих в себе питательные свойства для растений и антикоррозионные характеристики. При этом важно учитывать экологическую безопасность таких материалов, чтобы минимизировать негативное воздействие на почву и растения. Таким образом, интеграция ингибиторов коррозии в состав удобрений является перспективным методом, способным повысить долговечность металлических конструкций и одновременно улучшить условия для сельскохозяйственного производства.

Цель работы: разработать эффективное удобрение, обладающее антикоррозионными свойствами, для применения в качестве консервационного материала при межсменном и кратковременном хранении сельскохозяйственной техники (СХТ).

Для достижения поставленной цели решали следующие **задачи:**

1. Провести анализ условий хранения СХТ и влияния климатических и эксплуатационных факторов на её сохраняемость.
2. Выявить наиболее значимые факторы, влияющие на коррозионные разрушения металлических деталей и конструкций машин.
3. Научно обосновать концепцию создания высокоэффективных удобрений, обладающих антикоррозионными свойствами.
4. Выбрать допустимое сырье и разработать технологию органического синтеза нового удобрения с антикоррозионными свойствами.
5. Исследовать полученное органическое соединение, применяемое в качестве удобрения и ингибитора коррозии.
6. Разработать рекомендации по применению полученного материала.
7. Провести технико-экономическую оценку полученных результатов.

Объект исследования. Процессы атмосферной коррозии металлов при воздействии агрохимических соединений в условиях сельскохозяйственного производства.

Предмет исследования. Влияние на коррозионную стойкость металлов удобрения с антикоррозионными свойствами применяемые в качестве консервационных материалов.

Научная новизна работы: заключается в разработке технологии консервации СХТ с использованием нового химического соединения, обладающего свойствами стимулятора роста растений.

Практическая значимость:

- разработаны рецептура и способ получения нового химического соединения (патент № 2786743 С1, патент № 2787029 С1; Приложения А и Б), применяемого в качестве стимулятора роста растений и защитного средства от коррозии;

- разработана технология выращивания картофеля в условиях п. Коренёво Люберецкого района Московской области на дерново-подзолистой супесчаной почве и апробирована в ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха». Отчет за 2022 г. № 123041900053-8, отчет за 2023 - 2024 гг. № И224110100049-0 (Приложения Д и Е);

- произведена консервация техники, применяемой в агротехнологиях при проведении полевых испытаний;

- получена золотая медаль за разработку технологии получения комплексного удобрения для повышения урожайности сельскохозяйственных культур и улучшения качества растениеводческой продукции на XXIV Всероссийской агропромышленной выставке «Золотая осень 2022»;

- основные положения, изложенные в диссертации, могут быть использованы органами управления АПК на различных уровнях. Результаты исследования будут использованы при проведении лекционных, лабораторных и практических занятий по специальности 35.03.06 «Агроинженерия» (профиль подготовки «Технический сервис в агропромышленном комплексе»).

Методология и методы исследований. При выполнении исследований были использованы основные положения теории коррозии металлов: электрохимическая теория, теория дифференциальной аэрации Эванса, теория

пассивации, кинетика реакций в жидкой фазе, термодинамика гетерогенных электрохимических систем. Учтены научные основы технической эксплуатации сельскохозяйственной техники. При проведении исследований было использовано современное лабораторное оборудование и стенды.

Достоверность полученных результатов. Достоверность результатов, полученных в диссертационной работе, основана на анализе состояния и путей решения поставленной научной задачи повышения сохраняемости сельскохозяйственной техники и научно-техническом обосновании концепции создания антикоррозионных защитных материалов с учетом ее актуальности. При формировании научно-методологического подхода к решению поставленной задачи использованы методологические принципы, представленные в трудах известных ученых в области надежности СХТ. Достоверность полученных результатов основывается на логическом обосновании принципов и положений концепции, выносимой на защиту и корректно сформулированными задачами исследования.

Достоверность результатов также обеспечивалась большим объемом проведенных экспериментов, реализованных как в лабораторных, так и в полевых условиях, а также в ходе эксплуатационных испытаний. В работе применены современные стандартизированные методы исследования и измерительное оборудование.

Обработка результатов осуществлялась с использованием теории вероятностей и математической статистики. Полученные экспериментальные данные, выводы и практические рекомендации обоснованы результатами аналитических и экспериментальных исследований, полученных в рамках выполнения диссертационной работы.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Рецептура и технология получения высокоэффективного удобрения с антикоррозионными свойствами;
2. Механизм защитного действия нового органического соединения как стимулятора роста растений и ингибитора атмосферной коррозии;

3. Результаты лабораторных, полевых и натурных испытаний эффективности полученного вещества;

4. Рекомендации по применению полученного соединения в качестве стимулятора роста и защитного материала;

5. Результаты оценки технико-экономической эффективности полученных результатов.

Апробация работы. Результаты теоретических и экспериментальных исследований представлены, обсуждены и одобрены на научных конференциях, совещаниях, семинарах, в том числе:

- Международной научно-практической конференции «Современные технологии», Петрозаводск, 2023;

- Всероссийской научно-практической конференции с международным участием и Всероссийской Школе молодых учёных «Актуальные проблемы развития научных исследований и инноваций в сельскохозяйственном производстве», Белгород, 2023;

- Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием «Актуальные вопросы современных технологий производства и переработки сельскохозяйственной продукции», Курск, 2023;

- 2-й Международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров «Технологии, машины и оборудование для проектирования, строительства объектов АПК», Курск 2024;

Публикации. По теме диссертации опубликовано 19 печатных работ, в том числе 4 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК, 2 статьи в журналах, рецензируемых международной базой данных Scopus, 4 патента на изобретение.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 152 страницах, состоит из введения, основной части, содержащей 24 таблицы и 41 рисунков, заключения, принятых сокращений, списка литературы, включающего 156 наименования, в том числе 20 на иностранном языке и 10 приложений.

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1. Анализ хранения сельскохозяйственной техники

Особенностью сельскохозяйственной техники является её узкая специализация и кратковременность использования в течение года. Известно, что тракторы и автомобили хранятся 60 – 70 % календарного времени. Для многих специализированных машин (плуги, сеялки, сажалки, комбайны и т.д.) эта величина составляет 85 – 97 % [74]. Такую сезонность эксплуатации можно объяснить цикличностью сельскохозяйственных работ, которые определяются погодными условиями и необходимостью выполнения определённых агротехнических приёмов.

В соответствии с правилами хранения тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин [37], они должны храниться в закрытых помещениях или под навесом. Допускается хранение на открытых оборудованных площадках. При этом ГОСТ 7751-2009 определяет несколько видов хранения: *межсменное*, не превышающее десяти дней; *кратковременное*, не превышающее двух месяцев, и *длительное* – свыше двух месяцев, и предписывает мероприятия по защите металлических поверхностей агрегатов от атмосферной коррозии.

Наиболее надёжно защитить поверхности машин от прямых атмосферных воздействий позволяет закрытый (гаражный) способ хранения, однако, он требует больших средств на строительство, обслуживание и ремонт помещений [102].

Многие хозяйства используют комбинированный способ хранения, при котором наиболее ответственные и подверженные быстрому разрушению узлы и механизмы снимают и хранят в помещении (навесные устройства тракторов и комбайнов, электрооборудование и др.), а сам агрегат хранится на открытой

площадке [49]. Площади закрытых помещений при этом составляют незначительную часть от всей площади, занимаемой машинами.

Хранение техники в закрытом помещении, а также под навесом, позволяет уменьшить коррозионное воздействие атмосферы, но не исключает его полностью (таблица 1.1). Именно поэтому, вне зависимости от вида хранения, ГОСТ 7751-2009 [37] и ГОСТ 9.014-78 [38] предусмотрена обязательная консервация внутренних и наружных поверхностей тракторов, сельскохозяйственных машин и орудий.

Таблица 1.1 – Потери металла от коррозии в зависимости от вида хранения машин [40]

Вид хранения	Потери металла (%) в зависимости от покрытия площадки для хранения		
	деревянное	кирпичное	земляное
Открытое	2,4	2,6	4,6
Закрытое	1,2	1,2	2,2

Из данных таблицы 1.1 видно, что наибольшая сохранность техники достигается в закрытых помещениях на площадках из дерева или кирпича, что способствует снижению коррозии более чем в 2 раза.

При хранении сельскохозяйственной техники коррозионные воздействия разрушают и качественно изменяют поверхность деталей, что способствует снижению износостойкости и усталостной прочности, и как следствие, приводит к преждевременному выходу машин из строя. Например, по данным Севернева М.М. [133], предварительная коррозия сталей Ст3 и 45 в течение двадцати месяцев приводит к увеличению скорости изнашивания сталей в кварцевом песке при закрытом хранении примерно в 2,1...2,3 раза, на открытой площадке (над почвой) – в 3,8...5,3 раза, на поверхности почвы и в среде удобрений – в 3,2...6,8 раза.

По данным Северного А.Э., усталостная прочность изделий из стали при хранении в течение 12 месяцев на открытой площадке снижается на 28 – 58 %

[17,114,115]. Поэтому актуальным вопросом для эксплуатации такой техники является не только улучшение ее технико-экономических показателей, но и показателей надежности, в частности, ее сохраняемости.

1.2. Атмосферная коррозия в условиях сельскохозяйственного производства

Атмосферной называется коррозия металлов во влажном воздухе при температуре окружающей среды [1,6,11,13,18,25,45,83,108,117,122,123,126]. Атмосферная коррозия — наиболее распространенный вид электрохимической коррозии. Подчиняясь основным закономерностям, связанным с протеканием коррозионного процесса, атмосферная коррозия имеет ряд особенностей, касающихся прежде всего условий возникновения и некоторых факторов, влияющих на скорость процесса [11,18,45,83].

Коррозионной средой во всех случаях является пленка влаги, в которой растворены кислород и двуокись углерода, а в промышленной атмосфере — также двуокись серы, окислы азота, сероводород и другие газы. Толщина пленки в зависимости от условий образования может быть в диапазоне от десятков ангстрем до десятых долей миллиметра. При толщине 1 мм и больше говорят о полном погружении металла в электролит. Пленка влаги образуется или после непосредственного смачивания металла дождевой или иной водой, или в результате конденсации на поверхности [18,108,123].

Этому типу коррозии подвергаются такие инженерные сооружения, как верхние надстройки кораблей, мосты, средства связи, эстакады морских нефтепромыслов, оборудование химических и металлургических заводов, подвижной состав железнодорожного транспорта, автомобильный и авиационный транспорт, военная техника, сельскохозяйственные машины и пр. [20,108].

Было бы ошибочно считать, что атмосферная коррозия протекает всегда с малой скоростью. В определенных условиях коррозия в атмосфере может протекать с гораздо большей скоростью, чем в случае, когда металл непосредственно погружен в объем электролита [108].

Атмосферная коррозия деталей сельскохозяйственных машин происходит при их хранении как на открытых площадках, так и в закрытых помещениях. В условиях неотапливаемого закрытого помещения в течение первых четырех месяцев на незащищенных стальных образцах образуются мелкие коррозионные пятна, покрывающие 2 – 8 % от корродируемой поверхности. Спустя восемь месяцев ржавчиной покрывается около 80 % поверхности, а через 11 – 12 месяцев коррозия поражает всю поверхность стали [133].

На открытой площадке (над почвой) коррозионная активность окружающей среды гораздо выше, чем в закрытом помещении, и уже после четырёх месяцев хранения образцы покрываются ржавчиной по всей поверхности. Коррозия сталей по характеру близка к сплошной [133].

Из данных таблицы 1.2 видно, что интенсивность коррозии сталей находится в прямой зависимости от условий их хранения.

Таблица 1.2 – Атмосферная коррозия конструкционных сталей [133]

Место хранения	Коррозия, (г/м ² · год)		
	Сталь Ст3	Сталь 45	Сталь 65Г
В закрытом помещении	34,7	35,5	27,3
На открытой площадке	174,0	165,0	108,0
На поверхности почвы	208,0	186,0	179,0

Наибольшая степень коррозии сталей Ст3, 45 и 65Г наблюдается у образцов, расположенных на поверхности почвы. Скорость коррозии этих образцов выше в 5,2 – 6,5 раза по сравнению со скоростью коррозии образцов, хранившихся в закрытом помещении. Высокая скорость коррозии обусловлена тем, что образцы, контактируя с влажной поверхностью, содержащей различные

водорастворимые соли и кислоты, в совокупности с воздухом создают благоприятные условия для протекания электрохимической коррозии [133].

Наиболее подвержены коррозионным поражениям стороны образцов, непосредственно контактирующие с почвой, в то время как верхние стороны подвержены значительно меньшему воздействию. Однако на долговечность многих деталей сельскохозяйственных машин решающее влияние оказывает не общее коррозионное поражение, а глубина питтингов.

Глубина питтингов на незащищенной стали Ст3 при хранении в закрытом помещении составляет 0,035 мм в год и практически не оказывает значительного влияния на уменьшение долговечности деталей сельскохозяйственных машин. Глубина же коррозионных поражений этой же стали за год на открытой площадке достигает 0,100 мм, а на поверхности почвы – до 0,440 мм в год [133].

Атмосферная коррозия деталей сельскохозяйственных машин может усиливаться в несколько раз при наличии агрессивных сред, таких как минеральные и органические удобрения, ядохимикаты и почва. Оставшиеся после очистки машин частицы агрессивной среды при взаимодействии с влагой становятся химически активными и усиливают коррозионные процессы. В таблице 1.3 приведён ряд коррозионной активности минеральных удобрений.

Таблица 1.3 – Коррозионная активность минеральных удобрений [51]

Вид удобрения	Скорость коррозии стали, (г/м ² · год)				
	Ст3	35	45	50	65
Медный купорос	2078,0	2248,0	2942,0	2319,0	2968,2
Сульфат аммония	1055,0	1308,0	1294,0	1077,0	1531,0
Нитрофоска	886,9	938,0	984,2	988,6	976,3
Сильвинит	574,3	655,5	602,1	586,0	594,1
Аммиачная селитра	399,8	494,1	552,3	547,3	563,1
Суперфосфат простой	359,0	446,0	372,5	385,0	384,3
Мочевина	342,0	368,0	371,7	340,0	375,4
Суперфосфат гранулированный	338,4	427,8	351,2	363,6	361,3

Продолжение таблицы 1.3

Борат магния	288,9	730,0	763,0	802,0	810,3
Борнодатолит	244,0	191,0	223,4	172,0	225,7

Примечание. Влажность минеральных удобрений соответствовала их наибольшей коррозионной активности

Из данных таблицы видно, что наибольшая скорость коррозии наблюдается в медном купоросе и сульфате аммония. При попадании влаги в минеральные удобрения образуются соответствующие кислоты, которые определяют их коррозионную активность. Например, сульфат аммония или сернокислый аммоний – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ имеет слегка кислую реакцию. Он содержит не более 0,2 % свободной кислоты и не является окислителем. Однако сульфат аммония вызывает значительную коррозию у большинства металлов. Отличительной особенностью этого удобрения является способность его хорошо проникать сквозь защитные пленки и покрытия.

Сульфат аммония вызывает поверхностные раковины у алюминия. По сравнению со сталью и чугуном алюминий лучше противостоит его коррозионному действию, но корродирует больше, чем алюминиевая бронза. Поэтому защитные покрытия на металлических деталях разбрасывателей минеральных удобрений на основе алюминиевой бронзы хорошо предупреждают коррозию, вызываемую сульфатом аммония [13].

Установлено также, что детали машин из алюминия имеют значительно больший срок службы по сравнению с деталями, изготовленными из черных металлов, при условии, что каждый раз после работы машина подвергается очень тщательной очистке. Не подвергаются коррозии от сульфата аммония аустенитная сталь и свинец [13].

При этом глубина питтингов находящейся в среде минеральных удобрений стали Ст3 через 12 месяцев достигает: нитрофоска – 1,70 мм, медный купорос – 1,10 мм. В сульфате аммония коррозия происходит равномерно без питтингов [133].

Среди органических удобрений наибольшей коррозионной активностью обладают торфонавозно-щелочные и торфожижевые компосты, наименее

активны экскременты коров и навоз на их основе, а также низинный и верховой торф (таблица 1.4).

Таблица 1.4 – Коррозионная активность органических удобрений [133]

Наименование удобрений	Коррозия стали, (г/м ² · год)					
	65Г	25	Ст3	40Х	45	У8
Торфонавозно-щелочной компост	1197	896	857	750	781	841
Торфожижевой компост	1080	970	786	718	589	553
Навоз свиней на соломенной подстилке	796	603	721	563	532	503
Экскременты свиней	756	574	656	633	461	408
Помет кур	700	491	600	567	634	625
Жижа свиней	683	502	558	509	600	648
Жижа коров	674	459	542	483	587	620
Навоз коров на соломенной подстилке	666	450	520	510	567	626
Навоз коров на торфяной подстилке	657	421	642	520	538	586
Экскременты коров	605	360	440	524	535	569
Верховой торф	320	340	300	460	360	345
Низинный торф	260	240	160	340	280	200

Вязкие органические удобрения крайне неоднородны по своему составу, так как включают в себя частицы экскрементов, остатки кормов, подстилку, минеральные частицы и т. д., причем размеры и липкость этих компонентов различны. Наиболее липкие частицы, покрывая поверхность металла, создают пары дифференциальной аэрации, в которых участки с затрудненным доступом кислорода воздуха становятся анодами и подвергаются разрушению.

Таким образом, скорость коррозии в органических удобрениях зависит от ряда факторов, основным из которых является скорость подачи кислорода воздуха к катодным участкам корродирующей поверхности.

Среди ядохимикатов наибольшей коррозионной активностью обладают цинеб, хлорофос, прометрин (рисунок 1.1) [133].

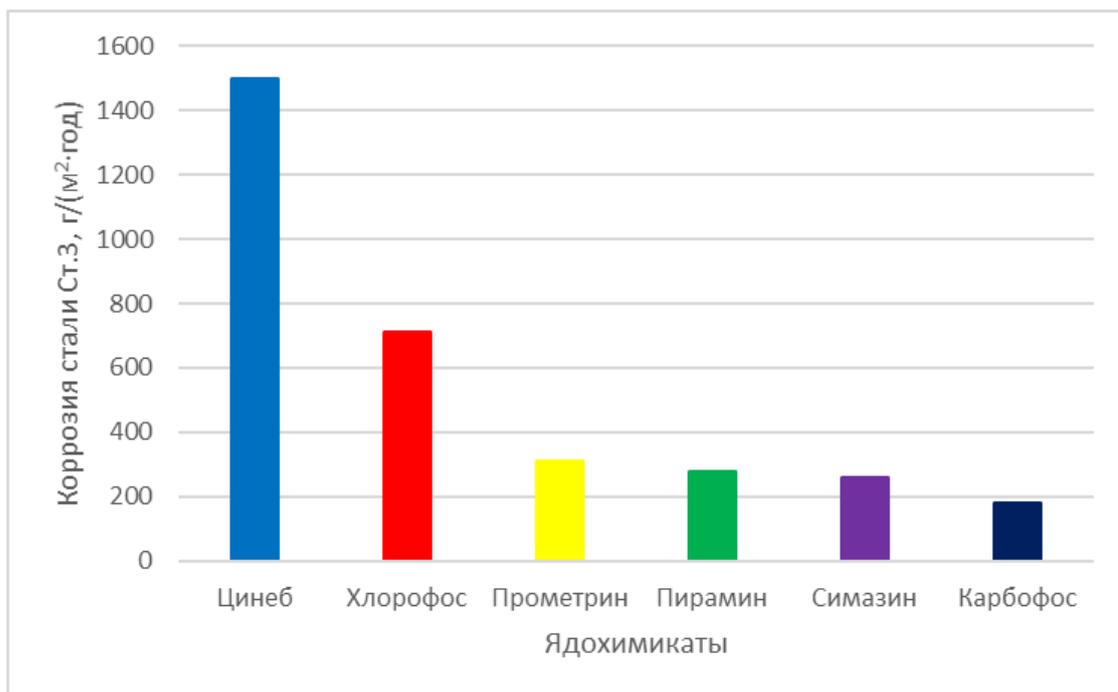


Рисунок 1.1 – Коррозионная активность ядохимикатов

Как видно из результатов многочисленных исследований, отсутствие качественной защиты сельскохозяйственной техники от атмосферной коррозии приводит к повышенному коррозионно-механическому изнашиванию и снижению усталостной прочности деталей. При этом резко падает долговечность и сохраняемость техники, сокращаются межремонтные сроки службы и возрастают затраты на ремонт и техническое обслуживание. Производительность агрегатов падает, наблюдаются различные поломки и простои техники, недопустимые в период полевых работ.

1.3. Характер коррозионного разрушения СХТ

Разрушения узлов и деталей сельскохозяйственных машин объясняются особо тяжелыми условиями их эксплуатации (рисунок 1.2) (атмосферные осадки, влажный воздух, значительные динамические нагрузки, работа в абразивных средах). Рабочие органы машин для внесения минеральных удобрений в процессе работы находятся в особо агрессивной среде.

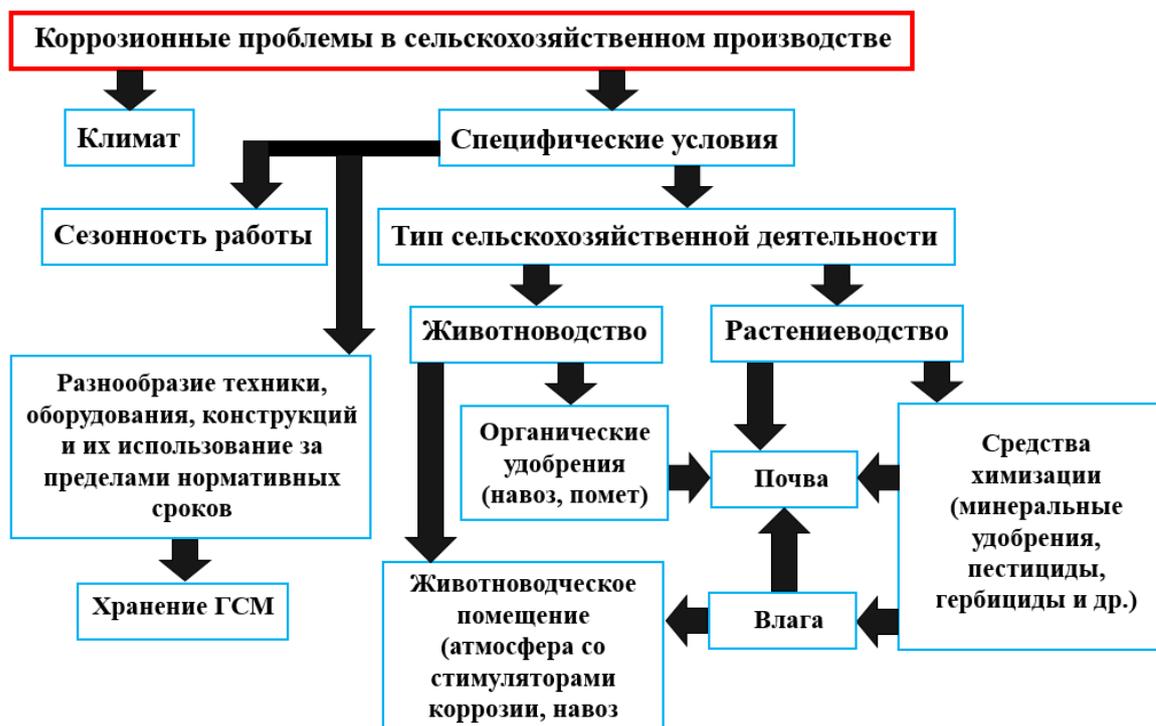


Рисунок 1.2 – Некоторые условия возникновения коррозионных проблем в сельскохозяйственном производстве [59]

Известно, что большая часть минеральных удобрений вносится туковыми сеялками и различными разбрасывателями (около 70 % общего количества удобрений) ранней весной и осенью, когда наблюдается большая влажность воздуха (дожди, туманы). Но и при сухой погоде минеральные удобрения вызывают коррозию металлов. К тому же удобрений, совсем не вызывающих коррозию металлических частей машин, не существует.

К числу деталей, подверженных коррозионным разрушениям, относятся: бункер, высеивающие катушки, рама, вальцы, подающие тарелки, ленточный транспортер [41]. Кроме того, подвержены коррозии и дозаторы опрыскивателей, поскольку находятся в контакте с минеральными удобрениями и ядохимикатами, разрушающими защитное покрытие и вызывающими коррозию металла (рисунки 1.3 и 1.4).

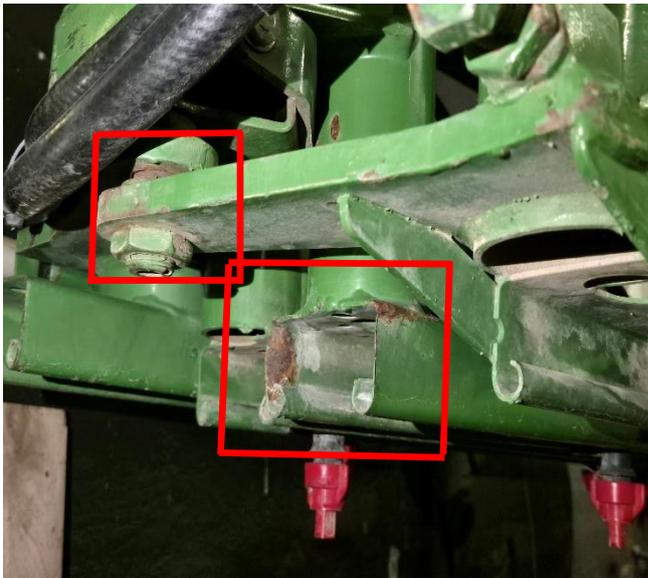


Рисунок 1.3 – Коррозионные поражения навесного опрыскивателя Amazone UF

900



Рисунок 1.4 - Коррозионные поражения разбрасывателя удобрений AMAZONE

ZA-M 900

Помимо того, что удобрения оказывают высокое коррозионное действие на металлы, они сами изменяют свои физико-механические свойства из-за насыщения влагой и механического воздействия на них движущихся частей машин. Порошкообразные удобрения обычно гигроскопичнее гранулированных и образуют своды в массе удобрений. Установка ворошилок и скребков в туковых ящиках сеялок или кузовах разбрасывателей вызывает налипание и уплотнение удобрений, из-за чего может меняться равномерность выхода удобрений. Кроме того, машины вносящие минеральные удобрения, подвержены и абразивному воздействию гранулированных удобрений, в результате чего нарушается целостность защитного покрытия и создаются условия, вызывающие коррозию металлических поверхностей машин.

В конструкциях машин множество поверхностей, соединений, узлов и деталей оказываются под прямым воздействием атмосферной и разнообразных видов коррозии, сочетающихся с динамическими нагрузками, возникающими при работе машин. Авторами [29,57,85] были предложены классификации типовых сред, а также типичных узлов и деталей машин по видам коррозионных и коррозионно-механических разрушений (таблицы 1.5 и 1.6).

Таблица 1.5 - Классификация типовых сельскохозяйственных сред по степени опасности коррозионных воздействий [29,57,85]

Группа коррозионной опасности	Тип среды и ее особенности	Значения коррозионных потерь углеродистой стали Ст3	
		г/м ² · год	мкм/год
I	Открытая атмосфера сельской местности:		
	Зона умеренного климата	100 – 217	13 – 28
	Зона холодного климата	90 – 110	11,5 – 14
II	Атмосфера животноводческого помещения:		
	Коровник	440 – 640	56 – 82
	Свинарник	558 – 721	71 – 92
	Птичник	500 – 600	64 – 76
III	Среда минеральных удобрений и ядохимикатов:		
	Суперфосфат	350 – 380	35 – 40

Продолжение таблицы 1.5

	Аммиачная селитра	380 – 400	38 – 50
	Нитрофоска	850 – 900	100 – 120
	Сульфат аммония	910 – 1100	125 – 145
	Медный купорос	1900 – 2100	250 – 270

Убытки, наносимые коррозией, чрезвычайно велики и связаны не только с потерей самого металла, но и в гораздо большей степени с последствиями, называемыми коррозионными разрушениями. Эти разрушения могут проявляться в разнообразных формах, от снижения прочности конструкций до полной их неработоспособности.

Таблица 1.6 - Классификация деталей по видам коррозионного разрушения [121]

Вид разрушения материала	Детали, подвергающиеся разрушению	Характер повреждений	Причина разрушения
Атмосферная коррозия	Кабины, кузова. Детали, подвергающиеся действию атмосферных осадков и влажного воздуха	Образование рыхлых пленок окислов железа с последующим шелушением и возникновением очагов точечной коррозии	Неудовлетворительное нанесение защитных покрытий, плохой уход за машиной
Коррозия в электролитах	Котельные установки, экономайзеры, сосуды химической очистки и водоочистки, сосуды с жидкими удобрениями	Коррозионные питтинги, рассеянные по всей поверхности деталей, местная коррозия вблизи соединений листов и рамы конструкций	Развитие электрохимических процессов в результате неоднородности материала при наличии свободного доступа кислорода
Газовая коррозия	Детали котельных топок, клапаны ДВС,	Образование на поверхности детали плотного и хрупкого	

<p>Газовая коррозия</p>	<p>заготовки деталей перед ковкой или термической обработкой, электрические нагревательные приборы</p>	<p>слоя окислов металлов</p>	<p>Высокая температура и низкая окалиностойкость материала</p>
<p>Коррозионная усталость</p>	<p>Оси и штоки насосов, металлические канаты, рессоры и другие детали, испытывающие знакопеременные нагрузки в коррозионных средах; детали автомобилей и тракторов, подверженных действию выпускных газов</p>	<p>Поверхность коррозионно- усталостного излома отличается от типичного усталостного, так как она подвержена действию коррозии и покрыта слоем ее продуктов</p>	<p>Совместное действие переменных напряжений и коррозионно-активной среды</p>
<p>Коррозионное растрескивание</p>	<p>Напряженные детали, находящиеся под действием концентрированных щелочных растворов; сосуды из коррозионностойкой стали, детали, изготовленные из латуни, дуралюмина, магниевых сплавов</p>	<p>Появление сетки трещин по границам зерен, сопровождающееся резким снижением прочности материала</p>	<p>Избирательное коррозионное разрушение границ зерен или разрушение одного из компонентов сплава под влиянием коррозионной среды и механических напряжений</p>

Коррозия при трении	Болтовые и заклепочные соединения, посадочные поверхности подшипников качения, зубчатых колес, муфт; Детали, находящиеся в подвижном контакте	Возникновение на поверхностях трения, особенно по границе контакта, коррозионных повреждений в виде отдельных пятен или полос небольшой глубине	Непрерывное разрушение защитной окисной пленки в точках подвижного контакта
---------------------	---	---	---

Анализ коррозионных разрушений позволил количественно оценить значения коррозионных разрушений деталей и сопряжений сельскохозяйственных машин. Наиболее подвержены коррозионным разрушениям кабины, кузова, котельные установки, сварные соединения, сегменты и вкладыши режущих аппаратов комбайнов, втулочно-роликовые цепи и др.

1.4. Методы и средства защиты СХТ от атмосферной коррозии

Для защиты от коррозионного разрушения используются различные консервационные материалы. В качестве таких материалов находят применение лакокрасочные и битумные покрытия, а при хранении в помещении запасных частей и некоторых демонтированных с машин деталей – ингибированные бумаги. Широко используются консервационные смазки и антикоррозионные присадки, вводимые в масла с целью придания последним консервационных свойств.

В работах многих авторов [3,15,22,24,34,38,87,107,115,127,134 и др.] исследован большой ассортимент материалов, используемых для защиты различных изделий машиностроения. ГОСТ 9.014-78 на консервацию

металлических изделий [38] рекомендует следующие наиболее эффективные и универсальные масла и смазки: АМС-3, ЗЭС, ГОИ-54П, СХК, ПВК, НГ-204У, К-17, НГ-203 (марок А, Б и В), а также масла с добавлением 5...15 % антикоррозионной присадки АКОР-1 и др.

Защитная смазка НГ-203 (марок А, Б и В) применяется для защиты от коррозии наружных и внутренних поверхностей стальных и чугунных изделий и механизмов. Представляет собой маслянистую вязкую жидкость черного или темно-коричневого цвета, состоит из 50 % нитрованного масла с присадками сульфоната кальция (40 %) и окисленного петролатума (10 %) [50].

Смазки НГ-203Б и НГ-203В можно использовать как рабочее масло с добавлением любого другого масла, рекомендованного для данного типа конструкции [127]. К недостаткам относится сложность производства и недостаточная эффективность защиты [72].

Смазки К-17 и К-19 (К-17Н) готовятся на базе авиационного МС-20 и трансформаторного ТК масел. По причине их повышенной вязкости в ряде случаев требуется промывка после расконсервации, т.к. оставшаяся на поверхностях смазка может загущать штатное масло и ухудшать его рабочие характеристики [135].

Добавление в обычные картерные масла присадки МНИ-5 придает им хорошие антикоррозионные свойства. Попадающая в это масло вода образует мелкодисперсную эмульсию типа «вода в масле»: мельчайшие капельки воды окружаются слоем масла, которое препятствует прилипанию воды к металлу [127].

Часто в хозяйствах при отсутствии ингибированных антикоррозионных смазок для консервации применяются обезвоженные моторные масла, однако они непрочны и быстро выдуваются ветрами, смываются дождями и пригодны на небольшой срок хранения [127].

Смазка СХК (сельскохозяйственная консервационная) состоит из петролатума, минерального масла и присадки МНИ-3. Плавится при температуре от +52 до + 62 °С, совершенно не смывается дождями и хорошо предохраняет

металл от коррозии в течение года, не рекомендуется для тех узлов и механизмов, расконсервация которых затруднена. Температура сползания - выше + 48 °С [127].

Применение петролатума в чистом виде затруднено из-за высокой вязкости и большой адгезии. Для удобства его разбавляют отработавшими маслами [127].

Пластичные смазки ПВК и СХК состоят из смеси цилиндрического масла и петролатума с добавлением антикоррозионных присадок МНИ-7 (ПВК) или МНИ-3 (СХК) [50]. Проведенные испытания [58,99 и др.] показали высокую эффективность смазок в условиях закрытого и открытого хранения техники. Однако консервация ими трудоемка, необходимы обезвоживание, разогрев смазок, значительная толщина покрытия и большой расход материалов.

Часто в хозяйствах для наружной консервации используют раствор битума в бензине. Растворение битума в бензине производится в хозяйствах при нагревании открытым пламенем, что нередко вызывает вспышку паров бензина и может приводить к несчастным случаям в результате пожара или взрывов. Битум проявляет невысокие защитные свойства, создавая временное механическое препятствие для доступа влаги. В виде паров и в распыленном состоянии битум оказывает вредное воздействие на легкие и кожу оператора, т.к. содержит самое сильное канцерогенное вещество – 3,4 – бензапирен. Это воздействие усиливается при использовании в качестве растворителя этилированных бензинов.

Антикоррозионная присадка АКОР-1, рекомендуемая для добавления в масла [38], представляет собой высоковязкую маслянистую жидкость (100 сст при 100 °С), механизм действия которой основан на вытеснении влаги с поверхности металла и ограничении доступа водяных паров [47]. Концентрация присадки в масле должна быть не менее 10...20 % [50,58,67 и др.].

В технически обоснованных случаях допускается консервация маслами с присадками МСДА-11 и МСДА-18. Эти присадки обладают невысоким защитным действием по отношению к чугунам и вводятся в масла в количестве

до 10% и более. В состав присадок входят маслорастворимые соли цикло- и дициклогексиламина, являющиеся ядовитыми и канцерогенными веществами. Работа с ними допускается только с соблюдением специальных требований техники безопасности [96,97]. Присадка КП обладает лучшими защитными свойствами, чем АКОР-1 и МСДА. Однако для обеспечения защиты добавляется к маслам в количестве не менее 20 % [61,99,100].

Следует заметить, что применяемые в качестве консервационных материалов моторные и трансмиссионные масла (в том числе и обезвоженные) [99], обладают очень слабым и непродолжительным защитным действием и практически не оказывают влияния на электрохимическую коррозию. Пленки таких масел незначительно препятствуют проникновению газов и влаги к поверхности металла, т.к. рабочие присадки не уменьшают скорости диффузии [67]. В случае прямого воздействия атмосферных осадков срок их защиты составляет лишь несколько часов [99,127].

В некоторых хозяйствах для наружной консервации используют отработанные масла (иногда с добавкой молотого мела 10:2 или 10:1) [71]. Эти материалы также не обеспечивают защиты, а в ряде случаев даже активизируют коррозию. Защитный эффект отработанных масел несколько усиливается после удаления смолистых осадков и др. соединений, образующихся при работе, серной и сернистой кислот – результат попадания продуктов сгорания сернистых топлив в масло и др., а также влаги, содержание которой в работавшем масле превышает 0,1 % [19,48].

Летучие ингибиторы используются в различных формах: порошкообразные (НДА, КЦА, Г-2), противокоррозионная бумага (например, НДА, УНИ и другие), растворы в воде или спирте (НДА, КЦА, Г-2 и др.), а также в виде линопонов на поролоне (лингал ВНХ-Л-49) и линасилей на силикагеле (линасиль ИФХАН-1). Кроме того, они могут быть представлены в таблетках (таблин ВНХ-Л-20) или в аэрозольной форме [67].

Водорастворимые ингибиторы, такие как нитрит натрия, хроматы, бихроматы, фосфаты, НДА, Г-2, ХЦА, уротропин, КЦА и бензотриазол,

применяются для защиты смазочно-охлаждающих жидкостей, пластичных смазок и тонкопленочных покрытий [67].

Водомаслорастворимые ингибиторы такие, как И-1-А, И-1-В, ИФХАН-1 и др., в основном используются в системах нефть - вода или нефтепродукт - вода. Маслорастворимые ингибиторы (например, М-1, М-2, АКОР-1 и др.) применяются в качестве добавок к топливам, маслам и защитным покрытиям для внутренней консервации и т.д. [67].

Консервационное масло АВТОКОН-ЛС ТУ 2389-059-27991970-00 изготавливается на основе ингибитора анодного действия ТЕЛАЗ ТУ 2461-060-27991970-02. Основные компоненты для синтеза ингибитора ТЕЛАЗ – это жирные кислоты, которые, взаимодействуя с диэтаноломином при температуре около 200 °С, подвергаются поликонденсации, в результате чего получают поверхностно-активные вещества – амиды жирных кислот. В сравнении с АКОР-1, эффективность КМ АВТОКОН-ЛС выше, при значении зольности 1,5 % [69,90].

Наружная консервация тракторов, сельскохозяйственных машин и орудий осуществляется путем нанесения консервационных материалов на поверхности деталей в местах отсутствия лакокрасочного покрытия (штоки цилиндров гидросистем, шкивы ременных передач, ножи режущего аппарата и др.), а также в местах повреждения покрытия в период полевых работ (днище жатки, скаты подборщика, детали режущего аппарата и др.). Поверхности, покрываемые защитными составами, предварительно очищаются от загрязнений. Нанесение консервационных материалов производится с помощью кисти, тампона или распылением [37,38,112].

Процесс внутренней консервации коробок передач, редукторов и др. механизмов [115,119] состоит из слива работавших масел, промывки объемов (свежим маслом, смесью масла с дизельным топливом или с керосином), заливки консервационных масел (смазок, свежих рабочих масел) и последующей прокрутки узла для попадания масла на поверхности деталей. Законсервированные объемы изолируются от окружающей среды с помощью

пробок, крышек, заглушек и чехлов. Консервация топливной аппаратуры производится добавлением к топливу маслорастворимых ингибиторов коррозии.

1.5. Обзор агрохимических средств в сельскохозяйственном производстве

За последние годы в России наблюдается увеличение объемов производства и применения минеральных удобрений. В структуре мирового производства удобрений преобладают азотные удобрения, на долю которых приходится 62 % мирового выпуска данной продукции, второе место занимают фосфорные удобрения, на долю которых приходится 23 % выпуска, на третьем месте – калийные удобрения, на долю которых приходится 15 % выпуска. Данные [116] о производстве минеральных удобрений в 2020 – 2022 годах представлены в таблице 1.7.

Таблица 1.7 – Производство минеральных удобрений или химических удобрений, химических средств защиты растений

Удобрения минеральные или химические (в пересчете на 100 % питательных веществ) млн. т в том числе:	2020	2021	2022
		24,9	26,4
Азотные	11,2	11,4	11,9
Фосфорные	4,2	4,3	4,3
Калийные	9,5	10,7	7,3
Инсектициды, тыс. т	27,5	34,3	25,8
Гербициды, тыс. т	97,9	109	126
Фунгициды, тыс. т	32,7	38,8	31,8

Производство минеральных удобрений обусловлено двумя основными факторами. Во-первых, рост численности населения Земли, во-вторых, ограниченные земельные ресурсы для сельскохозяйственного производства. Кроме того, почвы, пригодные для сельского хозяйства, стали истощаться, а их

естественное восстановление требует слишком длительного времени. В связи с этим общее мировое производство минеральных удобрений демонстрирует медленный, но стабильный ежегодный рост на уровне 3 – 4 %.

По данным Росстата, в 2022 году внесение минеральных удобрений в сельскохозяйственных организациях на один гектар посевной площади составило – 74 кг, а органических – 1,5 кг (таблица 1.8).

Таблица 1.8 – Внесение минеральных и органических удобрений под посевы в сельскохозяйственных организациях¹ [116]

Внесено минеральных удобрений на один гектар, кг: всей посевной площади	2015	2018	2019	2020	2021	2022
Внесено минеральных удобрений на один гектар, т: всей посевной площади	42	56	61	69	75	74
Внесено органических удобрений на один гектар, т: всей посевной площади	1,3	1,5	1,6	1,6	1,6	1,5

1 – без учета микропредприятий

В число крупнейших предприятий по производству аммиака мощностью около 20 млн тонн в год и азотных удобрений мощностью около 25 млн тонн в год входят предприятия «Уралхим», «ЕвроХим», «Акрон» и «ФосАгро» (рис. 1.5).

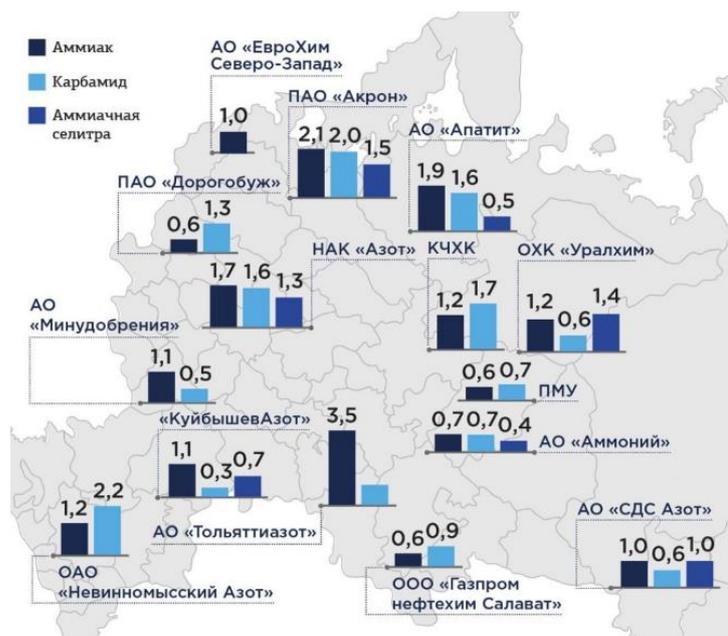


Рисунок 1.5 – Предприятия РФ по производству аммиака и азотных удобрений

Непрерывное увеличение производства и использования жидких комплексных удобрений (ЖКУ) - водных растворов питательных солей, содержащих два или три основных питательных элемента (азот, фосфор, калий). ЖКУ выпускаются в виде прозрачных растворов и в виде суспензий (СЖКУ) (таблица 1.9).

Жидкие комплексные удобрения получают нейтрализацией фосфорных кислот аммиаком с добавлением мочевины, аммиачной селитры, солей калия и, в отдельных случаях, соединений микроэлементов [32].

Таблица 1.9 – Производство минеральных удобрений, тыс. т

Наименование продукции	2023 г.	2022 г.	Изм., %
«Акрон»			
Аммиак	2 952	2 816	4,8
Раствор аммиачной селитры	2 932	3 059	- 4,1
Раствор карбамида	2 004	1 906	5,1
Азофоска (NPK)	2 368	2 226	6,4
Апатитовый концентрат	1 164	1 170	- 0,5
«ФосАгро»			
Фосфорсодержащие удобрения	8 388,7	8 224,4	2
Азотные удобрения	2 605,3	2 546,6	2,3

1.6. Выводы по главе и задачи исследования

Анализ работ, посвященных вопросам сохраняемости сельскохозяйственной техники, показал, что машины и оборудование подвержены воздействию различных факторов в ходе их эксплуатации. Эти факторы с точки зрения коррозии можно подразделить на три категории:

- атмосфера сельской местности;
- среда животноводческих комплексов;

- воздействие минеральных удобрений и химических препаратов.

Анализ каждого из этих факторов позволил установить интенсивность и тип разрушений деталей в зависимости от марки используемых материалов. Также были выявлены типы деталей и узлов в машинотракторном парке, которые особо подвержены коррозионно-механическому износу.

Для обеспечения надежной эксплуатации сельскохозяйственной техники необходимо включать обязательную противокоррозионную защиту. Эффективность применяемых защитных мер во многом зависит от точности и регулярности проведения всех технологических процессов, включая очистку и подготовку поверхности деталей перед нанесением защитных покрытий. Важен также контроль над состоянием покрытий в процессе эксплуатации техники, так как износ и повреждения могут снижать их эффективность. Регламентированные проверки и профилактическое обслуживание помогут своевременно выявить и устранить недостатки.

Анализ патентно-литературного обзора, представленного в главе, позволил сформулировать следующие задачи исследования:

1. Провести анализ условий хранения СХТ и влияния климатических и эксплуатационных факторов на её сохраняемость.
2. Выявить наиболее значимые факторы, влияющие на коррозионные разрушения металлических деталей и конструкций машин.
3. Научно обосновать концепцию создания высокоэффективных удобрений, обладающих антикоррозионными свойствами.
4. Выбрать допустимое сырье и разработать технологию органического синтеза нового удобрения с антикоррозионными свойствами.
5. Исследовать полученное органическое соединение, применяемое в качестве удобрения и ингибитора коррозии.
6. Разработать рекомендации по применению полученного материала.
7. Провести технико-экономическую оценку полученных результатов.

ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ ХЕЛАТНОГО КОМПЛЕКСА МЕДИ

2.1. Механизм коррозионных разрушений металлов, вызванных воздействием агрохимических веществ

Минеральные удобрения обладают высокой коррозионной активностью из-за наличия в составе ионов солей (нитратов, хлоридов, сульфатов, фосфатов, аммония, а также ионов металлов) и высокой гигроскопичности [55]. Данные соли легко поглощают атмосферную влагу и образуют на поверхности деталей тонкие слои растворов электролитов, свободно проникающих сквозь лакокрасочное покрытие и разрушающих металл. Коррозионное разрушение рабочих органов сельскохозяйственных машин происходит не только в рабочий период, но также и во время их хранения [41].

Из-за несоблюдения технологии хранения, обеспечивающей необходимый уровень противокоррозионной защиты, и оставления техники плохо очищенной, со следами минеральных удобрений, происходит ускорение процессов коррозии, снижение работоспособности и выход из строя деталей и механизмов.

Минеральные удобрения оказывают окислительное действие на металл различными способами, зависящими от состава солей. По характеру коррозионного воздействия солей на металл, удобрения можно разделить на следующие группы:

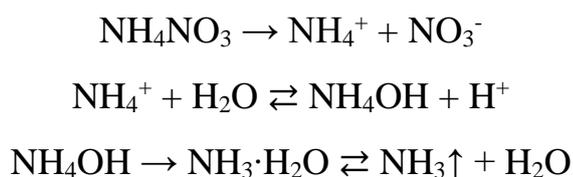
- повышающие кислотность среды (понижение pH);
- разрушающие защитную оксидную пленку на поверхности металла;
- провоцирующие биокоррозию;
- катодные деполяризаторы.

Некоторые удобрения влияют на процесс коррозии сразу по нескольким механизмам и потому могут относиться к разным группам.

К первой группе относятся минеральные удобрения, в состав которых входят соли, образованные сильной кислотой и слабым основанием. Такие соли подвергаются гидролизу по катиону, что приводит к высвобождению ионов водорода H^+ . К данной группе относятся практически все аммонийные удобрения: аммофос, нитроаммофос, диаммофоска, нитроаммофоска, нитрофоска, сульфат аммония, хлористый аммоний, аммонийная селитра.

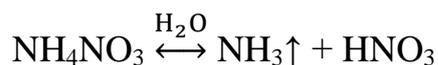
Значение рН воды является одним из важнейших параметров, определяющих скорость коррозии. Уже при рН <10 прекращается образование оксидной пленки, а при рН <6 начинается ее растворение.

При попадании аммонийного удобрения в воду, происходит растворение соли и ее диссоциация на ионы, после чего ион аммония, соответствующий слабому основанию, присоединяет гидроксид-ион:

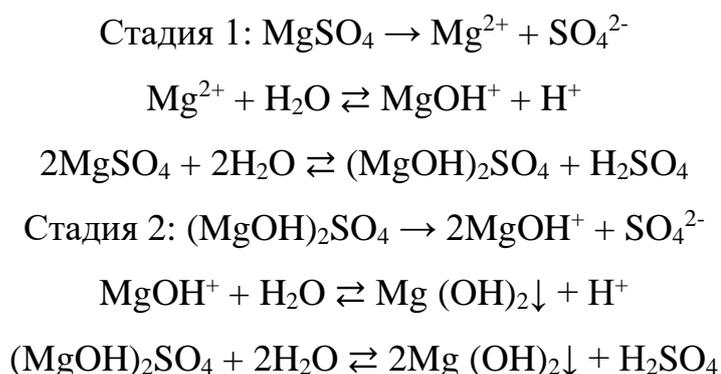


Гидрат аммиака – неустойчивое соединение, которое постепенно разлагается с выделением газообразного аммиака.

Результирующее уравнение гидролиза выглядит следующим образом:

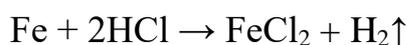
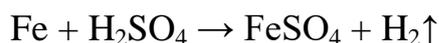


Также гидролизу по катиону подвергаются соли магния, входящие в состав таких удобрений, как фосфат магния-аммония, калимагнезия, калийномагниевого концентрат, калимаг. В отличие от солей аммония гидролиз протекает в две стадии:

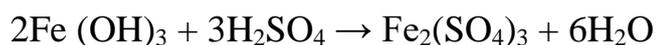
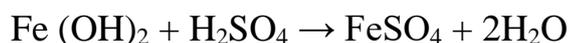
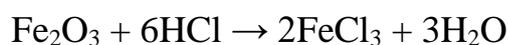
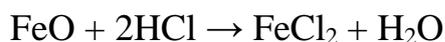




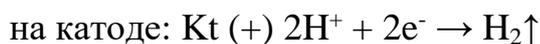
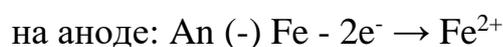
Как в случае аммонийных, так и в случае магнийсодержащих удобрений в процессе гидролиза образуются сильные кислоты, такие как азотная HNO_3 (из нитратных удобрений), серная H_2SO_4 (из сульфатсодержащих удобрений), соляная HCl (из хлоридсодержащих удобрений), вызывающие химическую коррозию железа:



Во всех рассмотренных случаях продукты окисления железа растворимы в воде и смываются с поверхности. Кроме того, вышеперечисленные кислоты легко реагируют с оксидами и гидроксидами железа, образующими защитную пленку на поверхности, что также увеличивает скорость коррозии, приводя к образованию растворимых солей, например:

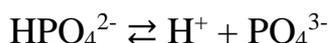


Кроме химической коррозии образующие в результате гидролиза кислоты способствуют и электрохимической коррозии с водородной деполяризацией катода:



Отдельно стоит упомянуть такие удобрения, как аммофос, карбоаммофоска, полифосфат аммония, нитроаммофос, карбоаммофос, диаммофоска, нитроаммофоска, азофоска, суперфосфат, суперфос. Важными составляющими перечисленных удобрений являются кислые соли ортофосфорной или полифосфорных кислот. Кроме гидролиза, которому эти соли также подвержены, содержащейся в них дигидрофосфат способен

диссоциировать по двум ступеням, приводя к увеличению концентрации ионов водорода H^+ и повышению кислотности среды, что также увеличивает коррозию железа, например, как в случае применения аммофоса, представляющего собой дигидрофосфат аммония:



Второй фактор, ускоряющий коррозию – разрушение защитной пленки на поверхности металла. Такое влияние оказывают соли из первой группы за счет образующейся в результате гидролиза кислоты, что было рассмотрено выше. Кроме ионов H^+ защитную пленку способны растворять хлорид-ионы Cl^- [12]. Хлориды, входящие в состав таких удобрений, как калий хлористый, каинит, хлористый аммоний, калимаг, карбоаммофоска, диаммофоска, нитроаммофоска, азофоска, нитрофоска, вызывают частичную депассивацию поверхности, увеличивая анодную площадь коррозионной пары, стимулируют образование рыхлых пористых осадков продуктов коррозии, слабо тормозящих коррозионный процесс и легко смываемых потоком воды.

Хлорид-ионы являются одними из тех ионов, которые оказывают наибольшее влияние на коррозию. Ионы Cl^- имеют небольшой радиус, сильно адсорбируются и легко проникают через пассивирующий слой, усугубляя коррозию металла. Известно, что ионы Cl^- стимулируют коррозию железа, разрушая оксидную пленку на анодных участках, и, таким образом, увеличивают скорость анодного процесса. Механизм такого разрушения заключается в том, что хлорид-ионы легко адсорбируются на поверхности оксидной пленки, вытесняя из нее ионы кислорода. После такого замещения в точках адсорбции ионов Cl^- получается растворимое в воде соединение железа $FeCl_3$, что приводит к образованию пор на этих участках оксидной пленки. Анодом в таких случаях выступает дно таких дефектов, а катодом - окружающие области металла. В результате происходит постепенное углубление коррозионных язв, которое

продолжается вплоть до окончательного механического разрушения элемента конструкции.

Таким образом, причинами активирующего действия хлоридов на процесс коррозии могут служить: 1) увеличение электропроводности раствора при попадании в него хлорид-ионов и, как следствие, исключение омической составляющей из общего контроля коррозии; 2) частичное разрушение хлорид-ионами нейтральных участков оксидных пленок в результате механического или электрохимического воздействия и образование участков, хорошо проводящих электроны. Вызванное действием хлоридов увеличение площади катодных участков ускоряет протекание катодного процесса, и коррозия ускоряется.

Присутствие некоторых ионов может вызвать появление биокоррозии, поскольку некоторые удобрения имеют в своем составе ионы, являющиеся субстратом для некоторых типов бактерий. Изменение концентрации хлоридов Cl^- и сульфатов SO_4^{2-} может влиять на рост микроорганизмов, тем самым изменяя скорость биокоррозии. Известно [14,46,110], что существуют оптимальные концентрации Cl^- и SO_4^{2-} , которые могут способствовать росту сульфатвосстанавливающих бактерий. Было обнаружено, что очень низкая концентрация Cl^- оказывает незначительное влияние на коррозионные свойства, однако, когда концентрация Cl^- увеличивается до 0,1 моль/л, соленость увеличивается, что способствует росту и прикреплению бактерий, усиливающих коррозию.

В результате жизнедеятельности сульфатвосстанавливающих бактерий образуются такие продукты метаболизма, как сульфиды и углекислый газ CO_2 , которые вызывают интенсивные процессы коррозии. Основным субстратом для сульфатвосстанавливающих бактерий являются сульфаты, которые присутствуют в таких удобрениях, как диаммофоска, нитрофоска сульфатная, сернокислый аммоний, суперфосфат простой, калимагнезия, калийномагниевого концентрат. Под действием бактерий сульфат восстанавливается до сульфида, который, реагируя со сталью, образует сернистое железо. Сущность этого процесса описывается следующими реакциями:

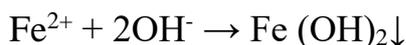
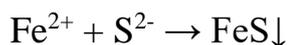
анод: $\text{Fe} - 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ (ионизация железа)

катод: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^- + \text{H}_2\uparrow$ (образование защитной пленки на катоде, препятствующей дальнейшему растворению металла);

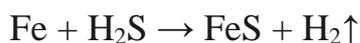
Далее в присутствии сульфатвосстанавливающих бактерий:



После чего вторичные реакции:



Поверхность металла подвергается питтинговой и язвенной коррозии. Язвы покрываются сверху рыхлыми продуктами коррозии, преимущественно состоящими из сернистого железа и гидрата оксида железа (II) $\text{FeO}\cdot x\text{H}_2\text{O}$. В присутствии кислорода коррозионные бугорки покрываются корочкой, состоящей из гидрата оксида железа (III) $\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot x\text{H}_2\text{O}$. Коррозия постепенно углубляется в металл, и происходит его разрушение до сквозных отверстий. Отложение сернистого железа FeS на поверхности железа способствует возникновению гальванических пар (анода и катода). Сернистое железо при этом служит катодом, а чистая поверхность разрушаемого металла - анодом. Кроме того, и сероводород, образующийся при гидролизе сульфидов, и углекислый газ проявляют кислотные свойства и понижают значение pH, что приводит к растворению уже существующей защитной оксидной пленки на поверхности металла (или препятствует образованию новой). Оксидная пленка становится рыхлой и легко смывается жидкостью. Понижение pH вызывает усиление химической коррозии металла с водородной деполяризацией катода [2,111,125]. Сероводород, взаимодействуя с ионами железа, образует нерастворимый сульфид железа:



Таким образом, при восстановлении сульфатов до сульфидов усиливается как электрохимическая, так и химическая коррозия железа.

Коррозия может усиливаться за счет еще одного механизма – прямого окисления железа солью, входящей в состав минерального удобрения. К таким

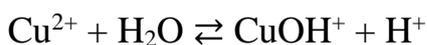
удобрениям относятся все нитратсодержащие удобрения: все селитры, нитроаммофос, диаммофоска, нитроаммофоска, азофоска, нитрофоска. Нитраты обладают следующей особенностью: при взаимодействии с железом происходит его окисление, и на поверхности металла возникает оксидная пленка [146]. Однако процесс возможен только при высокой концентрации нитратов в растворе. Малая же концентрация оказывает прямо противоположный эффект – происходит ускорение коррозии. В малых количествах нитрат-ионы только частично пассивируют поверхность, но при этом они являются эффективными катодными деполяризаторами. Поскольку минеральные удобрения могут содержать кислотные остатки, оказывающие влияние на скорость коррозии по разным механизмам, то даже большая концентрация нитратов может не приводить к образованию пассивирующего слоя из-за растворения его в кислой среде или под действием хлоридов.

Скорость коррозии металлических изделий в агрессивных средах при одновременном механическом воздействии на металлическую деталь значительно увеличивается. При одновременном воздействии на металл растворов минеральных удобрений (солей) и напряжений возможно коррозионное растрескивание или коррозионная усталость, приводящие к местному разрушению металла. Поэтому все описанные в главе процессы становятся наиболее опасными в работающем механизме.

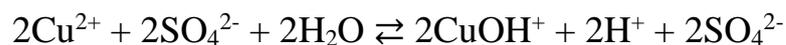
Медный купорос $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (пентагидрат сульфата меди) - кристаллогидрат соли, образованной сильной кислотой и слабым основанием, поэтому в присутствии воды происходит гидролиз по катиону в две стадии. Сначала происходит полная диссоциация сульфата меди на соответствующие ионы (катион меди Cu^{2+} и сульфат-анион SO_4^{2-}):



На первой ступени гидролиза ион меди Cu^{2+} взаимодействует с молекулой воды, что приводит к высвобождению ионов водорода H^+ . Данный процесс можно записать в виде краткого ионного уравнения (константа гидролиза $\text{pK}_1 = -7,64$):



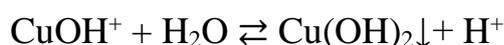
Соответствующее полное ионное уравнение:



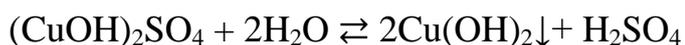
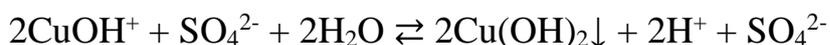
Отсюда следует, что первая ступень описывается молекулярным уравнением:



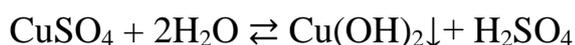
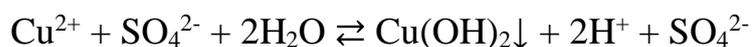
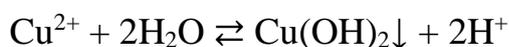
На второй ступени гидролиза происходит последующее взаимодействие катиона гидроксомеди CuOH^+ с водой (константа гидролиза $\text{pK}_2 = -8,60$):



Данный процесс описывается соответствующими полным ионным и молекулярным уравнениями:



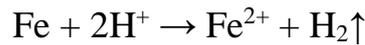
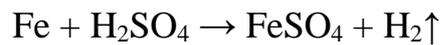
Таким образом, суммарно по двум ступеням молекулярное и ионные уравнения гидролиза сульфата меди будут иметь следующий вид (константа гидролиза $\text{pK} = \text{pK}_1 + \text{pK}_2 = -16,24$):



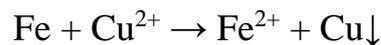
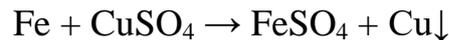
В растворе устанавливается равновесие между солью и образующими ее основанием и кислотой. Несмотря на то, что гидролизу подвергается не все количество сульфата меди, а только часть его, раствор данной соли будет иметь кислую реакцию вследствие высвобождения сильной серной кислоты, хоть и в небольшом количестве.

При контакте железа с раствором сульфата меди возникает как химическая, так и электрохимическая коррозия.

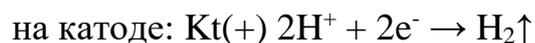
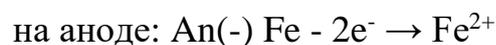
Поскольку стандартный электродный потенциал железа меньше нуля ($E_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}}^\circ = -0,44 \text{ В}$), железо может растворяться в серной кислоте, образующейся в результате гидролиза сульфата меди по уравнению:



Кроме того, возможно непосредственное взаимодействие железа с сульфатом меди по реакции замещения, так как стандартный электродный потенциал железа меньше потенциала меди ($E_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}}^\circ = -0,44 \text{ В}$; $E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^\circ = +0,34 \text{ В}$; $E_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}}^\circ < E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^\circ$):



Однако скорости данных процессов химической коррозии малы по сравнению со скоростью электрохимической коррозии, которая возникает при контакте двух металлов в растворе электролита. В данном случае вторым металлом выступает медь, оседающая на поверхности железа. При этом возникает гальванический элемент, где анодом служит более активный металл железо Fe, а катодом – медь Cu. Схема элемента и процессы, происходящие в нем, могут быть записаны следующим образом:



Поток электронов направлен от более активного металла Fe (с меньшей величиной электродного потенциала) к менее активному металлу Cu (с большей величиной электродного потенциала), и более активный металл Fe корродирует. Это перетекание электронов выравнивает значения потенциалов замкнутых электродов. На поверхности меди ионы водорода связывают электроны в катодном процессе, и в данном случае имеет место водородная деполяризация катода.

Скорость электрохимической коррозии тем больше, чем дальше отстоят друг от друга в ряду напряжений металлы, образующие гальванопару, и чем выше кислотность среды и температура.

2.2. Кинетика химических реакций при коррозионном растворении металлов

Основной задачей химической кинетики является измерение и расчёт скоростей реакций, а также построение кинетических кривых, то есть зависимостей концентраций реагирующих веществ и продуктов реакций от времени. Изучение процесса коррозии металлов является важной технической задачей. Основной постулат химической кинетики был сформулирован К. Гульдбергом и П. Вааге [103] в результате наблюдений за химическими реакциями, протекающими между газами, либо при слиянии растворов, то есть для гомогенных сред, когда все компоненты находятся в одинаковом агрегатном состоянии. Рассматриваемая в настоящей работе окислительно-восстановительная реакция протекает на границе двух фаз: металл окружающая среда, то есть является гетерогенным процессом. Межфазную границу можно представить, как фрактальную поверхность [128,129].

Расширим область приложения основного постулата для гетерогенной среды. На этом пути удастся получить качественные и количественные результаты, которые подлежат теоретическому анализу. Атомы железа, взаимодействуя с молекулами кислорода и воды, дают гидроксид железа.

Стехиометрическое уравнение химической реакции имеет вид:



Образующийся в результате электрохимического окисления гидроксид железа и называется ржавчиной. Согласно Гиббсу [63], запишем основное уравнение термодинамики:

$$dU = Tds - pdV + \mu_1 dN_1 + \mu_2 dN_2 + \mu_3 dN_3 + \mu_4 dN_4 \quad (2.2)$$

где μ_k , ($k = 1,2,3,4$) – химические потенциалы компонентов. Из уравнения в полных дифференциалах (2.2) следует, что внутренняя энергия U является энтропии S , объёма V и числа молей веществ N_k :

$$U = U(S, V, N_k), (k = 1, 2, 3, 4).$$

В закрытой системе, если изменение числа молей dN_k вызвано необратимыми химическими реакциями, то производство энтропии $d_i S$ можно представить в виде:

$$d_i S = -\frac{1}{T} \sum_{k=1}^4 \mu_k d_i N_k$$

Для полного изменения энтропии dS имеем:

$$dS = d_e S + d_i S$$

где

$$d_e S = \frac{dU + pdV}{T} - \frac{1}{T} \sum_{k=1}^4 \mu_k d_i N_k$$

Производство энтропии:

$$\frac{d_i S}{dt} = -\frac{1}{T} \sum_{k=1}^4 \mu_k \frac{dN_k}{dt} > 0 \quad (2.3)$$

то есть, при необратимых химических реакциях, закрытая система эволюционирует к равновесному состоянию.

Представим изучаемую химическую реакцию (2.1) в виде изменения числа реагентов A_1, A_2, A_3 и продукта A_4 :



Изменение числа молей веществ связаны между собой так, что изменение числа молей одного из реагентов или продукта полностью определяет соответствующие изменения числа молей всех остальных веществ [103]:

$$\frac{dN_1}{-a_1} = \frac{dN_2}{-a_2} = \frac{dN_3}{-a_3} = \frac{dN_4}{-a_4} = d\xi \quad (2.4)$$

Здесь полный дифференциал $d\xi$ называется изменением степени полноты реакции ξ . Отметим аналогию рассматриваемой системы дифференциальных уравнений (2.4) с задачами аналитической механики, где для отыскания недостающего интеграла движения вводится последний множитель Якоби [33]. В термодинамике необратимых процессов вводится понятие – *химическое сродство* A , которое применительно к нашей задаче представляется в виде:

$$A \equiv \mu_1 a_1 + \mu_2 a_2 + \mu_3 a_3 - \mu_4 a_4 \quad (2.5)$$

Оно служит движущей силой химической реакции. Скорость увеличения Энтропии (2.3) можно переписать как:

$$\frac{d_i S}{dt} = \left(\frac{A}{T}\right) \frac{d\xi}{dt} > 0 \quad (2.6)$$

Производство энтропии равно произведению термодинамической силы A/T на поток $d\xi/dt$. Поток представляет собой превращение реагентов в продукт и называется скоростью *реакции*.

Скорость реакции равна числу актов реакции за секунду в единичном объёме. Опираясь на *кинетический закон действующих масс* [103], составим систему дифференциальных уравнений химической кинетики для концентраций реагентов $[Fe]$, $[O_2]$, $[H_2O]$ и продукта реакции $[Fe(OH)_3]$:

$$\frac{d}{dt}[Fe] = -4\omega \quad (2.7)$$

$$\frac{d}{dt}[O_2] = -3\omega \quad (2.8)$$

$$\frac{d}{dt}[H_2O] = -6\omega \quad (2.9)$$

$$\frac{d}{dt}[Fe(OH)_3] = 4\omega \quad (2.10)$$

Для простых реакций скорости изменения концентраций веществ пропорциональны их стехиометрическим коэффициентам. Предположим, что скорость химической реакции ω пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ – газа и жидкости, возведённых в степени, равные соответствующим стехиометрическим коэффициентам:

$$\omega = k[O_2]^3[H_2O]^6$$

Константа скорости химической реакции (k) не зависит от концентраций участников химической реакции. Зададим начальные условия:

$$[Fe]_0 = B; \quad [O_2]_0 = \frac{3}{4}C; \quad [H_2O]_0 = \frac{3}{2}D; \quad [Fe(OH)_3]_0 = E \quad (2.11)$$

где B , C , D , E – некоторые константы. В теоретической механике поставленная проблема называется задачей Коши [89]. Из уравнений эволюции

(2.7), (2.8), (2.9), (2.10) и начальных условий (2.11) следует связь между переменными:

$$[O_2]_0 = \frac{3}{4}(-[Fe(OH)_3]) + C + E; \quad [H_2O]_0 = \frac{3}{2}(-[Fe(OH)_3]) + D + E \quad (2.12)$$

$$[Fe] = -[Fe(OH)_3] + B + E \quad (2.13)$$

Тогда получаем дифференциальное уравнение, описывающее изменение концентрации молекул гидроксида железа:

$$\frac{d}{dt}[Fe(OH)_3] = \frac{3^9}{4^5}k(C + E - [Fe(OH)_3])^3(D + E - [Fe(OH)_3])^6$$

После разделения переменных интегрирования возникает искомый интеграл:

$$\int \frac{d[Fe(OH)_3]}{(C + E - [Fe(OH)_3])^3(D + E - [Fe(OH)_3])^6} = \frac{3^9}{4^5}kt + C_1, \quad (2.14)$$

где C_1 – постоянная интегрирования. Интеграл вычисляется аналитически. Для этого следует подынтегральное выражение, являющееся рациональной функцией, представить в виде суммы простых дробей.

Введём обозначения $x \equiv [Fe(OH)_3]$, $a \equiv C + D$, $b \equiv D + E$ и получим:

$$\begin{aligned} I &\equiv \frac{1}{(a-x)^3(b-x)^6} \\ &= \frac{1}{(a-b)^3(b-x)^6} - \frac{3}{(a-b)^4(b-x)^5} + \frac{6}{(a-b)^5(b-x)^4} \\ &\quad - \frac{10}{(a-b)^6(b-x)^3} + \frac{14}{(a-b)^7(b-x)^2} - \frac{18}{(a-b)^8(b-x)} \\ &\quad + \frac{18}{(a-b)^8(a-x)} + \frac{4}{(a-b)^7(a-x)^2}. \end{aligned}$$

Тогда неопределённый интеграл (2.14) сводится к табличным:

$$\begin{aligned}
& \int \frac{dx}{(a-x)^3(b-x)^6} \\
&= \frac{1}{5(a-b)^3} \frac{1}{(b-x)^5} - \frac{3}{4(a-b)^4} \frac{1}{(b-x)^4} \\
&+ \frac{2}{(a-b)^5} \frac{1}{(b-x)} - \frac{5}{(a-b)^6} \frac{1}{(b-x)^2} \\
&+ \frac{2}{(a-b)^7} \frac{7a+2b-9x}{(a-x)(b-x)} - \frac{18}{(a-b)^8} \ln \left| \frac{b-x}{a-x} \right|.
\end{aligned} \tag{2.15}$$

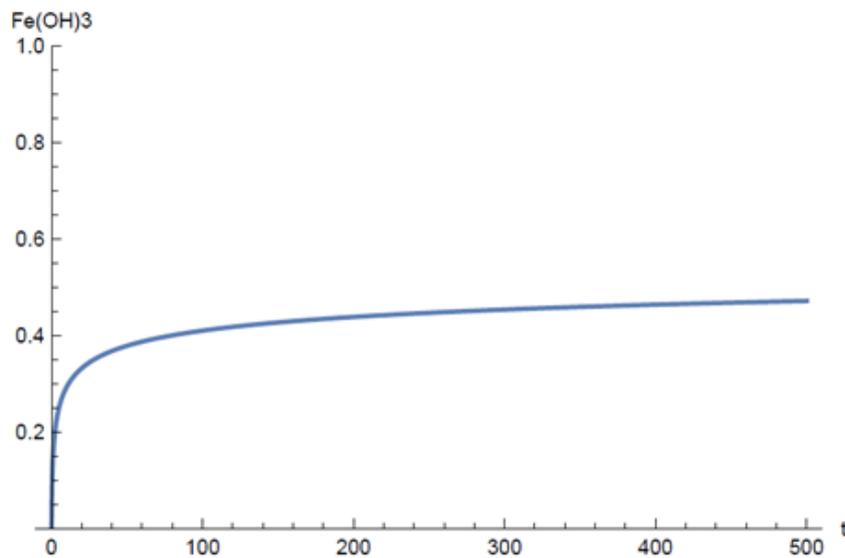


Рисунок 2.1 – Зависимость концентрации гидроксида железа от времени

Теперь возвращаемся к исходным обозначениям и выписываем полученное решение (2.15):

$$\begin{aligned}
& \frac{1}{5(C-D)^3} \frac{1}{(D+E-[Fe(OH)_3])^5} - \frac{3}{4(C-D)^3} \frac{1}{(D+E-[Fe(OH)_3])^4} \\
&+ \frac{2}{(C-D)^3} \frac{1}{(D+E-[Fe(OH)_3])^3} \\
&- \frac{5}{(C-D)^3} \frac{1}{(D+E-[Fe(OH)_3])^2} \\
&+ \frac{2}{(C-D)^7} \frac{7C+2D-9E-9[Fe(OH)_3]}{(C+E-[Fe(OH)_3])(D+E-[Fe(OH)_3])} \\
&- \frac{18}{(C-D)^8} \ln \left| \frac{D+E-[Fe(OH)_3]}{C+E-[Fe(OH)_3]} \right|.
\end{aligned} \tag{2.16}$$

Постоянная интегрирования C_1 в решении (2.14) находится из начальных условий (2.11). Она равна:

$$\frac{1}{5(C-D)^3 D^5} - \frac{3}{4(C-D)^4 D^4} + \frac{2}{(C-D)^5 D^3} - \frac{5}{(C-D)^6 D^2} + \frac{2(7C+2D)}{(C-D)^7 CD} + \frac{18}{(C-D)^8} \ln \left| \frac{D}{C} \right|.$$

Таким образом, получена аналитическая формула неявной зависимости концентрации молекул гидроксида железа от времени $[Fe(OH)_3](t)$. Представим на рисунке 2.1 типичный график функции $[Fe(OH)_3](t)$. Поскольку концентрации реагентов выражаются через концентрацию продукта реакции формулами (2.12), (2.13), получаем зависимости реагентов от времени. Представим на рисунке 2.2 типичный график функции $[F](t)$. Аналогично получаем графики убывания во времени концентраций $[O_2](t)$ (рисунок 2.3) и $[H_2O](t)$ (рисунок 2.4). Все графики с течением времени приближаются к соответствующим горизонтальным асимптотам, значит система за конечное время приходит к состоянию термодинамического равновесия. Влияние температуры на протекание химической реакции можно учесть, используя уравнение Аррениуса [103].

Константа скорости химической реакции (k) является параметром теории. Она будет служить характеристикой воздействия ингибиторов коррозии, таких как борат, этаноламинов и их комплексных соединений с металлами на скорость течения реакции [132].

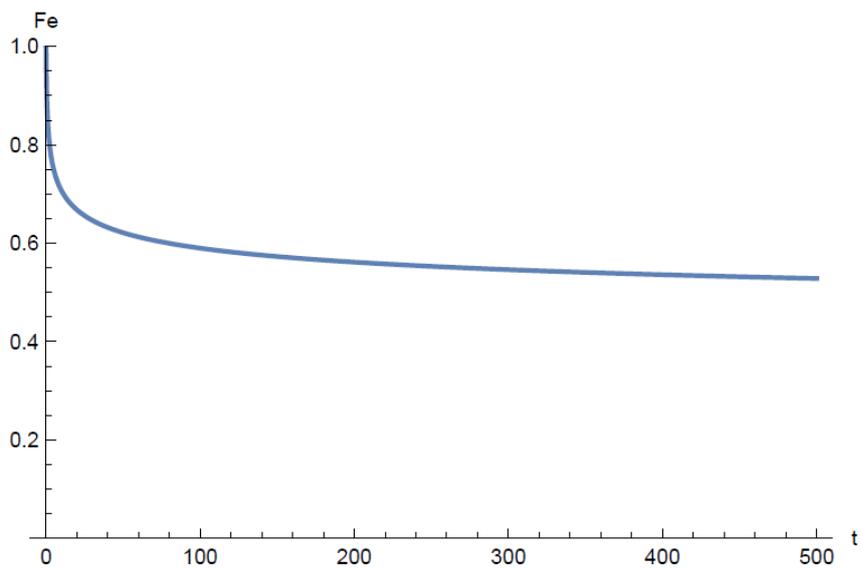


Рисунок 2.2 – Зависимость концентрации железа от времени

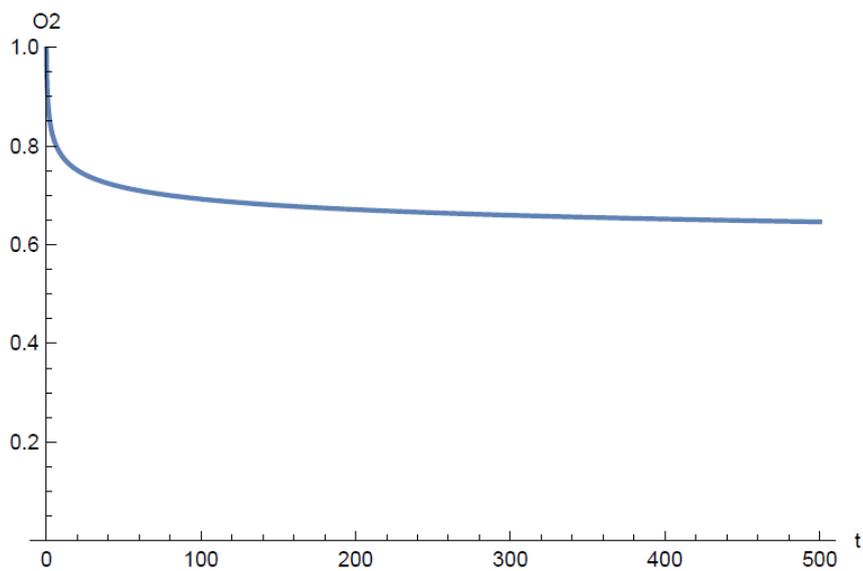


Рисунок 2.3 – Зависимость концентрации кислорода от времени

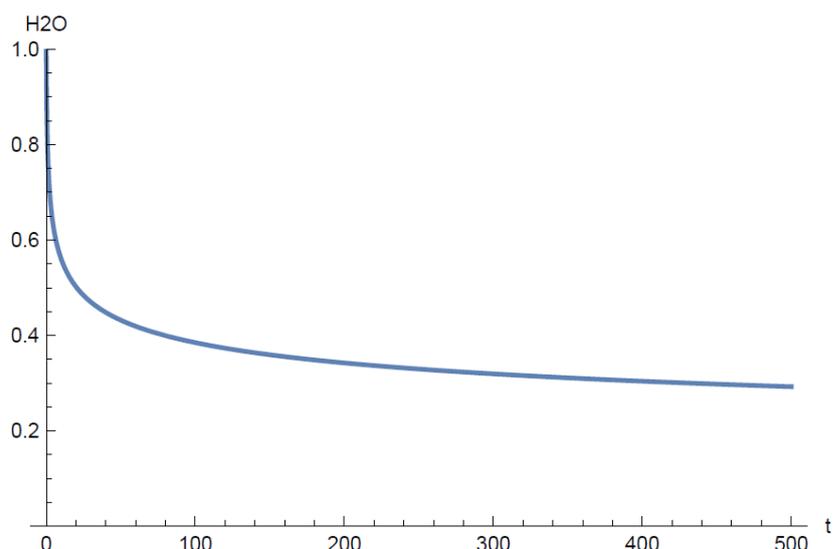


Рисунок 2.4 – Зависимость концентрации воды от времени

2.3. Научно-теоретические основы создания удобрений с антикоррозионными свойствами

Научно-теоретические основы создания удобрений с антикоррозионными свойствами представляют собой актуальную область исследований, направленных на увеличение сроков службы сельскохозяйственной техники и повышение урожайности сельскохозяйственных культур. Разработка таких удобрений требует глубокого понимания химических процессов, протекающих в растениях, а также взаимодействия удобрений с металлическими поверхностями.

В первую очередь, необходимо выделить основные компоненты, необходимые для нормального роста растений и способные снизить скорость коррозии. К таким компонентам относятся следующие элементы: углерод, кислород, водород, азот, сера, фосфор, калий, кальций, магний, бор, железо, марганец, медь, молибден и цинк. Каждый из них играет свою роль. Иногда к числу этих незаменимых для растений элементов причисляют и кремний. Для некоторых сельскохозяйственных культур полезны натрий, кобальт и хлор.

Водород и кислород растения получают из воды, а углерод (и кислород) - из углекислого газа [84].

Известно, что без азота не может существовать и развиваться ни одно растение, так как он входит в состав белка, нуклеиновых кислот и хлорофилла. Без белка не может возникнуть в растении ни одной живой клетки, а без хлорофилла растения не в состоянии поглощать и использовать энергию солнечных лучей. Несмотря на то, что растение буквально всю жизнь «купается» в азоте (содержание которого в атмосфере превышает 78 %), азот принадлежит к числу самых дефицитных элементов питания сельскохозяйственных культур [131]. Недостаток азота для питания растений объясняется тем, что свободный (молекулярный) азот, который содержится в атмосферном и почвенном воздухе, им недоступен.

Нормальное азотное питание сельскохозяйственных культур возможно за счет аммиака и селитры; в первом из этих соединений азот связан с водородом, а во втором – с кислородом [131].

Наряду с применением азотных, фосфорных и калийных удобрений важную роль играет применение микроудобрений, содержащих прежде всего таких микроэлементов как бор, медь, молибден, марганец, цинк, кобальт и йод. При удобрении растений микроэлементами не только повышается урожай, но и улучшается качество продукции сельскохозяйственных культур. При наличии микроэлементов растения лучше используют азотные, фосфорные и калийные минеральные удобрения [131].

Рядом исследований установлено [16,42,66,86,131], что бор повышает урожай овощей и улучшает их качество (сахаристость, витаминность, устойчивость к бактериальным заболеваниям). Бура и борная кислота являются химическими продуктами для технических нужд. Бор в этих солях находится в доступной для растений форме и в случае необходимости может быть использован для предпосевной обработки семян в виде 0,05 %-го раствора из расчета 6 – 8 л на 1 ц семян [131].

Медь принимает участие в окислительных процессах, протекающих в клетках растений, и входит в состав некоторых ферментов. При недостатке меди активность ферментов резко снижается [47]. Медь влияет также на превращение углеводов и азотистых веществ, повышает интенсивность дыхания и способствует значительному увеличению в растениях белков, крахмала, жиров и др. Кроме того, при внесении меди повышается устойчивость растений к грибным заболеваниям [131]. При внесении меди также важно учитывать степень ее доступности растениям.

Отмеченное положительное влияние перечисленных химических элементов на растения также оказывает положительное влияние на повышение коррозионной стойкости металлов.

Еще в первой половине XIX века было замечено влияние меди на уменьшение атмосферной коррозии малоуглеродистой стали. В исследованиях было установлено, что присутствие меди в количестве до 0,25 % в мягкой бессемеровской стали способствует уменьшению ее коррозии при переменном погружении образцов в воду и высушивании их по нескольку раз в день [75].

Влияние борной кислоты на снижение скорости коррозии отмечено в работах [47,70]. Например, эфир борной кислоты и триэтанолamina замедляет анодную реакцию, и при повышении его концентрации в технической воде скорость коррозии стального электрода снижается. Наиболее заметно это снижение при изменении концентрации в диапазоне 10 – 50 г/л.

Наиболее эффективными ингибиторами среди ингибиторов кислотной коррозии являются органические амиды, амины и их производные, азотсодержащие гетероциклические соединения, четвертичные соли аммония и фосфония, ацетиленовые спирты, альдегиды и ряд органических соединений серы [84].

Этаноламины (ЭА) представляют собой класс органических водорастворимых соединений, нашедших применение в качестве ингибиторов коррозии при межоперационном хранении деталей, антикоррозионных добавок

в охлаждающие жидкости, антифризы, моющие средства, а также при производстве неионогенных ПАВ [28,30,85].

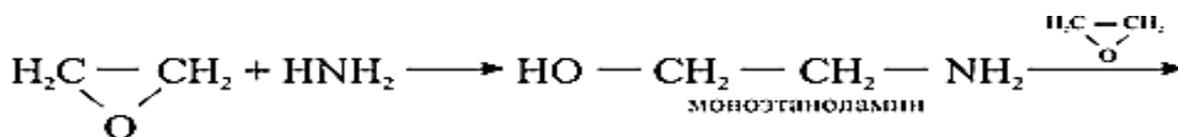
Моноэтаноламин может быть эффективным компонентом для защиты от коррозии сельскохозяйственной техники. Продукт конденсации борной кислоты с моноэтаноламином и растительным маслом обладает высокими водоотталкивающими и водовытесняющими свойствами в условиях повышенной влажности и температуры [90].

Борная кислота также полезна для защиты от коррозии. Аминоборатные комплексы на её основе формируют на поверхности металла защитную феррогидроксоаминоборатную плёнку [120].

Таким образом, из изложенного следует, что и для растений, и для защиты сельскохозяйственной техники могут применяться одни и те же химические элементы в определённом соотношении.

На рисунке 2.5 приведена схема органического синтеза получения хелатного комплекса меди при использовании следующего сырья [52]:

- моноэтаноламина (МЭА), получаемого из аммиака и оксида этилена;



- борной кислоты (H_3BO_3);

- мелкодисперсного порошка меди.

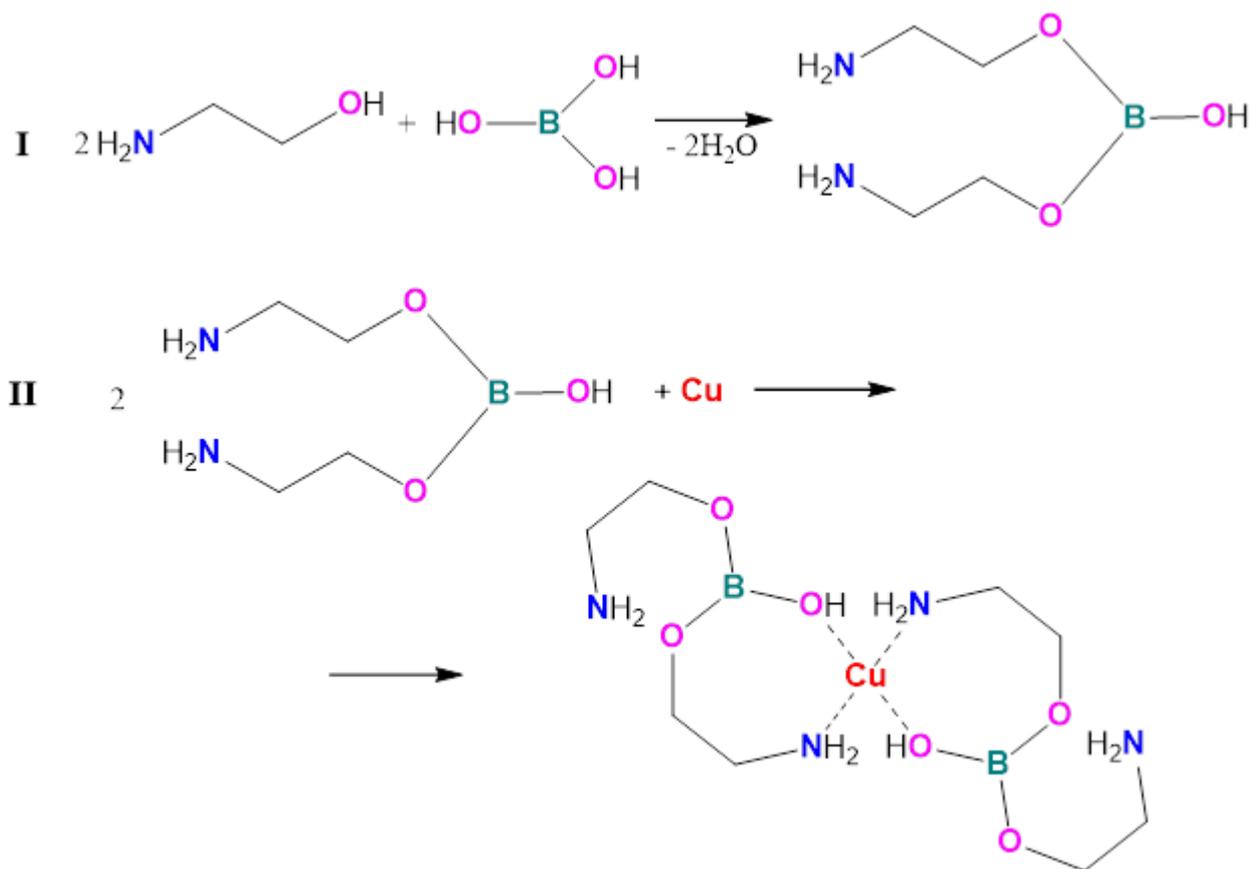


Рисунок 2.5 – Схема получения хелатного комплекса меди

На первом этапе борную кислоту и моноэтаноламин загружают в реактор (рисунок 2.6), полученную смесь нагревают до 150 °С. В результате реакции поликонденсации образуется органическое соединение – борат моноэтанолamina [52,92].

На втором этапе после охлаждения продукта до комнатной температуры в реактор добавляют порошок металлической меди, и при постоянном перемешивании выдерживают реакционную массу до полного растворения меди [52,92].

В результате получают комплексное соединение в результате присоединения к иону меди лиганда, в качестве которого выступает борат моноэтанолamina. Темно-синяя окраска полученного соединения указывает на связь медь-азот [52,92].

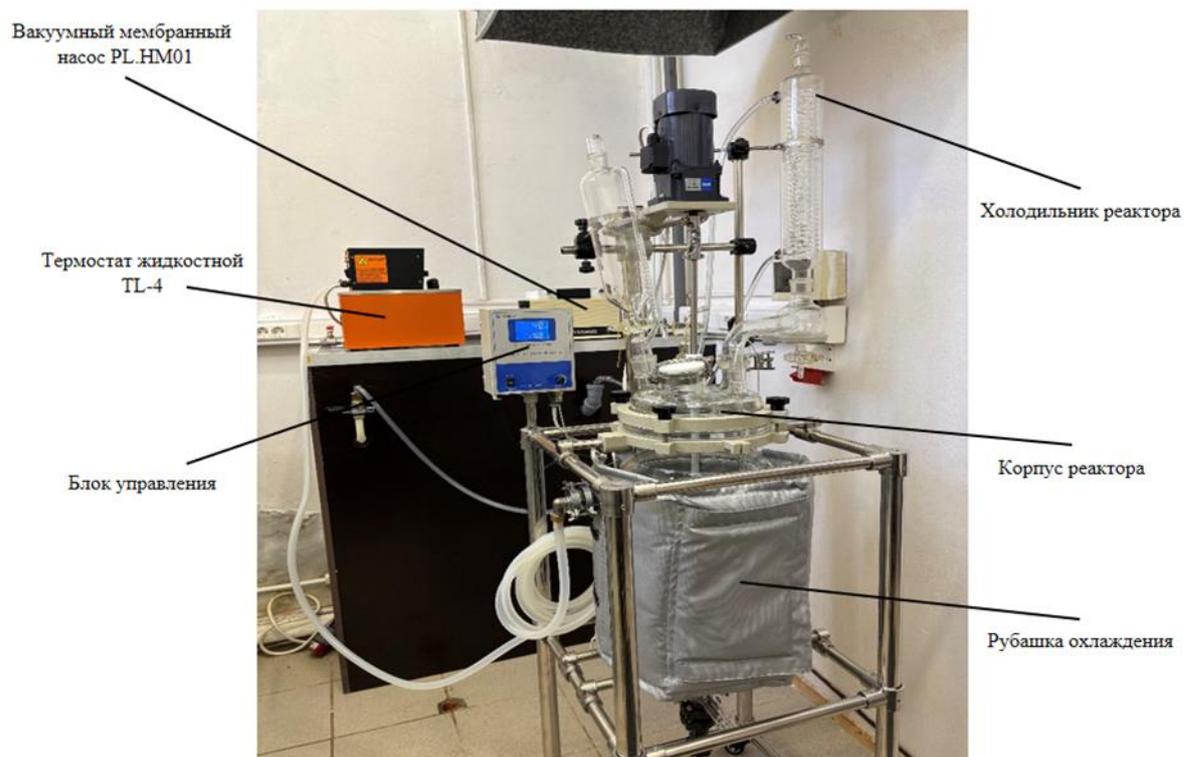


Рисунок 2.6 – Двухслойный реактор SF20 для органического синтеза

2.4. Выводы по главе 2

Теоретические исследования механизма коррозионных разрушений металлов, вызванных воздействием агрохимических веществ, а также кинетики химических реакций при коррозионном растворении металлов позволили сделать следующие выводы:

1. Проведенный анализ показал, что характер коррозионного воздействия различных удобрений на металлы можно разделить на следующие группы:

- влияние на pH среды;
- разрушающие защитную оксидную пленку на поверхности металла;
- стимулирующие биокоррозию;
- катодные деполяризаторы.

2. Проведен анализ механизма коррозии, вызванной различными химическими соединениями, используемыми в качестве удобрений.

3. Произведен аналитический расчет скоростей реакций и построены кинетические кривые (зависимость концентраций реагирующих веществ и продуктов реакций от времени), что позволяет провести оценку воздействия ингибитора коррозии на скорость течения реакции.

4. Разработаны научно-теоретические основы создания удобрений с антикоррозионными свойствами.

5. Произведен выбор материалов для органического синтеза.

6. В двухслойном реакторе синтезировано новое химическое соединение и описана его структурная формула.

ГЛАВА 3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1. Программа экспериментальных исследований

Исследование процессов коррозии под воздействием агрессивных сред можно моделировать с использованием современных методов и оборудования.

В соответствии с программой исследования (рисунок 3.1) одним из основных методов для изучения коррозии является потенциодинамическая поляризация, которая предоставляет информацию о кинетике процесса и позволяет определить, как коррозионные токи, так и потенциалы. Другой важный метод – это ускоренные лабораторные испытания, которые дают возможность исследовать влияние различных условий и параметров на скорость коррозии в короткие сроки. Этот метод позволяет проводить экспериментальные исследования в контролируемой среде с использованием искусственно созданных агрессивных условий, что позволяет прогнозировать долговечность материалов в реальных эксплуатационных условиях.



Рисунок 3.1 – Программа экспериментальных исследований

3.2. Лабораторные исследования

Эксперимент проводился с целью определения эффективности хелатного комплекса меди в два этапа. Первый этап - лабораторный опыт по определению оптимальной концентрации хелата меди на примере семян томатов [52].

Семена проращивали по стандартной методике при комнатной температуре (+18 – 25 °С) в чашках Петри в трехкратной повторности по 100 семян в каждой чашке.

В качестве вариантов опыта использовали разбавление исходной концентрации хелата меди (мл) в дистиллированной воде по следующей схеме: 1 – 1:200; 2 – 1:500; 3 – 1:1000. Контролем служило замачивание семян в дистиллированной воде.

Семена помещались в раствор хелата меди (в зависимости от варианта разбавления) на 2 часа, после чего семена были перемещены в чашки Петри и прорастали в дистиллированной воде [52].

Вторым этапом был проведен вегетационный опыт, в котором обработанные семена томата были высеяны в литровые сосуды по 5 семян на сосуд в 3-х кратной повторности. В качестве субстрата использовался Агробалт – С субстрат на основе верхового торфа. Состав субстрата: верховой сфагновый торф низкой степени разложения, фракция 0 – 20 мм; известняковая (доломитовая) мука (рН 5,5 – 6,6); комплексное минеральное удобрение с полным набором макро- и микроэлементов (N = 150 мг/л, P₂O₅ = 150 мг/л, K₂O = 250 мг/л, Mg = 30 мг/л, Ca = 120 мг/л) [52].

В данном эксперименте определялось влияние концентрации хелата меди на рост и развитие растений томата сорта «Дачник». Семенной материал замачивался по схеме, представленной в первом этапе эксперимента: семена помещались в растворы (в зависимости от варианта разбавления) на 2 часа, после чего были высеяны в грунт. Отбор образцов осуществлялся на 15 и 30 день после массовых всходов. В ходе опыта определяли следующие морфологические показатели [52]:

1. Количество листьев, шт.;
2. Длина надземной и подземной частей, см;
3. Сырая и сухая масса, г;
4. Площадь листьев, см², анализ производился при помощи фотопланиметра LI-3100C.

Статистический анализ проводился с использованием программ Excel 2013 (Microsoft, Редмонд, США) и SPSS 25.0 (IBM, Армонк, США). Данные, полученные в результате трех измерений, представлены как среднее значение ± стандартное отклонение (SD) [52].

3.3. Полевые испытания

Исследования выполнены в 2022-2024 гг. на экспериментальной базе ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» п. Коренёво Люберецкого района Московской области в рамках договора № б/н от 18 декабря 2014 г.

Закладка полевого опыта, учеты и наблюдения проведены в соответствии с требованиями методики полевого опыта [44,101] и «Методики исследований по культуре картофеля» [76] и Методика проведения агротехнических опытов, учетов, наблюдений и анализов на картофеле [79]. Дисперсионный анализ полученных данных по Доспехову Б.А. [44]. Расчет эффективности выполнен по методике ВНИИПИ [78].

Почва опытного участка характеризовалась как дерново-подзолистая супесчаная. Схема опыта по исследованию зависимости изменения урожайности включала факторы:

А – Сорт: Гулливер (ранний), Вымпел (среднеранний), Матушка (среднеспелый);

В – Применение листовой обработки хелатным комплексом меди, содержащим азот (80 г), бор (20 г) и медь (0,3 г) – доза: вода без препарата

(контроль), концентрация водного раствора 1:1000; 1:500 и 1:125. Препарат вносили три раза: по всходам, в фазу цветения и за две недели до уборки.

Площадь учетной делянки в 2022 г. в среднем составляла – 12,5 м²; в 2023 г. и 2024 г. – 25 м². Густота посадки – 44 тыс. шт./га при ширине междурядий 75 см. Даты посадки – 11.05.2022; 11.05.2023; 13.05.2024.

Опыт закладывали в условиях 3-хпольного севооборота согласно схеме методом систематического размещения делянок. Предшественник картофеля – зернобобовые. Повторность опыта – трехкратная.

Обработка почвы перед посадкой (дискование, внесение минеральных удобрений, нарезка гребней). При нарезке гребней внесена азофоска 16:16:16 с добавлением калимагнезии, общая доза N₆₀P₆₀K₉₀. Механизованную посадку выполняли непропашенными клубнями средней фракции (размером 46...53 мм по наибольшему поперечному диаметру) на глубину 8 – 10 см. При уходе за посадками внесена азофоска 16:16:16, общая доза N₃₀P₃₀K₃₀.

Выполнены общие обработки средствами защиты:

- от сорняков – гербициды (1-я обработка – Лазурит Ультра, СК 1,2 л/га; 2-я обработка – Лазурит Супер, КНЭ 0,5 л/га + Эскудо 25 г/га + Адью 200 мл/га), май-июнь;

- от основных болезней – фунгициды (1- и 2-ая обработки – Метаксил, СП 2,5 кг/га, 3 – 4-ая обработки – Манкоцеб, СП 1,2 – 1,6 кг/га (июнь-июль);

- от основных вредителей – инсектицид Борей Нео, СК 0,1 – 0,15 л/га (июнь-июль) [73].

3.4. Определение микроэлементов в клубнях картофеля

Определение содержания азота (N) проводили по стандартной методике [35].

Пробоподготовка включала нарезку картофеля на слайсы и сушку в сушильном шкафу Binder FD 115 при температуре 100 °С до полного высушивания образцов. После сушки измельчаем пробы.

Процесс разложения проб в присутствии катализатора производили на Дигесторе VELP DK 20 (рис. 3.2) по методу Кьельдаля.



Рисунок 3.2 – Дигестор VELP DK 20

Пробы измельченных образцов взвешивали в пробирках по 0.5 – 1.5 г. Для расщепления проб добавляли в каждую пробирку по 2 таблетки катализатора VST и 13 мл концентрированной серной кислоты (96 – 98 %). Помещали образцы в дигестор и нагревали в течение 60 минут при температуре 420 °С. После этого давали пробиркам остыть до 50 – 60 °С.

Процесс дистилляции-титрования проводили на VELP UDK 169 (рис 3.3).



Рисунок 3.3 – Автоматический анализатор азота/белка VELP UDK 169

Процесс определения содержания азота проводили по методу № 21.

Определение содержания бора (В) проводили по стандартной методике [88].

Пробоподготовку проводили по описанной выше схеме. Измельченные пробы взвешивали по 5 г с погрешностью не более 0,001 г. Навеску пробы, помещали в чашку для выпаривания, добавляли 0,2 г окиси кальция, смачивали водой, тщательно перемешивали и выпаривали до сухого остатка при температуре 450 °С в течение 3 часов. Остаток охлаждали, смачивали 10 см³ раствором соляной кислоты в соотношении 1:1, нагревали на водяной бане под часовым стеклом в течение 15 минут, затем переносили в стакан вместимостью 400 см³, добавляли несколько капель раствора фенолфталеина, разбавляли водой до объема 100 см³ и перемешивали.

Измерение проводили с помощью фотометрического метода с применением карминовой кислоты. Метод основан на образовании окрашенного комплекса бора с карминовой кислотой и фотометрическом измерении оптической плотности комплекса при длине волны 625 нм.

Подготовка к испытанию. Для построения градуировочного графика в кварцевые тигли помещали 1; 3; 5; 10 см³ раствора сравнения, что соответствует 0,01; 0,03; 0,05; 0,10 мг бора, добавляли по 1 см³ раствора фосфорной кислоты, выпаривали до сухого остатка при температуре 150 – 180 °С, охлаждали, добавляли одну каплю соляной кислоты, 5 см³ раствора 1-ой серной кислоты, по истечении 5 минут добавляли 5 см³ раствора карминовой кислоты. После этого оставляли на 1 час в эксикаторе с раствором 2-й серной кислоты.

Проведение опыта. По истечении времени измеряли оптическую плотность растворов относительно раствора, приготовленного тем же способом, но не содержащего бора на спектрофотометре UV-1900i (рисунок 3.4). На основании полученных значений оптической плотности строился градуировочный график, откладывая на оси абсцисс содержание бора в растворах сравнения в миллиграммах, а на оси ординат – соответствующие значения оптической плотности.

Обработка результатов. Содержание бора (X) в процентах вычисляют по формуле:

$$X = \frac{(M_1 - M_2) \cdot 250}{M \cdot V_1 \cdot 1000} \cdot 100,$$

где M - масса навески испытуемой пробы, г;

M₁ – содержание бора в испытуемом растворе, найденное по градуировочному графику, мг;

M₂ – содержание бора в контрольном растворе, найденное по градуировочному графику, мг;

V₁ – количество испытуемого раствора, отобранное для испытания, см³.

За результат испытания принимали среднее арифметическое значение не менее двух параллельных определений, расхождение между которыми в абсолютных процентах устанавливают в стандарте СЭВ.



Рисунок 3.4 – Двухлучевой спектрофотометр UV-1900i

Определение содержания меди (Cu) проводили по стандартной методике [36].

Пробоподготовку включала навеску проб по 0,5 грамма с добавлением 10 мл NO_3 . Пробирки с бромами закрывали и ставили в турель (рис. 3.5а). Разложение проб проводили в лабораторной микроволновой системе MARS 6 iWave (рис. 3.5б).

После разложения пробирки открывали, давали пробам «подышать» 5 – 10 минут, при этом пары приглушали бидистиллированной водой. Затем пробы фильтровали в колбы объемом 25 мл и доводили до метки бидистиллированной водой.



а)



б)

Рисунок 3.5 – Лабораторная микроволновая система MARS 6 iWave

Определение содержания меди проводили на атомно-абсорбционном спектрофотометре AA-7000 (рис. 3.6). Метод заключается в резонансном поглощении световых волн свободными атомами металлов, которое происходит, когда свет проходит через слой атомного пара в графитовой печи. Содержание металлов определяется на основе значения интегрального аналитического сигнала и вычисляется согласно заранее установленной градуировочной зависимости.



Рисунок 3.6 – Атомно-абсорбционные спектрофотометры AA-7000

3.5. Испытания защитных свойств хелатного комплекса меди

3.5.1. Метод ускоренных коррозионных испытаний

Гравиметрический (весовой) метод изучения коррозии и определения скорости коррозии – один из наиболее часто используемых, традиционных методов. Метод заключается в определении потерь массы в результате коррозии с единицы площади образцов исследуемых металлов за единицу времени [39].

В качестве материалов исследования были выбраны образцы стальные марки Ст3 размером 50×50×3 мм. Образцы шлифовали на абразивных кругах до значения шероховатости Ra не более 0,8 мкм по ГОСТ 2789.

В качестве коррозионной среды были приготовлены растворы минеральных удобрений (табл. 3.1) следующих концентраций 1 %, 2 %, 3 % по массе. Полученные растворы удобрений наливали в мерные стаканы объёмом 400 мл и определяли водородный показатель (рН). Водородный показатель определяли на портативном рН/мВ/°С-метре серии HI 8314F производства "HANNA Instruments".

Точность результатов ±0,02 рН.

Таблица 3.1 – Минеральные удобрения

Удобрение	Обозначение	Химическая формула	Содержание, %
Аммиачная селитра	Аммиачная селитра	NH_4NO_3	N-34,6 – 34,8
Карбамид (мочевина)	Карбамид	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	N-46
Комплексное удобрение с калием, фосфором и серой марки ФосАгро	NPK 1	-	NPK (S) 8-20-30 (2)
Удобрение азотно-фосфорно-калийное марки BelFert	NPK 2	-	NPK 16-16-16-6 (S)

Хелатный комплекс меди [91] - содержит N - 20%, В - 6,89%, Cu - 0,27%.

Перед началом испытаний стальные образцы очищали, обезжиривали спиртом и ацетоном, взвешивали на аналитических весах «ГОСМЕТР ВЛ-224». Подвешивали образцы на деревянные палочки, опускали в растворы и фиксировали время начала испытаний (рис. 3.7).



Рисунок 3.7 – Фото образцов в процессе испытаний

В ходе испытаний проводили периодический осмотр образцов с целью фиксирования первых очагов коррозии. Общая продолжительность испытаний составила 240 часов или 10 суток.

Продукты коррозии после испытаний удаляли 28 %-м раствором HCl, содержащим 1 г/л уротропина и 1 г/л KI, после чего промывались водой, высушивались фильтровальной бумагой и обрабатывались мягким ластиком.

Обработку поверхности испытуемых образцов после испытаний проводили по ГОСТ 9.908-85.

Показатель скорости коррозии K , г/ (м² · ч), рассчитывают по уравнению:

$$K = \frac{m_1 - m_2}{S \cdot \tau},$$

где m_1 – масса образца до испытаний, г;

m_2 – масса образца после испытаний и удаления продуктов коррозии, г;

S – площадь поверхности образца, м²;

τ – продолжительность испытаний, ч.

3.5.2. Метод электрохимических измерений с использованием потенциостата

Электрохимические исследования в данной работе проводили на потенциостате/гальваностате Autolab PGSTAT 302N с модулем FRA32M (Metrohm Autolab B.V., Нидерланды) с программным обеспечением Nova 2.1.5. рисунок 3.8.

Электрохимические измерения проводили в стеклянной ячейке объемом 1000 мл с трехэлектродной системой, состоящей из рабочего электрода, насыщенного хлоридсеребряного электрода сравнения и вспомогательного платинового электрода. Очистку платинового электрода проводили обработкой в течение 3 мин в HNO_3 (1:1) с последующим промыванием дистиллированной водой.

Рабочий электрод – углеродистая сталь Ст3, $S_{эл.} = 0,16 \text{ см}^2$ перед экспериментом шлифовался и полировался без применения паст, затем обезжиривался последовательно ацетоном и спиртом. После погружения электроды выдерживали в растворе для установления квазистационарного потенциала (5 – 10 мин).



Рисунок 3.8 – Потенциостат/гальваностат Autolab PGSTAT 302N

Поляризацию проводили сразу после установления квазистационарного потенциала рабочего электрода в растворе. Плотности тока коррозии

рассчитывали путем экстраполяции тафелевских участков поляризационных кривых на коррозионный потенциал.

Поляризационные измерения проводились в растворах минеральных удобрений заданных концентраций.

3.5.3. Натурные испытания в условиях тропического климата

Натурные испытания заключаются в выдержке незащищенных и защищенных образцов в естественной атмосфере воздуха. Такие испытания проводят на специальных коррозионных станциях в различных районах: сельских, промышленных, приморских, субтропических, полярных и т.д.

Натурные испытания проводились на климатической испытательной станции (КИС) «Кон Зо», расположенной в Южном отделении Совместного Российско-Вьетнамского тропического научно-исследовательского и технологического центра (Тропического центра) в г. Хошимин.

Климат в г. Хошимин, СВР – субэкваториальный, тропический. Чётко выражены два сезона: сухой и влажный. Сухой сезон длится, начиная с декабря, по апрель месяц. В это время показатели термометра держатся на отметках 21 – 26 °С. Влажный жаркий сезон, который продолжается с мая по ноябрь, характеризуется высокими температурами воздуха 28 – 35 °С, а также практически ежедневными ливнями. Отличительной чертой климата региона считается его повышенная влажность, составляющая около 75 – 80 %. За год в городе выпадает свыше 1900 мм осадков.

Длительность экспериментов с образцами, размещёнными на стенде под навесом, составила полгода. Контроль образцов осуществлялся через 1 неделю, 1 месяц, 3 месяца и 6 месяцев с момента их установки.

Стенд представляет собой стойку из стального уголка, между планками которой изолированным проводом закреплены образцы под углом в 30 – 45° к

горизонту. Крепление образцов осуществлялось при помощи хомутов-стяжек (рисунок 3.9).



Рисунок 3.9 – Пример открытого стенда, расположенного под навесом

После экспозиции образцы были сняты со стендов и в лаборатории очищены мягкой щеткой до полного удаления продуктов коррозии. В качестве показателей коррозии при атмосферных испытаниях исследовали площадь, занятую продуктами коррозии.

3.5.4. Натурные испытания в условиях умеренно-континентального климата

Натурные испытания проводились на экспериментальной базе ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» в п. Коренёво Люберецкого района Московской области с целью оценки защитной способности хелатного комплекса меди в условиях эксплуатации.

Климат в этом районе умеренно-континентальный с теплым летом. Агрометеорологические условия в период проведения эксперимента представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Метеорологические условия (по данным метеостанции «Коренёво»), 2023 г.

Основные показатели	Месяцы											
	май			июнь			июль			август		
Температура воздуха °С												
Средние многолетние	11,2	13,3	14,6	15,95	17,4	18,4	18,8	19,6	19,4	18,8	17,5	15,7
Среднее	13,03			17,3			19,3			17,1		
Текущего года	7,92	15,6	15,7	15,2	18,92	17,1	20,8	17,3	18,9	22,9	20,7	14,9
Среднее	13,1			17,1			19,0			19,52		
Относительная влажность воздуха, %												
Средние многолетние	71,0	74,0	75,0	81,0	81,0	80,0	80,0	80,0	82,0	80,0	85,0	86,0
Среднее	73,3			80,7			80,7			83,7		
Текущего года	68,6	70,2	71,7	72,2	59,1	62,8	76,9	88,4	87,3	83,5	88,9	86,02
Среднее	70,2			64,7			84,2			86,14		

Поскольку основной период полевых работ при выращивании картофеля приходится на май-август, проведение натурного эксперимента также приходится на этот период.

Согласно технологической карте по возделыванию картофеля, при уходе за посадками используется следующая техника:

- первое и второе довсходовое рыхление междурядий с боронованием (МТЗ-82 + КПС-4);
- рыхление-окучивание после всходов – 2 раза (МТЗ-82 + КПС-4);

- химическая обработка (гербициды, фунгициды, инсектициды) – 8 раз (МТЗ-82 + ОН-600);
- листовая обработка – 3 раза (МТЗ-82 + ОН-600).

После каждой технологической операции каждая единица техники очищалась и обрабатывалась 1% (10г/л) раствором хелатного комплекса меди.

Защитную эффективность оценивали по площади, занятой продуктами коррозии.

ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1. Результаты лабораторных исследований

Исследование по определению эффективности действия хелата меди [91] проводили на семенах томата сорта «Дачник». Полученные результаты превышали контрольные значения в вариантах с концентрацией 1:200 и 1:1000 (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Влияние хелата меди на энергию прорастания и всхожесть семян томата сорта «Дачник», %

Вариант	Энергия прорастания (5 день), %	Всхожесть семян (10 день), %
Контроль	50	63,6
1-200	56,6	66,3
1-500	20	33
1-1000	76,6	88,3

Предпосевная обработка семян томата в концентрации 1:1000 увеличила энергию прорастания на 34,7 %, а всхожесть семян на 37,9 %. В варианте 1:200 энергия прорастания увеличилась на 11,6 %, а всхожесть на 4,1 % от контрольных значений. Концентрация хелата меди 1:500, наоборот, ингибировала растения томата на начальной стадии вегетации, что касается как показателей всхожести семян, так и показателей надземной и подземной частей проростков томата (рис. 4.1) [8].

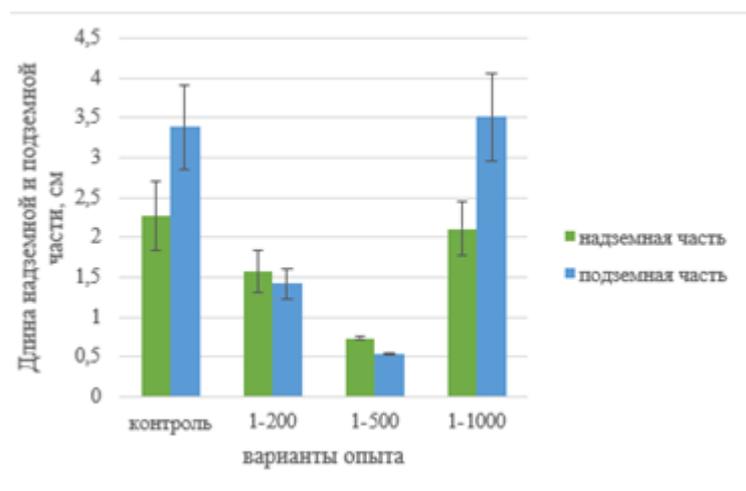


Рисунок 4.1 – Влияние хелата меди на ростовые процессы 10-ти дневных проростков растений томата

На рисунке 4.1 изображены ответные реакции надземной и подземной частей проростков томата. Концентрации 1:200 и 1:500 значительно угнетали ростовые процессы растений томата на начальном этапе онтогенеза. Это может быть связано с токсичным действием препарата в фазе набухания и прорастания семени, так как в этот период растение наиболее подвержено влиянию окружающей среды. В варианте 1:1000 наблюдалось удлинение корневой системы проростков томата на 5,7 % по сравнению с контрольными растениями, выращенными на воде.

Стимулирующее действие хелата меди наблюдается в варианте 1:1000 после высева обработанных семян томата в грунт, что подтверждается данными таблицы 4.2. На 15-й день вегетации зафиксировано увеличение количества листьев на 34,6 %, и площади на 48,2 %, длины надземной части на 77,3 % и подземной части на 48,1 %, а также сырой и сухой массы растений. Ингибирующий эффект по всем показателям отмечен в варианте 1:500 как на 15-й (рисунок 4.2 а), так и на 30-й день (рисунок 4.2 б) вегетации [27].

Таблица 4.2 – Влияние хелата меди на морфологические показатели растений томата сорта «Дачник» на 15-й и 30-й день вегетации

Вариант		Количество листьев, шт.	Площадь листьев	Длина, см		Масса, г	
				Надземной части	Подземной части	Сырая	Сухая
15 день	Контроль	4,583 ± 0,52	10,1 ± 1,4	4,43 ± 0,38	2,56 ± 0,066	0,0746 ± 0,0064	0,0495 ± 0,066
	1:200	4,66 ± 0,31	13,3 ± 1,1	4,51 ± 0,42	3,13 ± 0,17	0,105 ± 0,029	0,015 ± 0,0011
	1:500	2,33 ± 0,33	9 ± 1,5	3,13 ± 0,03	2,3 ± 0,11	0,0603 ± 0,010	0,0045 ± 0,0016
	1:1000	7 ± 0,57	19,5 ± 2,1	11,83 ± 0,92	4,93 ± 1,30	0,495 ± 0,066	0,062 ± 0,014
30 дней	контроль	12,6 ± 1,2	24,08 ± 1,6	7,5 ± 0,8	6 ± 0,79	0,63 ± 0,06	0,076 ± 0,02
	1:200	8,6 ± 0,88	22,38 ± 3,4	7,33 ± 0,16	4,9 ± 0,53	0,47 ± 0,07	0,04 ± 0,015
	1:500	11,3 ± 0,6	23,84 ± 1,2	7,5 ± 0,28	5,1 ± 0,58	0,44 ± 0,09	0,043 ± 0,02
	1:1000	24 ± 2,1	69,1 ± 4,5	21,26 ± 0,67	7,86 ± 0,5	3,7 ± 0,14	0,57 ± 0,17

На 30-й день вегетации сохраняется положительное влияние хелата меди в варианте разбавления 1:1000 по всем морфологическим показателям в сравнении с контрольными растениями (рисунок 4.2 б). Количество листьев в варианте увеличилось на 47,5 %, а площадь листовой пластины – на 64,1 %. Так же наблюдается положительное влияние препарата на длину надземной части – на 64,6 % и корневой системы – на 23,6 %.



Рисунок 4.2 – Влияние хелата меди на рост и развитие растений томата 1 – контроль; 2 – разбавление 1:200; 3 – разбавление 1:500; 4 – разбавление 1:1000; (а) 15-й день вегетации; (б) 30-й день вегетации

В вариантах с разбавлением 1:200 и 1:500 на 30-й день вегетации показатели роста и развития растений томата сорта «Дачник» приближаются, но остаются ниже контрольных значений – от 1,24 % до 31,7 % по всем показателям. Таким образом, в результате эксперимента по предпосевной обработке семян томата хелатом меди была выявлена оптимальная концентрация препарата 1:1000. При этой концентрации достигнуто увеличение энергии прорастания и всхожести семян более чем на 30 % по сравнению с контрольным вариантом. Также данная концентрация положительно повлияла на морфологические показатели растений томата сорта «Дачник» в вегетационном опыте. Наблюдалось увеличение числа и площади листьев на 15-й и 30-й день вегетации более чем на 50 %, а также увеличение массы и длины растений на 40 – 50 % относительно контрольных значений. Эти данные свидетельствуют о

положительном влиянии хелата меди в концентрации 1:1000 на рост и развитие растений томата.

Кроме того, было изучено влияние предпосевной обработки семян яровой пшеницы сорта «Лада» при тех же концентрациях. В результате опыта наилучшие значения по всхожести семян были получены в варианте концентрации водного раствора 1:1000 – 97,6 %, энергия прорастания при той же концентрации составляет 77,0 % [9,26].

4.2. Результаты полевых испытаний

Исследования проведены 2022 – 2024 гг. на экспериментальной базе ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» в поселке Коренёво Люберецкого района Московской области в рамках договора № б/н от 18 декабря 2014 г. Почва опытного участка характеризовалась как дерново-подзолистая супесчаная [73].

Урожайность является основным критерием оценки мероприятий по возделыванию культуры. Полученные данные свидетельствуют о значительном влиянии применения испытуемого препарата на урожайность картофеля (таблица 4.3) [73].

Таблица 4.3 – Валовая урожайность картофеля, т/га

Сорт	Вариант	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Среднее	± к контролю	
						т/га	%
Гулливер	1 Контроль (вода)	20,6	32,3	27,8	26,9	0	0
	2 (1:1000)	20,9	34,9	28,9	28,2	1,3	5,0
	3 (1:500)	25,8	36,2	31,7	31,2	4,3	16,1
	4 (1:125)	23,7	34,3	30,1	29,4	2,5	9,2
	Среднее по сорту	22,8	34,4	29,6	28,9	-	-
	НСР ₀₅ по сорту, т/га	2,13	1,41	1,45	-	-	-
Вымпел	1 Контроль (вода)	19,8	34,5	29,4	27,9	0	0
	2 (1 к 1000 воды)	22,2	36,4	32,2	30,3	2,4	8,5
	3 (1 к 500 воды)	24,9	38,3	33,6	32,3	4,4	15,6

Продолжение таблицы 4.3

	4 (1 к 125 воды)	21,7	38,0	34,0	31,2	3,3	11,9
	Среднее по сорту	22,2	36,8	32,3	30,4	-	-
	НСР ₀₅ по сорту, т/га	1,82	1,51	1,80	-	-	-
Матушка	1 Контроль (вода)	15,9	25,6	18,1	19,9	0	0
	2 (1:1000)	17,5	26,7	18,8	21,0	1,1	5,7
	3 (1:500)	20	28	19,7	22,6	2,7	13,6
	4 (1:125)	16	28,9	19,8	21,6	1,7	8,6
	Среднее по сорту	17,4	27,3	19,1	21,3	-	-
	НСР ₀₅ по сорту, т/га	1,66	1,25	0,71	-	-	-
Среднее по сорту		2,42	4,04	5,69		-	-
НСР ₀₅ по сорту, т/га		1,32	1,36	1,28		-	-
Среднее по трем сортам	1 Контроль (вода)	18,8	30,8	25,1	24,9	0	0
	2 (1 к 1000 воды)	20,2	32,7	26,6	26,5	1,6	6,5
	3 (1 к 500 воды)	23,6	34,2	28,3	28,7	3,8	15,3
	4 (1 к 125 воды)	20,5	33,7	28,0	27,4	2,5	10,0
	Среднее	20,8	32,8	27,0	26,9	-	-
	НСР ₀₅ , общая, т/га	3,06	4,27	1,27	-	-	-

Среднее за три года значение урожайности в вариантах сорта Гулливер составило 28,9 т/га. Среднее значение урожайности в вариантах сорта Вымпел составило 30,4 т/га; в вариантах сорта Матушка – 21,3 т/га [73].

При этом в среднем за три периода вегетации урожайность картофеля в вариантах с применением испытуемого препарата составила: на сорте Гулливер – 28,2 – 31,2 т/га, что оказалось выше урожайности в контроле на 1,3 – 4,3 т/га (5,0 – 16,1 %); на сорте Вымпел – 30,3 – 32,3 т/га, что оказалось выше, чем в контроле на 2,4 – 4,4 т/га (8,5 – 15,6 %); на сорте Матушка – 21,0 – 22,6 т/га, что оказалось выше, чем в контроле на 1,1 – 2,7 т/га (5,7 – 13,6 %).

Как в засушливых условиях 2022 и 2024 годов, так и в благоприятных условиях 2023 года по всем трем сортам наилучшим вариантом оказался вариант с листовыми обработками испытуемым препаратом в концентрации 1:500. Прибавка урожайности по отношению к контролю оказалась значимой и

достоверной. В среднем за три года по всем трем сортам в этом варианте опыта получена урожайность 28,7 т/га, что на 3,8 т/га (15,3 %) выше, чем в контроле с листовой обработкой водой без препарата.

Размер клубней по наибольшему поперечному диаметру, согласно стандарту, должен быть не менее 30 мм для округло-овальных клубней и 28 мм для удлиненных клубней [60]. Фракционный состав клубней различался в зависимости от условий выращивания. Структура урожайности (урожая) клубней (общая) показана в таблице 4.4 и на рисунках 4.3 и 4.4. Товарность урожая клубней значительно зависела от условий года и применения препарата.

В 2022 г. средний процент товарных клубней в вариантах сорта Гулливер составил 93 – 95 %, в вариантах сорта Вымпел – 93 – 96 %, Матушка – 85 – 88 % [73].

В 2023 г. средний процент товарных клубней в вариантах сорта Гулливер составил 96 – 97 %, в вариантах сорта Вымпел – 93 – 96 %, Матушка – 96 – 98 %.

Можно отметить, что в более благоприятных условиях 2023 года увеличилось количество как крупных клубней (>60 мм), так и в общем товарных клубней (>30 мм).

Таблица 4.4 – Усредненная структура урожайности (%), 2022 – 2024 гг.

Год	Сорт	Вариант	Фракционный состав, мм				
			<30	31-45	46-53	53-60	>60
2022	Гулливер	1 Контроль (вода)	7	47	28	8	10
		2 (1 к 1000 воды)	6	58	24	12	0
		3 (1 к 500 воды)	5	46	30	16	3
		4 (1 к 125 воды)	7	49	28	16	0
	Вымпел	1 Контроль (вода)	5	63	19	6	7
		2 (1 к 1000 воды)	6	52	24	18	0
		3 (1 к 500 воды)	7	60	29	4	0
		4 (1 к 125 воды)	4	53	30	9	4
	Матушка	1 Контроль (вода)	12	74	14	0	0
		2 (1 к 1000 воды)	15	67	12	6	0
		3 (1 к 500 воды)	13	75	6	6	0

Продолжение таблицы 4.4

		4 (1 к 125 воды)	12	81	7	0	0
2023	Гулливер	1 Контроль (вода)	4	24	24	32	16
		2 (1 к 1000 воды)	3	25	23	24	25
		3 (1 к 500 воды)	3	25	14	34	24
		4 (1 к 125 воды)	3	17	30	31	19
	Вымпел	1 Контроль (вода)	2	27	27	24	20
		2 (1 к 1000 воды)	2	25	26	25	22
		3 (1 к 500 воды)	1	20	22	15	42
		4 (1 к 125 воды)	1	23	19	24	33
	Матушка	1 Контроль (вода)	4	45	20	26	5
		2 (1 к 1000 воды)	4	36	16	27	17
		3 (1 к 500 воды)	2	35	33	28	2
		4 (1 к 125 воды)	2	30	30	26	12
2024	Гулливер	1 Контроль (вода)	6	44	26	13	11
		2 (1 к 1000 воды)	6	42	28	13	11
		3 (1 к 500 воды)	5	36	32	15	12
		4 (1 к 125 воды)	5	35	33	15	12
	Вымпел	1 Контроль (вода)	6	52	25	11	6
		2 (1 к 1000 воды)	5	49	27	12	7
		3 (1 к 500 воды)	6	45	29	13	7
		4 (1 к 125 воды)	5	47	28	13	7
	Матушка	1 Контроль (вода)	8	61	18	13	0
		2 (1 к 1000 воды)	7	56	21	16	0
		3 (1 к 500 воды)	6	53	23	18	0
		4 (1 к 125 воды)	6	51	25	18	0

Более наглядно можно увидеть структуру урожайности в 2022 году по рисунку 4.3. Масса не товарных клубней диаметром менее 30 мм в поперечном сечении в сравнении с общей массой клубней незначительна.

В условиях 2022 года клубни раннего сорта Гулливер немного крупнее, чем клубни других сортов, особенно сорта Матушка. В вариантах с листовыми обработками испытуемым препаратом в концентрации 1:500 наблюдается

большее количество товарных клубней, пригодных для продовольственных целей и переработки на чипсы, диаметром более 30 мм, особенно у сорта Гулливер [73].

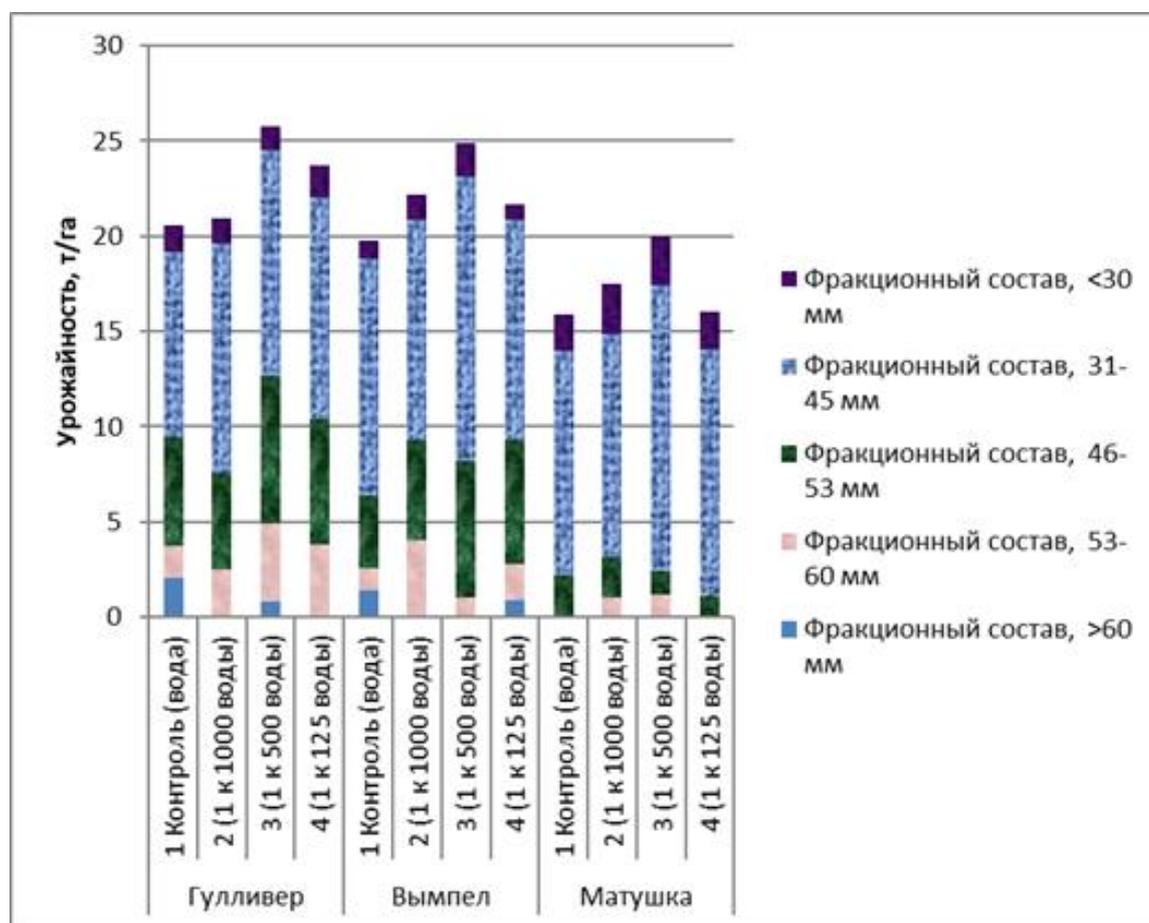


Рисунок 4.3 – Структура урожайности в 2022 году, т/га

В среднем за два года масса не товарных клубней диаметром менее 30 мм в поперечном сечении в сравнении с общей массой клубней также незначительна (рисунок 4.4). В среднем за два года крупных клубней (более 60 мм) оказалась больше в вариантах сорта Вымпел (3,2...6,6 т/га). Если рассматривать наиболее приятную для большинства домохозяек массу клубней более 53 мм, то наглядно видно, что у сортов Вымпел (7,8 – 10,5 т/га) и Гулливер (8,5...11,9 т/га) их значительно больше, чем у сорта Матушка (3,2...5,5 т/га).

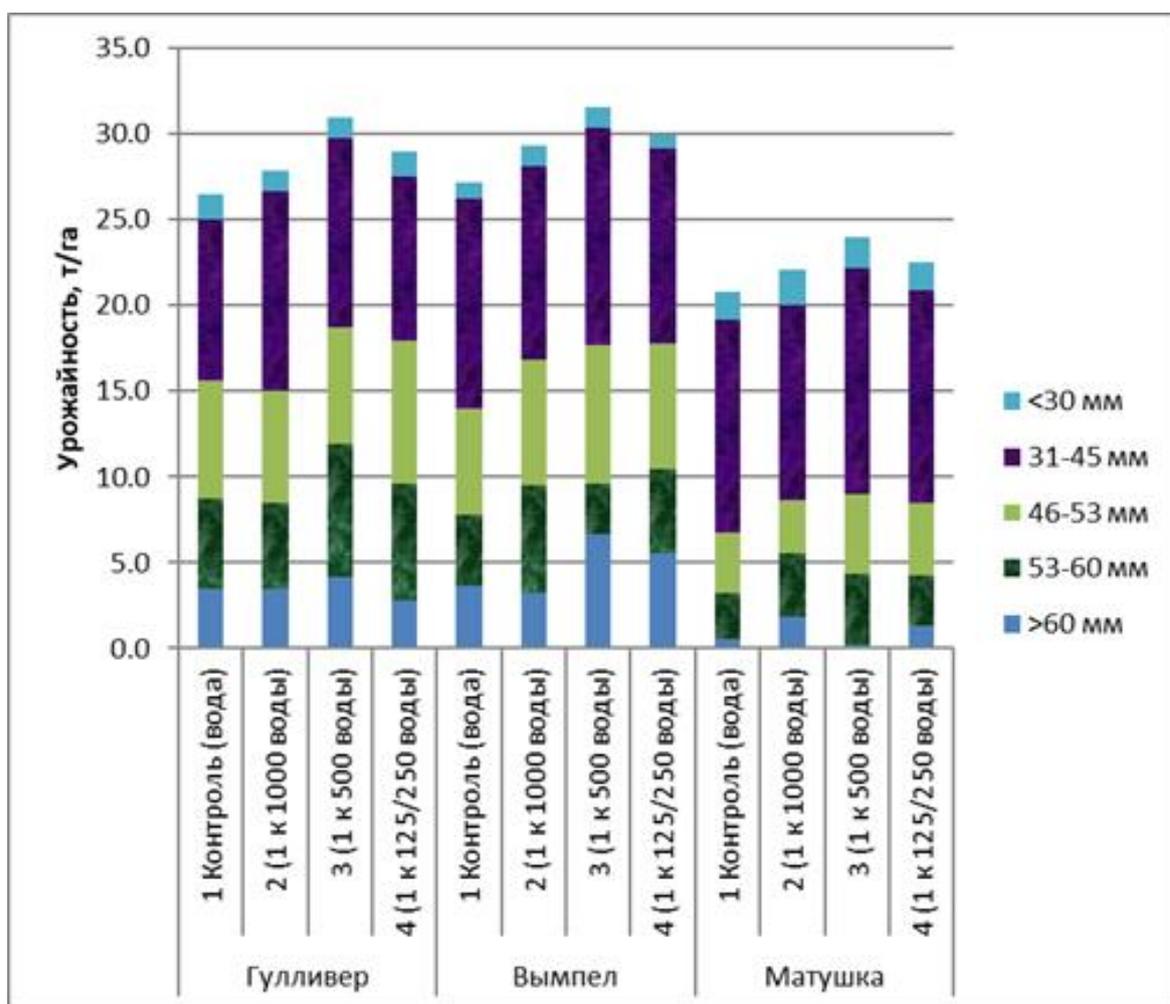


Рисунок 4.4 – Структура урожайности в среднем за два года (2022-2023), т/га

В среднем за три года масса не товарных клубней диаметром менее 30 мм в поперечном сечении в сравнении с общей массой клубней также незначительна (рисунок 4.5). В среднем за три года крупных клубней (более 60 мм) оказалось больше в вариантах сорта Вымпел (2,9...5,3 т/га). Если рассматривать массу клубней более 53 мм, что более приятно для большинства домохозяек, то видно, что у сортов Вымпел (6,9 – 9,4 т/га) и Гулливер (8,0...10,8 т/га) их значительно больше, чем у сорта Матушка (2,9...4,6 т/га).

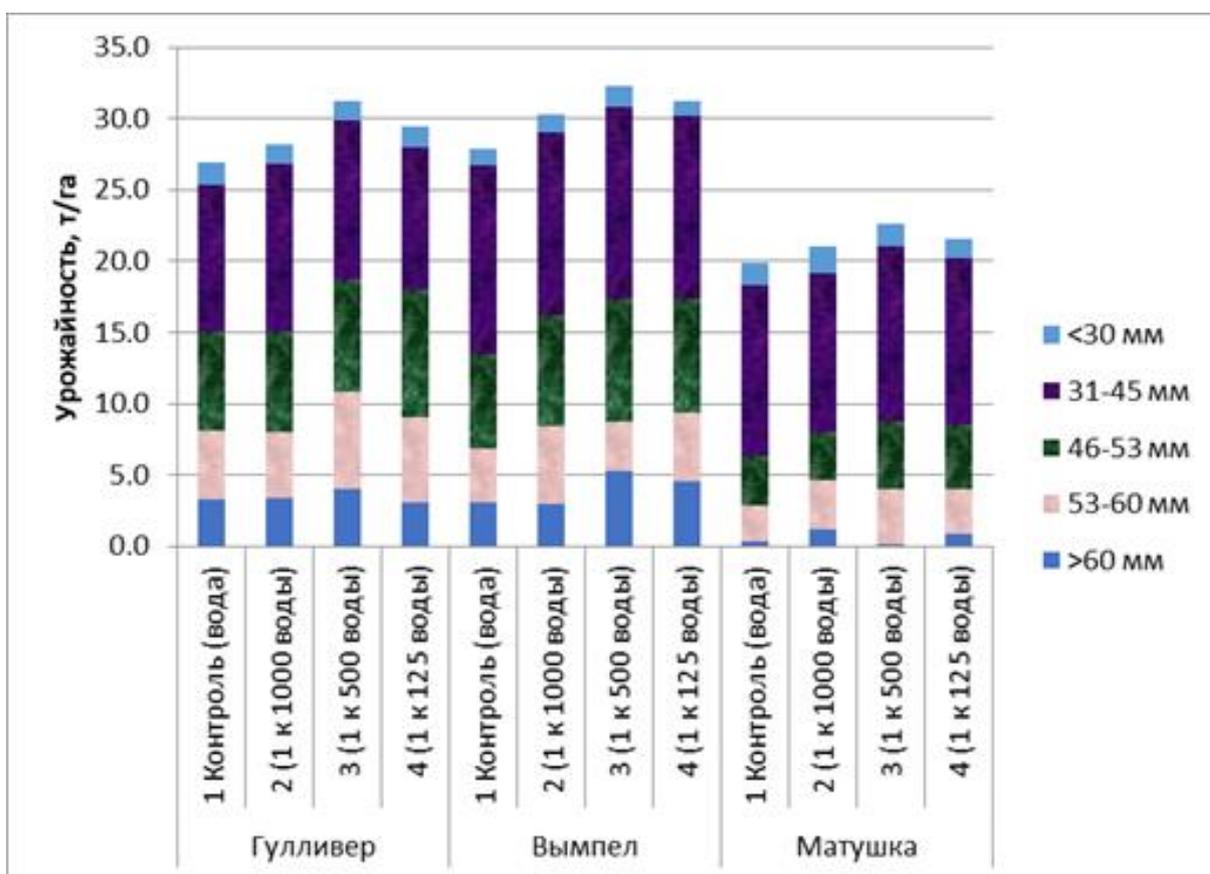


Рисунок 4.5 – Структура урожайности в среднем за три года (2022-2024), т/га

Таким образом, результаты эксперимента показали, что в вариантах с листовыми обработками испытуемым препаратом в концентрации 1:500 больше товарных клубней для продовольственных целей диаметром более 46 мм: 18,7 т/га (Гулливер), 17,3 т/га (Вымпел), 8,7 т/га (Матушка) при контроле 15,1 т/га, 13,5 т/га и 6,4 т/га, соответственно.

4.3. Результаты химического состава клубней картофеля

Поскольку испытуемый препарат (хелат меди) содержит значительное количество азота (80 г), бора (20 г) и меди (0,3 г), в 2023 году проведены исследования по содержанию этих элементов в клубнях картофеля (таблица 4.5).

Таблица 4.5 – Содержание элементов препарата в выращенных клубнях картофеля (2023 г.)

Элемент	Вариант	Гулливер	Вымпел	Матушка	Среднее по трем сортам	±,	
						балл	(%)
Азот, %	1 Контроль (вода)	2,06	1,48	1,39	1,64	0	0
	2 (1 к 1000 воды)	1,78	1,77	1,33	1,63	-0,02	-0,8
	3 (1 к 500 воды)	1,22	1,92	1,63	1,59	-0,05	-3,0
	4 (1 к 250 воды)	1,92	1,64	1,18	1,58	-0,06	-3,7
	Среднее по сорту	1,75	1,70	1,38	1,61	-	-
	НСР ₀₅ Азот	0,32	0,16	0,16	-	-	-
Бор, мг/кг	1 Контроль (вода)	65,3	62,5	40,7	56,17	0	0
	2 (1 к 1000 воды)	111,1	51,2	67,1	76,47	20,3	36,1
	3 (1 к 500 воды)	78,8	56,9	144,7	93,47	37,3	66,4
	4 (1 к 250 воды)	71,5	59,8	194,3	108,53	52,4	93,2
	Среднее по сорту	81,68	57,60	111,70	83,66	-	-
	НСР ₀₅ Бор	17,65	4,19	61,12	-	-	-
Медь, мг/кг	1 Контроль (вода)	1,8	3,2	4,8	3,27	0	0
	2 (1 к 1000 воды)	3,6	3,0	2,7	3,10	-0,2	-5,2
	3 (1 к 500 воды)	1,8	5,3	3,4	3,50	0,2	7,0
	4 (1 к 250 воды)	2,7	3,8	6,6	4,37	1,1	33,5
	Среднее по сорту	2,48	3,83	4,38	3,56	-	-
	НСР ₀₅ Медь	0,75	0,90	1,49	-	-	-

Получено, что применение препарата не повысило содержание азота в клубнях картофеля, то есть применение азота повлияло, в первую очередь, на рост надземной части растений [10].

Согласно сведениям из интернета, известно, что Азотистый баланс (Азотистое равновесие, англ. Nitrogen balance) — соответствие между количеством азота, поглощённого органом и выделенного из него. Такое соответствие необходимо для устойчивого развития человека и животных. Например, организм взрослого человека в сутки должен потреблять 13 – 16 г

азота, то есть 100 г белка. Если на протяжении длительного времени организм получает количество азота, меньшее так называемого белкового минимума, тогда организм начинает разрушать собственные белки [154].

Согласно полученным нами данным в среднем по трем сортам в клубнях картофеля содержится 1,59...1,64 % азота, то есть в 1 кг картофеля содержится 15,9...16,4 г азота. Среднесуточная норма потребления картофеля 300 г/день. Следовательно, потребляя клубни картофеля из опыта, человек получает азота в среднем 4,77...4,92 г/день. То есть, общее потребление картофеля не превышает азотистый баланс.

В 1990-х годах исследователи обнаружили положительную связь между потреблением бора и мозговой активностью. Ученые оценили изменения когнитивных функций в ответ на диетические манипуляции с веществом: разделили здоровых пожилых мужчин и женщин на две группы, которым давали 0,25 и 3,25 мг минерала в день. У группы с дефицитом вещества мозг начал работать настолько плохо, как и при общем недоедании, отравлении тяжелыми металлами [151].

Если суточное потребление меньше 0,2 мг, развивается дефицит минерала, а если больше 13 мг – избыток. Не рекомендуется принимать более 20 мг в день, так как это повышает риск.

Встречающийся в природе бор полезен в небольших количествах и опасен в больших дозах. Исследования доказывают его роль в развитии здоровых костей и мышц, иммунной функции, формировании стероидных гормонов. Чтобы увеличить его потребление естественным образом без БАДов, достаточно включить в постоянный рацион чернослив, изюм, курагу, авокадо, орехи. Людям, которые придерживаются здорового питания, не стоит беспокоиться о дефиците – минерал содержится в достаточном количестве в полезных цельных продуктах [142].

Увеличение доз испытуемого препарата увеличивает содержание бора в клубнях картофеля. То есть при потреблении 300 г картофеля из опыта, человек употребляет в среднем 16,85...32,6 мг/сутки. Это несколько превышает ПДК. Но,

при употреблении клубней контрольного варианта человек получает в зависимости от сорта 12,2...19,6 мг/ в день, то есть в пределах ПДК. Наименьшее содержание Бора оказалось в клубнях Вымпел.

Медь участвует во многих процессах, протекающих в организме. Например, вместе с железом она принимает участие в образовании эритроцитов – красных клеток крови. Также она является ключевой составляющей коллагена – нашего основного структурного белка. В частности, участвует в создании сетки из коллагеновых и эластиновых волокон. От того, насколько хорошо она сплетена, зависит упругость кожи и сосудов [143].

Медь способна проникать во все клетки, ткани и органы. Максимальная концентрация меди отмечена в печени, почках, мозге. Физиологическая потребность организма в меди составляет 2 – 3 мг/сутки.

Дефицит меди в организме может развиваться при недостаточном поступлении этого элемента (1 мг/сутки и менее), а порог токсичности для человека равен 200 мг/сутки [141].

Увеличение доз испытуемого препарата увеличивает и содержание меди в клубнях картофеля. То есть при потреблении 300 г картофеля из опыта, человек употребляет в среднем 0,93...1,31 мг в сутки. Это не превышает ПДК, даже ближе к нижнему пределу поступления меди в организм человека. Наибольшее содержание Меди оказалось в клубнях Матушка 0,81...1,98 мг потребления в сутки.

4.4. Результаты ускоренных коррозионных испытаний

Основным исследуемым показателем, характеризующим скорость коррозии, является изменение массы образца металла в результате его коррозии, отнесенное к единице поверхности металла и к единице времени (весовой показатель, $\text{г/м}^2 \cdot \text{ч}$).

Результаты эксперимента свидетельствуют о росте коррозионной активности в зависимости от концентрации растворов минеральных удобрений в пределах от 1 до 3 % по массе и представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Скорость коррозии растворов минеральных удобрений после 10 суток, $\text{г/м}^2 \cdot \text{ч}$

№	Наименование	pH	Концентрация, %	Скорость коррозии, $\text{г/м}^2 \cdot \text{ч}$
1	Карбамид	7,08	1	0,1783
		7,34	2	0,1841
		7,38	3	0,1655
2	NPK 1	7,16	1	0,0214
		7,10	2	0,0243
		7,04	3	0,0312
3	NPK 2	5,35	1	0,1241
		5,15	2	0,2656
		5,02	3	0,2773
4	Аммиачная селитра	5,45	1	1,2172
		5,40	2	1,4976
		5,27	3	1,8937
5	Хелатный комплекс меди	10,48	1	0,0008
		10,53	2	0,0019
		10,59	3	0,0013
6	Контроль	6,34	вода	0,1439

Из данных таблицы 4.6 видно, что на скорость коррозии в среде минеральных удобрений влияет концентрация водных растворов. Наиболее агрессивным минеральным удобрением является аммиачная селитра (рисунок 4.7). Ее коррозионная активность по отношению к контрольному образцу

(рисунок 4.8) выше в 8,5 раз [138]. Более наглядно увеличение скорости коррозии можно увидеть на рисунке 4.6.

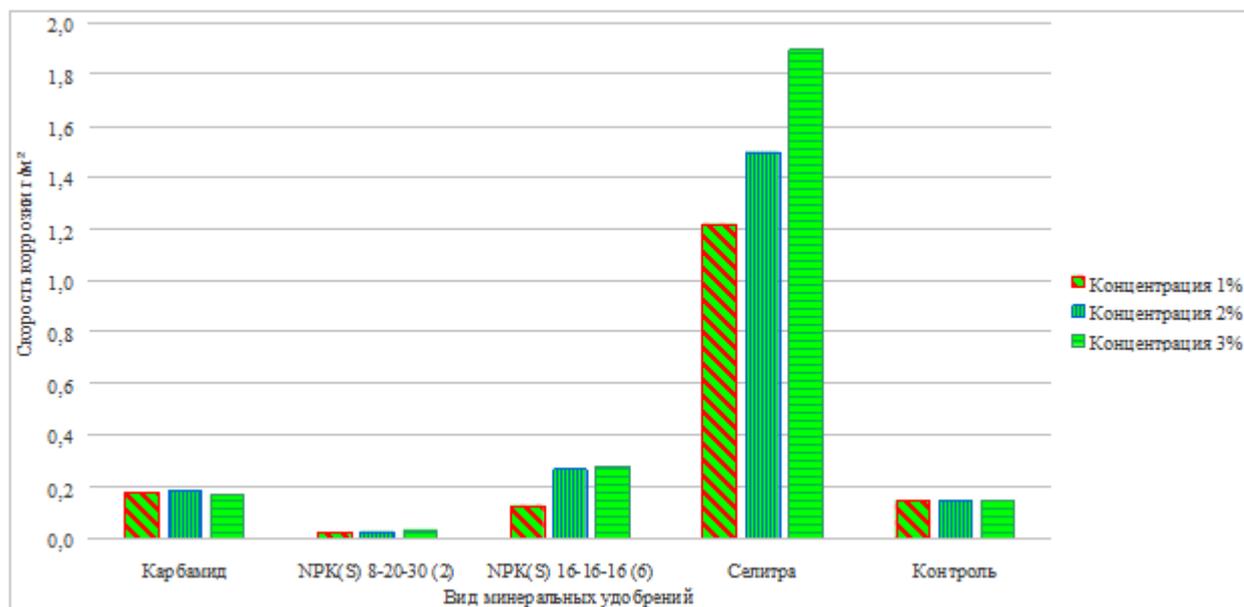


Рисунок 4.6 – Скорости коррозии Ст3 при различных концентрациях минеральных удобрений

Карбамид по сравнению с другими минеральными удобрениями содержит наибольшее количество азота в амидной форме и является менее коррозионно-активным, чем аммиачная селитра.

Для азотно-фосфорно-калийного удобрения (NPK(S)16-16-16(6)) отмечена низкая коррозионная активность 1 % водного раствора. Однако с увеличением концентрации до 2 % коррозионная активность увеличивается на 50 %. Дальнейшее увеличение концентрации приводит к незначительному росту коррозионной активности, примерно на 5 %.

Исследуемый хелат меди (опыт) показал наименьшую скорость коррозии, обеспечивая ярко выраженные ингибирующие свойства. В результате было достигнуто снижение скорости коррозии до 0,0008 г/м² ч при концентрации 1 % раствора (рисунок 4.9). Это связано с образованием защитной пленки на поверхности стали, которая уменьшает скорость электрохимических реакций, вызывающих коррозию.

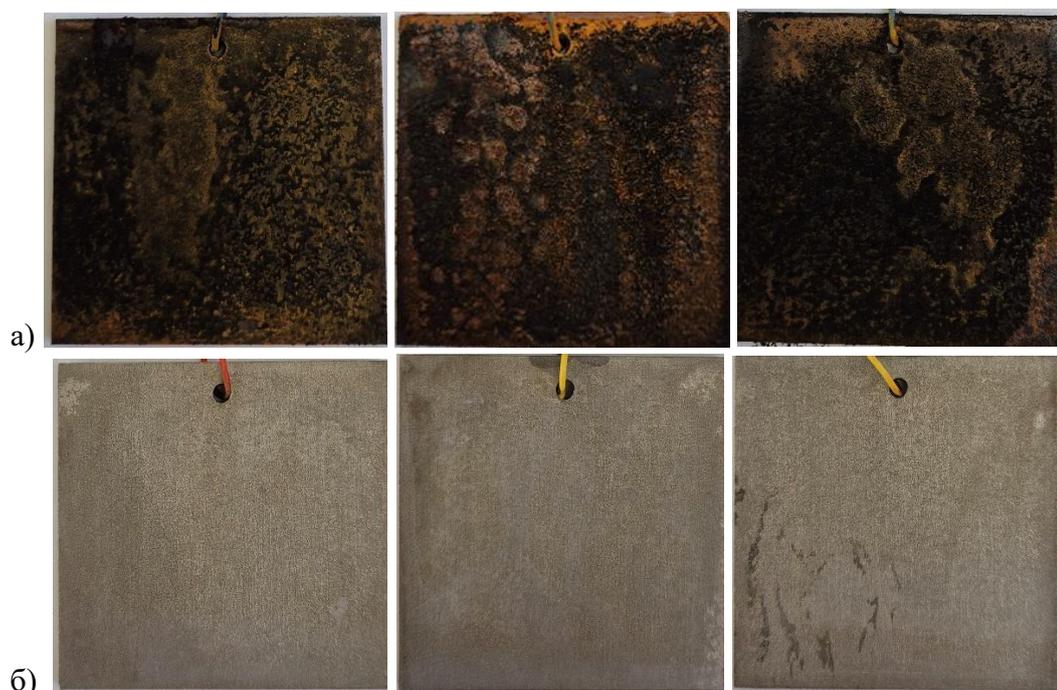


Рисунок 4.7 – Образец после испытания в 1% растворе аммиачной селитры а) без удаления продуктов коррозии; б) после удаления продуктов коррозии



Рисунок 4.8 - Контрольный образец после испытания (без удаления продуктов коррозии)



Рисунок 4.9 - Опытный образец после испытания (без удаления продуктов коррозии)

Таким образом, проведенное исследование подтвердило, что полученный хелат меди способен не только повышать урожайность картофеля, но и эффективно защищать стальные поверхности от коррозионных воздействий на 99 %.

4.5. Результаты электрохимических исследований

Еще одним эффективным электрохимическим методом для определения функциональной эффективности хелата меди является метод поляризационных кривых, снятых в потенциостатическом режиме (таблица 4.7).

Анализ поляризационных кривых (рисунки 4.10 – 4.15) показал, что с ростом концентрации раствора аммиачной селитры в интервале 0,5 – 3 % потенциал коррозии $\Delta E_{кор}$ смещается в положительную сторону, при этом увеличивается ток коррозии.

Потенциостатическое исследование показало, что присутствие в растворе хелата меди ускоряет катодную и замедляет анодную реакцию, смещая потенциал коррозии в положительную сторону. Таким образом, данный хелат меди проявляет свойства ингибитора, который по характеру защитного действия относится к анодному типу (рисунок 4.10).

Ток коррозии практически не зависит от изменения концентрации хелата меди в интервале 0,5 – 3 %, что согласуется с ускоренными лабораторными опытами. По данным поляризационных кривых такой ингибитор смещает потенциал коррозии $\Delta E_{кор}$ в положительную сторону на 0,34 – 0,59 В по сравнению с $E_{кор}$ в растворах различных удобрений (рисунок 4.15).

Таблица 4.7 – Результаты потенциометрического исследования в 0,5 – 3 % растворов

№	Удобрение	$-E_{кор}, В$	$I_{кор} \cdot 10^{-8}, А$
фон			
1	дистиллированная вода	-0,41505	18,44
2	NaCl	-0,49881	251
0,5 % раствор			
1	Аммиачная селитра	-0,62651	338
2	Карбамид	-0,45191	22,9
3	Хелат меди	-0,11265	4,39
4	НРК 1	-0,69848	148
5	НРК 2	-0,69646	466
1,0 % раствор			
1	Аммиачная селитра	-0,60883	343
2	Карбамид	-0,43065	4,87
3	Хелат меди	-0,09838	3,11
4	НРК 1	- 0,72571	320
5	НРК 2	-0,69154	700
1,5 % раствор			
1	Аммиачная селитра	-0,60925	430
2	Карбамид	-0,36822	17,7
3	Хелат меди	-0,13808	5,07

Продолжение таблицы 4.7

4	НРК 1	-0,73222	527
5	НРК 2	-0,68764	638
2,0 % раствор			
1	Аммиачная селитра	-0,60162	1800
2	Карбамид	-0,38213	15,7
3	Хелат меди	-0,13466	6,14
4	НРК 1	-0,73307	476
5	НРК 2	-0,68458	1200
2,5 % раствор			
1	Аммиачная селитра	-0,58649	851
2	Карбамид	-0,29137	9,47
3	Хелат меди	-0,13265	5,62
4	НРК 1	-0,73091	367
5	НРК 2	-0,6824	1300
3,0 % раствор			
1	Аммиачная селитра	-0,58268	1460
2	Карбамид	-0,36887	19,3
3	Хелат меди	-0,15184	15,4
4	НРК 1	-0,72815	881
5	НРК 2	-0,68079	1650

Наибольшая скорость коррозии проявляется в растворах удобрений, которые представляют собой сильные электролиты. При растворении в воде таких удобрений, как аммиачная селитра и НРК, происходит их полная диссоциация на ионы, в результате чего возрастает электропроводность раствора и, как следствие, его коррозионное воздействие. В то же время карбамид и хелат меди представляют собой соединения, являющиеся весьма слабыми электролитами, не увеличивающими электропроводность среды. Кроме того,

хелат меди по сравнению с карбамидом, проявляет дополнительные ингибирующие свойства.

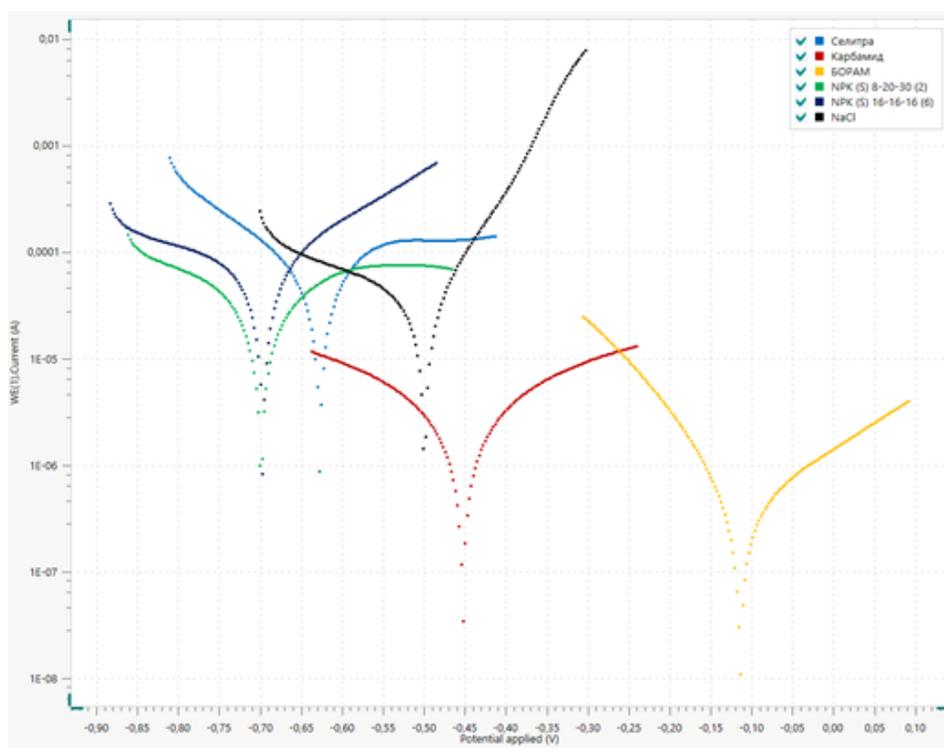


Рисунок 4.10 – Поляризационные кривые на стали Ст3 при концентрации растворов минеральных удобрений 0.5 %

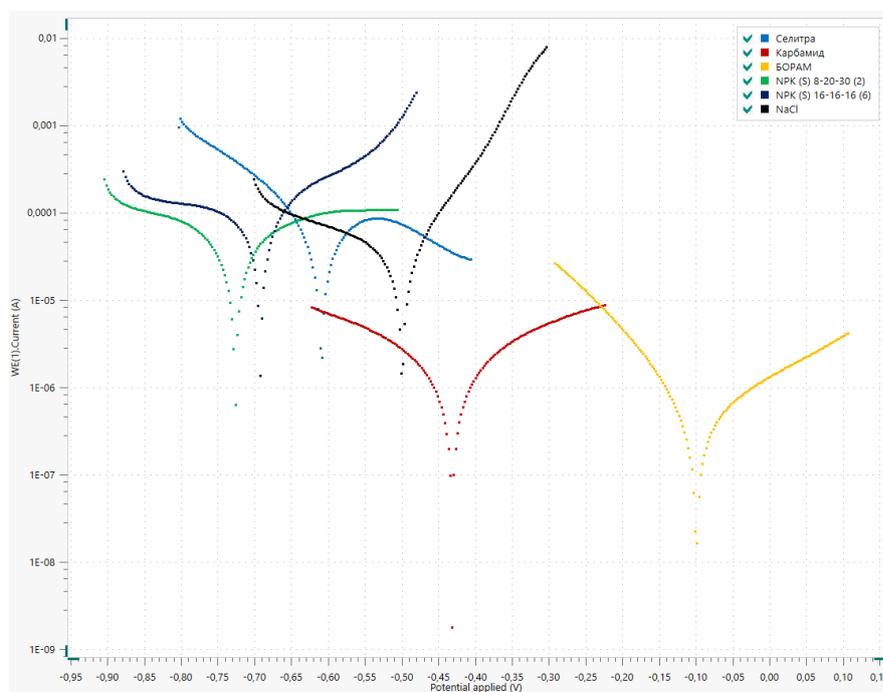


Рисунок 4.11 – Поляризационные кривые на стали Ст3 при концентрации растворов минеральных удобрений 1 %

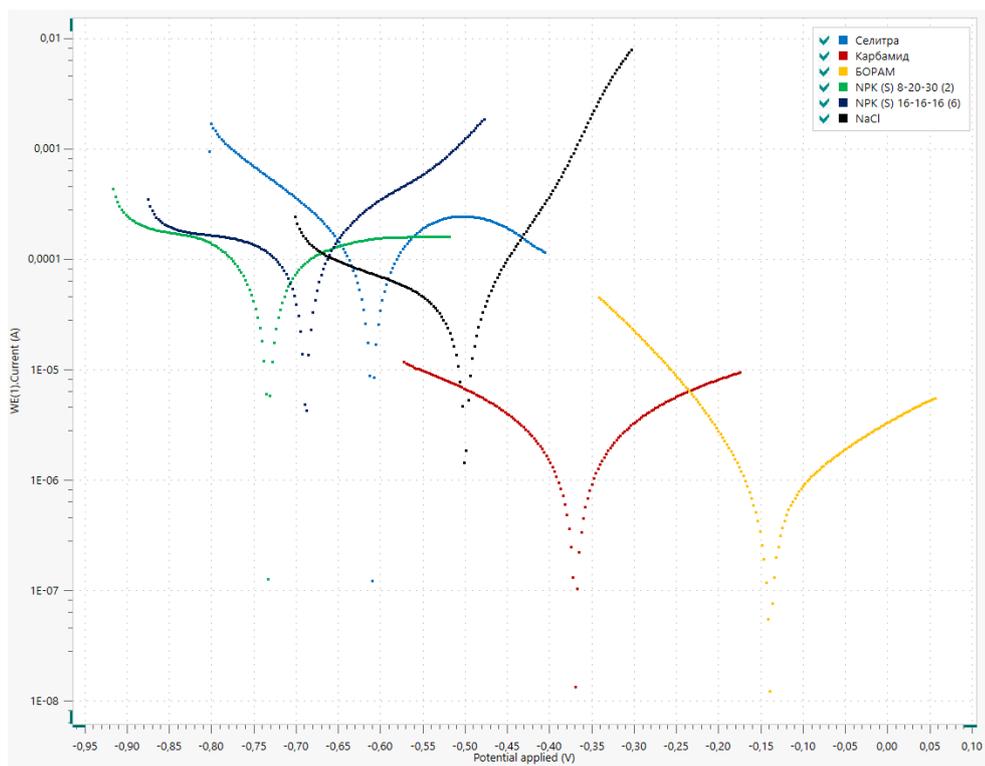


Рисунок 4.12 – Поляризационные кривые на стали Ст3 при концентрации растворов минеральных удобрений 1,5 %

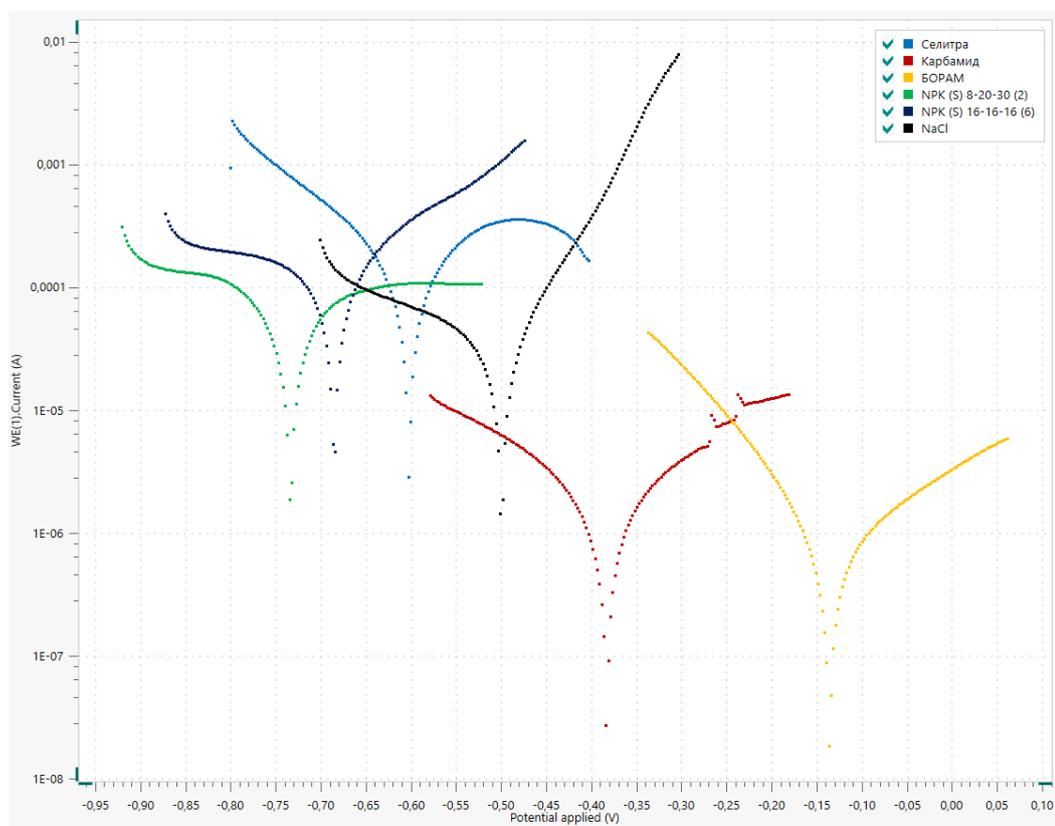


Рисунок 4.13 – Поляризационные кривые на стали Ст3 при концентрации растворов минеральных удобрений 2 %

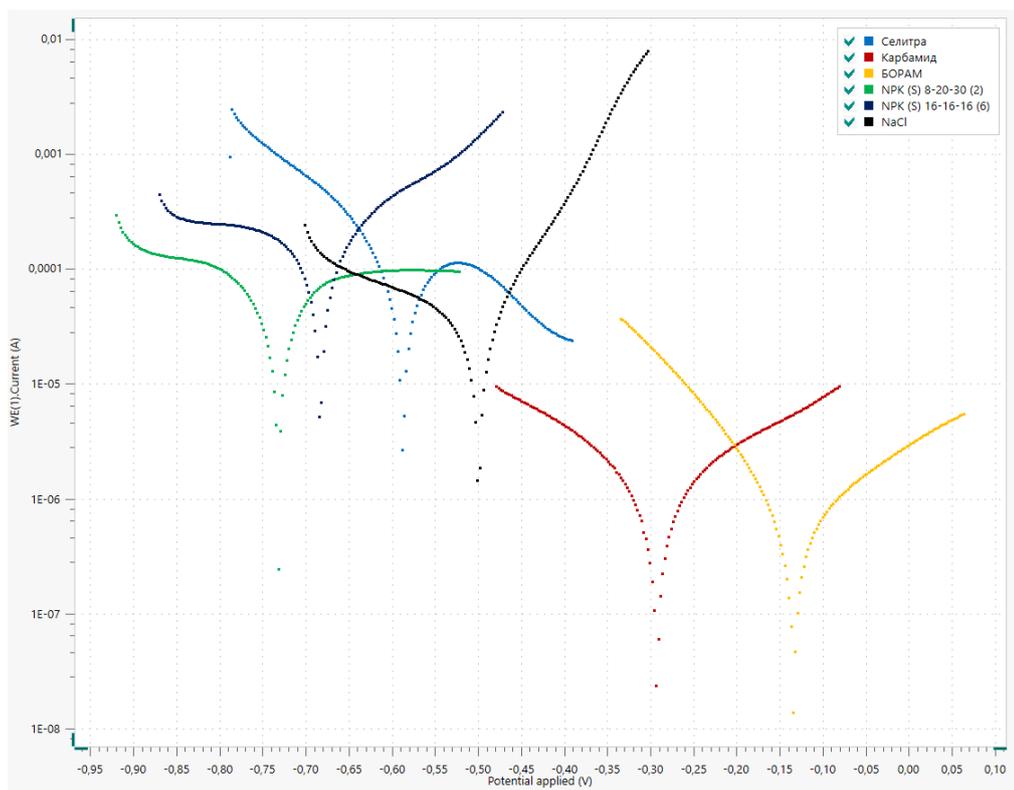


Рисунок 4.14 – Поляризационные кривые на стали Ст3 при концентрации растворов минеральных удобрений 2,5 %

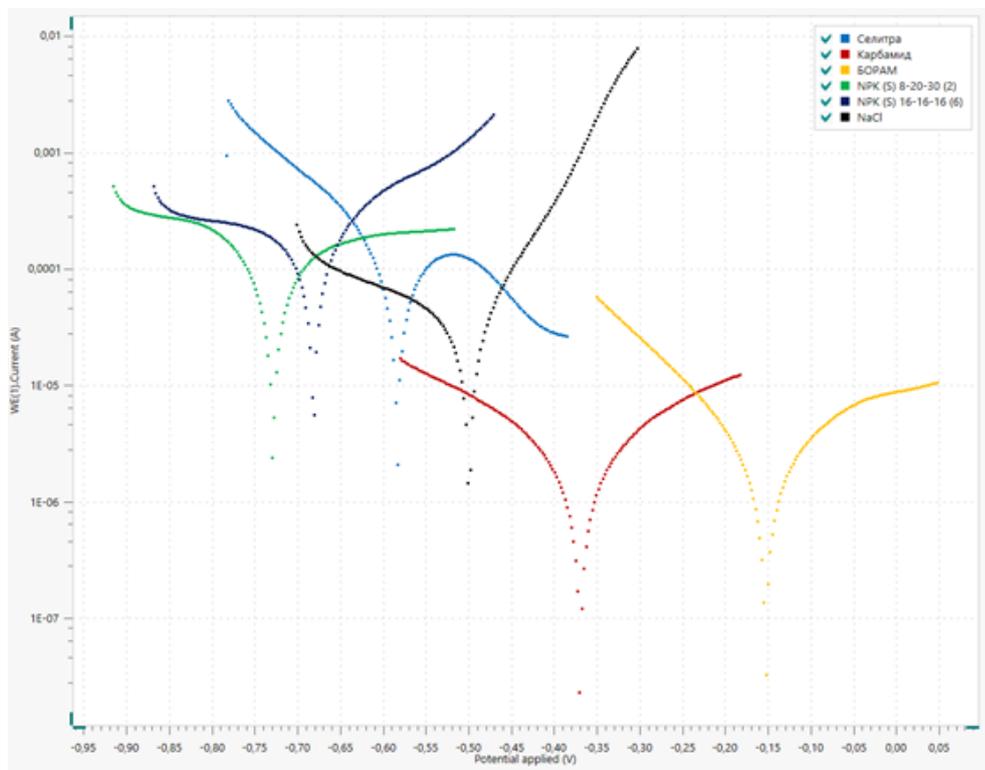


Рисунок 4.15 – Поляризационные кривые на стали Ст3 при концентрации растворов минеральных удобрений 3 %

На основании полученных данных агрессивность растворов удобрений можно представить в следующем порядке:

Первое место занимает аммиачная селитра, растворы которой показывают достаточно широкий диапазон агрессивности от $338 \cdot 10^{-8}$ до $1800 \cdot 10^{-8}$ А.

Второе место в ряду агрессивности занимает NPK 2, растворы которого характеризуются диапазоном агрессивности от $466 \cdot 10^{-8}$ до $1650 \cdot 10^{-8}$ А.

Третье место в ряду агрессивности занимает NPK 1, растворы которого имеют более низкие показатели агрессивности по сравнению с NPK 2, варьируясь от $148 \cdot 10^{-8}$ до $881 \cdot 10^{-8}$ А. Снижение агрессивности обусловлено содержанием азота.

Четвертое место в ряду агрессивности занимает карбамид, растворы которого выделяются наиболее низкими показателями агрессивности: от $4,87 \cdot 10^{-8}$ до $22,9 \cdot 10^{-8}$ А.

Хелат меди демонстрирует очень низкий уровень агрессивности от $3,11 \cdot 10^{-8}$ до $15,4 \cdot 10^{-8}$ А, что делает его одним из наименее агрессивных среди рассмотренных растворов. Его низкая агрессивность связана с химической структурой, которая эффективно снижает коррозионное воздействие на металлы, делая его эффективным средством для консервации сельскохозяйственной техники.

4.6. Результаты натуральных испытаний в условиях тропического климата

В условиях тропического климата, где агрессивные факторы окружающей среды негативно влияют на сохранность техники, проведение натуральных испытаний является важным и необходимым этапом в разработке и внедрении новых методов защиты металлов и сплавов от коррозии.

Для натуральных испытаний были выбраны 1% водные растворы следующих защитных составов:

- хелатный комплекс меди;
- борат моноэтаноламина;
- контроль (без защитного состава).

Образцы перед испытаниями подготавливали аналогично образцам для ускоренных испытаний, описанных в разделе 3.5.1, после чего погружали в водные растворы, доставали и подвешивали на хомуты-стяжки на открытом стенде под навесом.

Визуальный осмотр после экспозиции исследуемых составов на образцах стали Ст3 в течение 1 недели показал, что на контрольном образце (без покрытия) была обнаружена коррозия на 2% площади.

После экспозиции в течение 1 месяца было установлено, что коррозия охватила 20% поверхности контрольного образца.

Через 3 месяца воздействия коррозия затронула уже 46% площади контрольного образца, тогда как образцы, обработанные боратом, показали коррозионные поражения лишь на 4% площади.

После экспозиции исследуемых составов на образцах стали Ст3 в течение 6 месяцев было установлено, что:

- на контрольных образцах сталь полностью подверглась коррозии (100%);
- у опытных образцов с обработкой боратом коррозия охватила 35% площади;
- у образцов, обработанных хелатным комплексом меди, коррозионные поражения заняли 10% поверхности.

Фотографии коррозионных поражений стали Ст3 после экспозиции в течение 6 месяцев представлены на рисунке 4.16.

Контроль



Борат



Хелатный комплекс меди



Рисунок 4.16 – Фотографии образцов стали Ст3 после экспозиции в течение 6 месяцев

Таким образом, результаты натурных испытаний в условиях тропического климата показали высокую защитную эффективность хелатного комплекса меди.

4.7. Результаты натуральных испытаний в умеренно-континентальном климате

В условиях умеренно-континентального климата коррозия протекает с меньшей скоростью, чем в тропическом климате. Это связано с влиянием различных климатических факторов. В умеренно-континентальном климате отличаются температура и влажность воздуха в течение года. Зимой температуры могут быть низкими, а летом - умеренно теплыми, что способствует меньшему количеству конденсатных осадков на металлических поверхностях. В сравнении с тропическими условиями, характерными для круглогодично высоких температур и влажности, умеренные колебания климатических параметров уменьшают агрессивность коррозионной среды.

Значительную роль в замедлении коррозии в умеренно-континентальном климате играет количество и периодичность атмосферных осадков. В таких условиях дожди не столь часты и обильны, как в тропиках, а это значит, что металлические конструкции дольше остаются сухими, что снижает скорость электрохимических процессов, ведущих к коррозии. Кроме того, весной и осенью, когда отмечаются значительные суточные колебания температуры, металлические поверхности склонны высыхать быстрее, что уменьшает вероятность длительного контакта с влагой.

Натурные испытания проводились в реальных условиях с целью определения эффективности хелатного комплекса меди по защите металлических поверхностей от коррозии. Выбор объекта исследования — КПС-4, обусловлен его эксплуатационными характеристиками и наличием металлических вследствие изнашивания поверхностей без лакокрасочного покрытия (рисунок 4.17). Это позволило сосредоточиться на оценке действия хелатного комплекса меди непосредственно на металл, исключая влияние других защитных слоев.



Рисунок 4.17 – Фотографии объектов исследования в процессе эксплуатации

После завершения полевых работ техника возвращалась на место постоянного базирования в организации (закрытые неотопливаемые помещения). Перед постановкой на межсменное и кратковременное хранение техника очищалась от загрязнений, мылась, и наносились защитные составы с помощью устройства для нанесения консервационных составов [94]. Обработка проводилась с особой тщательностью, чтобы обеспечить равномерное распределение хелатного комплекса меди на поверхности техники. После нанесения защитного покрытия техника оставлялась на воздухе для естественного высыхания.

Для оценки эффективности применяемых защитных составов проводился визуальный осмотр. Исследование показало, что применение хелатного комплекса меди снижает скорость коррозии металлических изделий (рисунок 4.18). Результаты также подтвердили высокую эффективность защитного состава даже в условиях высоких температур и повышенной влажности, характерных для тропического климата.

Дополнительно было проведено сравнение с контрольными рабочими органами, у которых наблюдались более выраженные признаки коррозионных поражений.



Рисунок 4.18 – Фотографии после кратковременного хранения

Таким образом, было доказано, что использование данного состава существенно продлевает срок службы оборудования и уменьшает затраты на его ремонт и обслуживание.

4.8. Выводы по главе

Исследование применения хелатного комплекса меди в качестве состава для стимулирования роста растений, а также защитного состава для металлических поверхностей позволило сделать следующие выводы:

1. Применение хелатного комплекса меди способствует увеличению биомассы надземной части растений и повышает их устойчивость к стрессовым условиям окружающей среды, таким как засуха или низкие температуры.

2. Оптимальная концентрация раствора хелатного комплекса меди составляет 1:500. В среднем за три года по всем трем сортам в этом варианте опыта получена урожайность 28,7 т/га, что на 3,8 т/га (15,3 %) выше, чем в контроле с листовой обработкой водой без препарата.

3. Химический анализ показал, что в клубнях картофеля, в среднем по трем сортам, содержится 1,59...1,64 % азота, меди 3,10...4,37 мг/кг, бора 56,17...108,53 мг/кг. При потреблении 300 граммов картофеля в сутки содержание азота и меди остается в пределах ПДК, однако содержание бора несколько превышает ПДК.

4. Ускоренные лабораторные испытания позволили определить скорость коррозии металлических образцов при использовании хелатного комплекса меди. В результате было достигнуто снижение скорости коррозии до 0,0008 г/м² ч при концентрации 1 % раствора, обеспечивая ярко выраженные ингибирующие свойства.

5. Потенциометрическое исследование показало, что присутствие в растворе хелата меди ускоряет катодную и замедляет анодную реакцию, смещая потенциал коррозии в положительную сторону. Таким образом, данный хелат меди проявляет свойства ингибитора, который по характеру защитного действия относится к анодному типу.

6. Натурные испытания в условиях тропического климата после экспозиции в течение 6 месяцев позволили определить защитную эффективность

хелатного комплекса меди. Площадь коррозионных поражений составила 10%, тогда как незащищенный образец был корродирован на 100%.

7. Натурные испытания в условиях умеренно-континентального климата также подтвердили высокую защитную эффективность хелатного комплекса меди при межсменном и кратковременном хранении в закрытых неотапливаемых помещениях., а также на открытых площадках.

ГЛАВА 5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЯЕМОГО ХЕЛАТНОГО КОМПЛЕКСА МЕДИ

5.1. Рекомендации по повышению сохраняемости сельскохозяйственной техники

В связи с тем, что увеличение объемов производства минеральных удобрений вызывает сильное коррозионное разрушение применяемых в настоящее время конструкционных материалов и защитных покрытий сельскохозяйственных машин, возникает необходимость в разработке рекомендаций по противокоррозионной защите в период хранения.

Противокоррозионные мероприятия по повышению сохраняемости сельскохозяйственных машин включают в себя операции по очистке машин от остатков минеральных удобрений и защиту неокрашенных поверхностей и поверхностей с повреждённым лакокрасочным защитным покрытием от коррозии защитными составами, восстановление защитных покрытий и ликвидацию очагов коррозии на поверхностях, не имеющих защитных покрытий. При неправильном хранении тракторов, опрыскивателей, разбрасывателей удобрений и других машин разрушения от коррозии могут быть значительно больше, чем при нормальной эксплуатации.

Очаги коррозии (ржавчину) на поверхностях рекомендуется удалять механическим или химическим способом.

Для повышения сохраняемости сельскохозяйственной техники в период хранения, как показано в настоящей работе, рекомендуется применять эффективное удобрение с антикоррозионными свойствами.

Типовой процесс подготовки сельскохозяйственной техники к хранению включает несколько этапов (рисунок 5.1).



Рисунок 5.1 – Типовой процесс подготовки сельскохозяйственной техники к хранению

Подготовка машины к консервации заключается в удалении ржавчины, жировых и прочих загрязнений.

Периодичность и объем работ по очистке, мойке, сушке и нанесению антикоррозионного покрытия зависят от условий эксплуатации, оказывающих значительное влияние на долговечность отдельных агрегатов и узлов. А способность минеральных удобрений прилипнуть к конструкционным элементам и вызывать их коррозионное разрушение делает потребность в очистке и мойке ежедневной.

Все загрязнения можно классифицировать на три группы по сложности их смывания:

Первая группа включает слабосвязанные загрязнения, не содержащие значительных примесей органических веществ и состоящие преимущественно из песчаных частиц до 83 %. Они легко смываются водой под давлением 1,5 – 2,0 кг/см².

Вторая группа состоит из загрязнений, содержащих органические вещества в объеме от 10 до 35 %, и требующих для смывания более высокого давления воды, около 3 – 5 кг/см².

Третья группа включает загрязнения помимо пыли и грязи содержит цементирующие и крепко склеивающие вещества, которые не могут быть очищены даже струей воды под давлением 15 – 20 кг/см². Для их удаления необходимо использовать химические растворы в сочетании с механическим воздействием.

Перед основной очисткой необходимо предварительно удалить осевшие массы удобрений с горизонтально расположенных поверхностей машины путем предварительного смачивания водой загрязненных поверхностей.

Очистка машин от остатков минеральных удобрений должна производиться водоструйным способом. Водоструйная очистка по сравнению с очисткой механическим трением (использованием деревянных чистиков, скребков, лопаток, обтирочного материала) и с очисткой сжатым воздухом является более эффективной: она позволяет получить необходимую степень чистоты и снижает риск повреждения поверхности машины. Она более экологична, поскольку основным веществом является обыкновенная вода, которая не загрязняет окружающую среду и легко очищается после работы. Дополнительно, при правильной организации рабочего процесса, вода может быть многократно использована, что значительно снижает расход воды, стоимость которой составляет около 80 – 85 % всех затрат на мойку.

Еще одним значительным преимуществом является сокращение временных затрат на очистку. Водоструйные системы, благодаря их высокой скорости работы и эффективности, позволяют значительно быстрее завершить процесс очистки по сравнению с ручными методами или использованием сжатого воздуха. Это особенно важно в условиях крупных сельскохозяйственных или промышленных предприятий, где время — это важнейший ресурс.

После водоструйной очистки необходимо смыть оставшиеся загрязнения и высушить поверхность сжатым воздухом от компрессора. Затем нанести консервационные составы. Процесс нанесения консервационных составов также требует внимательности и аккуратности. Рекомендуется использовать

специальные распылители или кисти, чтобы обеспечить равномерное распределение материала по всей поверхности. При этом следует избегать переизбытка состава, так как это может привести к образованию потеков и утрате адгезии. После нанесения покрытие нужно оставить для полного высыхания, что может занять от нескольких часов до суток в зависимости от использованного состава и условий окружающей среды.

В данной работе предлагается отказаться от отдельного этапа консервации техники, хранящейся в помещениях. Вместо этого рекомендуется использовать обработку техники хелатом меди на стадии мойки с последующим естественным высыханием поверхности (рисунок 5.2).



Рисунок 5.2 – Стадии подготовки сельскохозяйственной техники к хранению в закрытых помещениях с использованием раствора хелата меди

Смыв загрязнений водой с последующим ополаскиванием раствором хелата меди представляет собой процесс, при котором сначала удаляются загрязнения с помощью водоструйной очистки, а затем осуществляется дополнительное ополаскивание раствором хелата меди. Вместо ополаскивания раствор хелата меди может быть нанесен с помощью специального устройства для нанесения защитных материалов (рисунок 5.3) [95]. Этот метод позволяет не только очистить поверхность от нежелательных загрязнений, но и одновременно обеспечить её защиту благодаря веществам, содержащимся в растворе хелата меди. Таким образом, достигается двойной эффект, способствующий повышению сохраняемости техники.



Рисунок 5.3 – Устройство для нанесения защитных материалов

5.2. Экономическая эффективность использования хелата меди для консервации СХТ

Расчет экономической эффективности использования хелата меди для консервации сельскохозяйственной техники на стадии очистки рассмотрим на примере консервации сельскохозяйственной техники перед хранением в закрытых неотапливаемых помещениях. Площадь поверхности на каждой единице техники, которую необходимо очистить и законсервировать составляет, около 20 м².

Сравнение проведем с традиционным методом консервации на примере консервационного масла К-17. В состав К-17 входят следующие компоненты: окисленный петролатум - 2,5%; гидрат окиси лития – по расчету; синтетический каучук СКБ-45 - 1%; присадка ЦИАТИМ-339 - 2,5%; присадка ПМСЯ – 10%; дифениламин – 0,3%; трансформаторное масло – не более 40%; авиационное масло МС-20 – остальное до 100%. Применяется К-17 для защиты от коррозии

внутренних и наружных поверхностей тракторов, автомобилей и сельхозмашин, узлов, агрегатов и деталей при хранении под навесом или в закрытых помещениях до 1 года. Применение К-17 взамен плотных защитных смазок экономичнее в результате меньшего расхода в 5...10 раз [82].

В таблице 5.1 показаны стадии и технические средства, необходимые для проведения консервации техники.

Таблица 5.1 – Стадии и технические средства, необходимые для консервации техники при последующем хранении ее в неотапливаемом помещении

№ пп	Стадия	Техническое средство	Использование хелата меди	Использование К-17
1	Водоструйная очистка загрязнений с поверхности техники	Установка моечная M125	+	+
2	Ополаскивание раствором хелата меди	Установка моечная M125	+	-
3	Сушка поверхностей	Компрессор Abac D 4/50 CM 2.5 1NDC504BLU	-	+
4	Нанесение консервационного масла К-17	Установка для нанесения антикора RAASM-22024	-	+
5	Сушка поверхностей	Естественная	+	-
6	Расконсервация	Промывка бензином или уайт-спиритом	-	+

Расконсервируют наружные поверхности, покрытые консервационным маслом К-17, промывкой бензином или уайт-спиритом, протиркой ветошью, смоченной уайт-спиритом или бензином либо промывкой водными моющими растворами

Таким образом, экономическая эффективность от использования раствора хелата меди для консервации сельхозтехники уже на этапе мойки обеспечивается благодаря следующим преимуществам:

1. Нет необходимости в расконсервации техники.
2. Исключается этап сушки перед нанесением защитных составов.
3. Низкая стоимость и расход хелата меди (10 г/л).
4. Экологичен, при попадании в почву не наносит ущерб.

Для расчёта экономического эффекта при консервации раствором хелата меди необходимо рассчитать его себестоимость. Исходными данными для расчета сырьевой себестоимости является цена базовых компонентов, необходимых для органического синтеза. Данные о сырьевой себестоимости компонентов приведены в таблице 5.2.

Все компоненты, необходимые для органического синтеза, имеются в свободной розничной и оптовой продаже.

Затраты на сырье рассчитываются по формуле (5.1):

$$Z_c = \sum_{i=1}^n C_i \cdot V_i, \quad (5.1)$$

где C_i – стоимость товарной единицы компонента, руб.;

V_i – объем компонента в реакторе, кг.

Таблица 5.2. – Сырьевая себестоимость компонентов оптовой при закупке от 200 кг

№	Компонент	Цена за кг, руб	Количество, кг	Сумма, руб
1	Порошок медный ПМС-1	1570	0,004	6,28
2	Моноэтаноламин (технический)	165	0,766	126,39
3	Борная кислота	193	0,23	44,39
Итого			1	177,06

Как видно из расчетов, сырьевая себестоимость хелата составляет 177,06 рублей. Стоимость консервационного масла К-17 варьируется от 205 до 320 рублей. Для дальнейших расчетов в данной главе стоимость килограмма К-17 принимаем за 262,5 рублей.

В таблице 5.3 приведены затраты на консервацию техники.

Таблица 5.3 – Затраты на консервацию техники

№	Составляющие затрат	Консервация хелатом	Консервация К-17
1	Затраты на воду	+	+
2	Затраты на электроэнергию при мойке	+	+
3	Расходы на закупку защитных составов	+	+
4	Затраты на электроэнергию при ополаскивании	+	-
5	Затраты на электроэнергию во время сушки поверхности	-	+
6	Затраты на электроэнергию при нанесении консервационного состава	-	+
7	Затраты на расконсервацию техники	-	+
8	Амортизация оборудования	+	+

Экономическая эффективность от применения новых защитных материалов определяется на основании методических указаний и рекомендаций, изложенных в [77,80].

Годовой экономический эффект от консервации хелатом меди на стадии мойки складывается из двух составляющих:

$$\mathcal{E}_r = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 \quad (5.1)$$

где \mathcal{E}_1 – эффект от использования хелата меди вместо К-17;

\mathcal{E}_2 – эффект от сокращения количества оборудования, необходимого для консервации техники.

В расчете на 1 защищаемую единицу техники:

$$\mathcal{E}_1 = K_3 \cdot (C_B \cdot P_B - C_H \cdot P_H) \quad (5.2),$$

где C_B , C_H – цена базового (К-17) и нового (хелата меди) материалов, руб/кг;

P_B , P_H – расход на одну машину базового и нового материалов, кг;

K_3 – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Принимаем, $K_3 = 1,1$;

Цена от производителя консервационного масла К-17, составляет:

$$C_B = 262,5 \text{ руб/кг.}$$

В ходе исследований было установлено, что расход К-17 на 1 м² поверхности стали с учетом, стекания его с образца составляет ~ 0,15 кг/м². Площадь рабочей поверхности для одной единицы техники принимаем равной 20 м², тогда расход базового материала составляет:

$$P_B = 0,15 \cdot 20 = 3 \text{ кг}$$

Цена хелата меди (C_H) составляет 177,06 руб/кг. Расход нового материала составляет 0,01 кг/м², тогда:

$$P_H = 0,01 \cdot 20 = 0,2 \text{ кг}$$

Экономический эффект от использования хелата на одну единицу техники составляет:

$$\mathcal{E}_1 = K_3 \cdot (C_B \cdot P_B - C_H \cdot P_H) = 1,1 (262,5 \cdot 3 - 177,06 \cdot 0,2) = 828 \text{ руб}$$

Экономия от сокращения количества оборудования \mathcal{E}_2 , необходимого для консервации техники складывается из:

$$\mathcal{E}_2 = K_{ЗБ} - K_{ЗН} \quad (5.3),$$

где $K_{ЗБ}$ и $K_{ЗН}$ - затраты на капитальные вложения на оборудование по базовой и новой технологии, руб;

Цена моечной установки M125 составляет 39 000 руб, стоимость компрессора для сушки поверхности техники составляет 13 725 руб, стоимость установки RAASM-22024 для нанесения консервационного масла составляет 28 600 руб.

$$\text{Э}_2 = K_B - K_H = (39000 + 13725 + 28600) - (39000) = 42\,325 \text{ руб}$$

Таким образом, экономическая эффективность от внедрения консервирования сельскохозяйственной техники на стадии мойки машин хелатом меди будет составлять 828 рублей на единицу техники. При этом экономия от сокращения числа оборудования составляет 42 325 рублей.

5.3. Экономическая эффективность применения хелата меди

Для расчета экономической эффективности применения растворов хелата меди в технологии выращивания картофеля необходимо рассчитать затраты по вариантам. Сырьевая себестоимость хелата меди составляет – 177,06 руб./1,0 л. Расход рабочей жидкости – 300 л/га. Основные общие базовые затраты по расчетам экономистов составляют 151 200 руб./га (таблицы 5.4 – 5.6).

Таблица 5.4 – Расчет затрат и условного чистого дохода по сорту Гулливер в зависимости от концентрации применяемого хелата меди в среднем за три года

Показатели	Контроль ный вариант	Варианты с применением препарата		
		0,3 (1:1000)	0,6 (1:500)	2,4 (1:250)
Доза препарата при листовой обработке, л/га	0	0,3 (1:1000)	0,6 (1:500)	2,4 (1:250)
Основные базовые затраты, тыс. руб./га	151 200	151 200	151 200	151 200
Затраты на препарат для 3-х листовых обработок, руб./га	0	160	320	480
ИТОГО затрат, тыс. руб./га	151 200	151 360	151 520	151 680
Товарная урожайность, т/га	26,1	27,2	30,1	28,6
Выручка по цене 15 руб./кг, тыс. руб./га	392 000	408 000	451 500	429 000
Выручка по цене 10 руб./кг, тыс. руб./га	261 000	272 000	301 000	286 000
Доход при цене 15 руб./кг (выручка минус расходы), тыс. руб./т	240 800	256 640	299 980	277 320

Продолжение таблицы 5.4

Доход при цене 10 руб./кг (выручка минус расходы), тыс. руб./т	109 800	120 640	149 480	134 320
Условный чистый доход (УЧД) от применения хелата меди при цене реализации картофеля 15 руб./кг	-	15 840	59 180	36 520
УЧД от применения препарата при цене реализации картофеля 10 руб./кг	-	10 840	39 680	24 520

Для расчета условного чистого дохода по каждому сорту мы приняли к учету только картофель «товарной» фракции (более 30 мм по поперечному диаметру). Приняли условную цену реализации 15 и 10 руб./кг. Затем, подсчитав товарную урожайность, определили сумму предполагаемой выручки по вариантам по предполагаемой цене реализации картофеля 15 и 10 руб./кг. И получили предполагаемый (условный) чистый доход от применения препарата.

При этом получили, что наилучшим вариантом с точки зрения экономики оказался вариант трехкратной листовой обработкой с концентрацией препарата 1:500 (0,6 л/га), где можно получить условный чистый доход по сорту картофеля Гулливер 39...59 тыс. руб./га; по сорту Вымпел 39...59 тыс. руб./га; по сорту Матушка 17...26 тыс. руб./га.

Таблица 5.5 – Расчет затрат и условного чистого дохода по сорту Вымпел в зависимости от концентрации применяемого хелата меди в среднем за три года

Показатели	Контрольный вариант	Варианты с применением препарата		
		0,3 (1:1000)	0,6 (1:500)	2,4 (1:250)
Доза препарата при листовой обработке, л/га	0	0,3 (1:1000)	0,6 (1:500)	2,4 (1:250)
Основные базовые затраты, тыс. руб./га	151,2	151,2	151,2	151,2
Затраты на препарат для 3-х листовых обработок, руб./га	0	160	320	480
ИТОГО затрат, тыс. руб./га	151 200	151 360	151 520	151 680

Продолжение таблицы 5.5

Товарная урожайность, т/га	27,6	30,6	31,6	32,3
Выручка по цене 15 руб./кг, тыс. руб./га	414 000	459 000	474 000	484 500
Выручка по цене 10 руб./кг, тыс. руб./га	276 000	306 000	316 000	323 000
Доход при цене 15 руб./кг (выручка минус расходы), тыс. руб./т	262 800	307 640	322 480	332 820
Доход при цене 10 руб./кг (выручка минус расходы), тыс. руб./т	124 800	154 640	164 480	171 320
Условный чистый доход (УЧД) от применения хелата меди при цене реализации картофеля 15 руб./кг	-	44 840	59 680	70 020
УЧД от применения препарата при цене реализации картофеля 10 руб./кг	-	29 840	39 680	46 520

В вариантах с трехкратной листовой обработкой с концентрацией препарата 1:1000 (0,3 л/га) можно получить условный чистый доход по сорту картофеля Гулливер 10...15 тыс. руб./га; по сорту Вымпел 29...44 тыс. руб./га; по сорту Матушка 7...11 тыс. руб./га.

Опыт в вариантах с трехкратной листовой обработкой с концентрацией препарата 1:250 (2,4 л/га) можно получить условный чистый доход по сорту картофеля Гулливер 24...36 тыс. руб./га; по сорту Вымпел 46...70 тыс. руб./га; по сорту Матушка 18...28 тыс. руб./га.

Таблица 5.6 – Расчет затрат и условного чистого дохода по сорту Матушка в зависимости от концентрации применяемого хелата меди в среднем за три года

Показатели	Контрольный вариант	Варианты с применением препарата		
		0,3 (1:1000)	0,6 (1:500)	2,4 (1:250)
Доза препарата при листовой обработке, л/га	0	0,3 (1:1000)	0,6 (1:500)	2,4 (1:250)
Основные базовые затраты, тыс. руб./га	151,2	151,2	151,2	151,2

Продолжение таблицы 5.6

Затраты на препарат для 3-х листовых обработок, руб./га	0	160	320	480
ИТОГО затрат, тыс. руб./га	151 200	151 360	151 520	151 680
Товарная урожайность, т/га	16,7	17,5	18,5	18,6
Выручка по цене 15 руб./кг, тыс. руб./га	250 500	262 500	277 500	279 000
Выручка по цене 10 руб./кг, тыс. руб./га	167 000	175 000	185 000	186 000
Доход при цене 15 руб./кг (выручка минус расходы), тыс. руб./т	99 300	111 140	125 980	127 320
Доход при цене 10 руб./кг (выручка минус расходы), тыс. руб./т	15 800	23 640	33 480	34 320
Условный чистый доход (УЧД) от применения хелата меди при цене реализации картофеля 15 руб./кг	-	11 840	26 680	28 020
УЧД от применения препарата при цене реализации картофеля 10 руб./кг	-	7 840	17 680	18 520

Таким образом, при себестоимости хелата меди в 177,06 руб/л можно получить с точки зрения экономики условный чистый доход в варианте с трехкратной листовой обработкой хелата меди 1:500 (0,6 л/га) по сорту картофеля Гулливер - 39...59 тыс. руб./га, по сорту Вымпел - 39...59 тыс. руб./га, по сорту Матушка - 17...26 тыс. руб./га.

5.4. Выводы по главе

1. В результате проведенных исследований были предложены рекомендации по повышению сохраняемости сельскохозяйственной техники. Они включают водоструйную очистку загрязнений, смыв их водой и последующее ополаскивание раствором хелатного комплекса меди. Таким

образом, достигается двойной эффект, способствующий повышению сохраняемости техники

2. Разработанные рекомендации используются в ФГБНУ ФИЦ Картофеля имени А. Г. Лорха, д.п. Красково, Люберецкого р-на, Московской области (приложение Ж), а также в учебный процесс ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (приложение Л).

3. Экономическая эффективность применения хелата меди при консервации сельскохозяйственной техники на стадии мойки машин составляет 828 рублей на единицу техники. При этом экономия от сокращения числа оборудования составляет 42 325 рублей.

4. Применение хелатного комплекса меди в технологии выращивания картофеля позволяет получить условный чистый доход в варианте с трехкратной листовой обработкой 1:500 (0,6 л/га) по сорту картофеля Гулливер - 39...59 тыс. руб./га, по сорту Вымпел - 39...59 тыс. руб./га, по сорту Матушка - 17...26 тыс. руб./га

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе решена актуальная научно-практическая задача повышения сохраняемости сельскохозяйственной техники путем применения хелатного комплекса меди. Проведенный комплекс научных исследований позволяет сделать следующие выводы:

1. Анализ литературных данных по вопросам, связанным с хранением техники и коррозионно-механическим износом деталей и узлов машин, выявил необходимость разработки новых универсальных защитных составов.

2. Анализ факторов, влияющих на коррозионные разрушения, позволил определить, что наиболее значимыми являются влажность, температурные колебания и наличие агрессивных сред. Эти факторы в совокупности ускоряют процессы коррозии и механического износа, что приводит к снижению срока эксплуатации техники. Особенно остро данная проблема стоит для машин, вносящих удобрения, поскольку они регулярно подвергаются воздействию внешних факторов.

3. Научное обоснование концепции создания высокоэффективных удобрений базируется на принципах комплексного воздействия активных компонентов удобрений на металлические поверхности. Антикоррозионный эффект может быть достигнут за счет введения в состав удобрений органических ингибиторов коррозии, таких как амины, карбоновые кислоты или их производные, которые образуют защитные пленки на поверхности металла. Эти соединения характеризуются высокой адсорбционной способностью и химической стабильностью, что делает их подходящими для использования в составе удобрений.

4. В качестве сырья для создания нового удобрения с антикоррозионными свойствами были выбраны моноэтаноламин, борная кислота и медный порошок. Технология органического синтеза включает несколько этапов: на первом этапе борную кислоту и моноэтаноламин нагревают до 150 °С, получая борат моноэтаноламина. На втором этапе после охлаждения добавляют медный

порошок, который растворяется при перемешивании, образуя комплексное соединение меди с боратом моноэтаноламина.

5. В среднем по трем сортам картофеля применение хелатного комплекса меди в концентрации 1:500 (0,6 л/га) позволило получить прибавку валовой урожайности на 1,3...4,4 т/га (5,0...16,1%). Также получена прибавка товарной (более 30 мм в поперечном диаметре) урожайности на 0,8...4,7 т/га;

6. Химический анализ показал, что в клубнях картофеля, в среднем по трем сортам, содержится 1,59...1,64 % азота, меди 3,10...4,37 мг/кг, бора 56,17...108,53 мг/кг. При потреблении 300 граммов картофеля в сутки содержание азота и меди остается в пределах ПДК, однако содержание бора несколько превышает ПДК.

7. Ускоренные лабораторные испытания позволили определить защитные свойства исследуемого хелатного комплекса меди. В результате было достигнуто снижение скорости коррозии образца из стали Ст3 до 0,0008 г/м² ч при концентрации 1 % раствора, обеспечивая ярко выраженные ингибирующие свойства.

8. Потенциометрическое исследование с помощью потенциостата/гальваностата Autolab PGSTAT 302N показало, что присутствие в растворе хелата меди ускоряет катодную и замедляет анодную реакцию, смещая потенциал коррозии в положительную сторону. Таким образом, данный хелат меди проявляет свойства ингибитора, который по характеру защитного действия относится к анодному типу. Оптимальная концентрация хелатного комплекса меди в растворе – 10 г/л.

9. Натурные испытания в условиях тропического климата после экспозиции в течение 6 месяцев позволили определить защитную эффективность хелатного комплекса меди. Площадь коррозионных поражений составила 10%, тогда как незащищенный образец был корродирован на 100%.

10. Натурные испытания в условиях умеренно-континентального климата также подтвердили высокую защитную эффективность хелатного комплекса

меди при межсменном и кратковременном хранении в закрытых неотапливаемых помещениях, а также на открытых площадках.

11. Экономическая эффективность применения хелата меди при консервации сельскохозяйственной техники на стадии мойки машин составляет 828 рублей на единицу техники. При этом экономия от сокращения числа оборудования составляет 42 325 рублей.

12. Применение хелата меди в технологии выращивания картофеля позволяет получить условный чистый доход в варианте с трехкратной листовой обработкой 1:500 (0,6 л/га) по сорту картофеля Гулливер - 39...59 тыс. руб./га, по сорту Вымпел - 39...59 тыс. руб./га, по сорту Матушка - 17...26 тыс. руб./га.

Рекомендации: для завершения комплекса исследований планируется проведение дополнительных испытаний в различных климатических зонах. Идея исследования заключается в создании универсального защитного состава, с одинаковой эффективностью работающего в экстремально разных погодных условиях, что представляется важным для увеличения срока службы техники в различных отраслях промышленности.

Перечень условных обозначений, символов и терминов

СХТ – сельскохозяйственная техника

АПК – агропромышленный комплекс

ДВС – двигатель внутреннего сгорания

СХК – смазка сельскохозяйственная консервационная

ЖКУ – жидкое комплексное удобрение

СЖКУ – суспендированное жидкое комплексное удобрение

ЭА – этаноламины

ПАВ – поверхностно-активное вещество

ПДК – предельно допустимая концентрация

МЭА – моноэтанолламин

Список используемой литературы

1. Акимов Г.В. Теория и методы исследования коррозии металлов / Г. В. Акимов, чл.-кор. АН СССР; Акад. наук СССР. Отд-ние хим. наук. - Москва; Ленинград: Изд-во Акад. наук СССР, 1945 (М.: Образцовая тип.). - 414 с.
2. Акользин П.А. Коррозия металла паровых котлов. - Москва; Ленинград: Госэнергоиздат, 1957. - 224 с.
3. Алцыбаева А.И. Ингибиторы коррозии металлов / А. И. Алцыбаева, С. З. Левин; под ред. проф. Л. И. Антропова. - Ленинград: Химия. Ленингр. отделение, 1968. - 262 с.
4. Анализ защитных свойств азот-, фосфорсодержащих ингибиторов коррозии стали / Р. Р. Гафуров, Л. А. Кудрявцева, В. К. Половник, О. Н. Быстрова // Практика противокоррозионной защиты. – 2001. – № 4(22). – С. 14-17. – EDN HSBWJN.
5. Антропов Л.И. Ингибиторы коррозии металлов / Л. И. Антропов, Е. М. Макушин, В. Ф. Панасенко; под общ. ред. Л. И. Антропова. - Киев: Техніка, 1981. - 183 с.
6. Афанасьев П.С. Коррозия металлов и меры борьбы с ней / Под ред. д-ра хим. наук проф. А. Ф. Богоявленского. - Казань: Таткнигоиздат, 1959. - 83 с.
7. Бакалейников В.М. Разработка ингибированных составов для защиты от коррозии и износа втулочно-роликовых цепей сельскохозяйственной техники: диссертация ... кандидата технических наук: 05.17.07. - Москва, 1991. - 153 с.
8. Барчукова, А. С. Влияние азотсодержащего удобрения на всхожесть семян томата / А. С. Барчукова, С. М. Ветрова // Актуальные вопросы современных технологий производства и переработки сельскохозяйственной продукции: Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, Курск, 31 марта 2023 года. Том Часть 1. – Курск: Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова, 2023. – С. 16-20. – EDN JVNVKV.

9. Барчукова, А. С. Действие нового комплексного удобрения на посевные качества семян яровой пшеницы / А. С. Барчукова, С. М. Ветрова, С. М. Гайдар // Актуальные проблемы развития научных исследований и инноваций в сельскохозяйственном производстве : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием и Всероссийской Школы молодых учёных, Белгород, 28–30 июня 2023 года. – Белгород: Общество с ограниченной ответственностью "КОНСТАНТА", 2023. – С. 23-27. – EDN VFRWJB.
10. Барчукова, А. С. Повышение пищевой ценности картофеля за счет внекорневых обработок / А. С. Барчукова, С. М. Ветрова // Наука и Образование. – 2024. – Т. 7, № 2. – EDN TCZXUK.
11. Бахвалов Г.Т. Защита металлов от коррозии: [учебное пособие для металлургических вузов и факультетов]. - Москва: Металлургия, 1964. - 288 с.
12. Бердникова, Г. Г. Влияние хлорид-ионов на коррозионную стойкость нержавеющей хромоникелевой стали в разбавленных серноокислых растворах / Г. Г. Бердникова, М. П. Михеева // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2014. – Т. 19, № 1. – С. 149-152. – EDN RYDALJ.
13. Беруштитс Г.К. Коррозионная устойчивость металлов и металлических покрытий в атмосферных условиях / Г. К. Беруштитс, Г. Б. Кларк; АН СССР. Ин-т физ. химии. - Москва: Наука, 1971. - 159 с.
14. Биологическая коррозия металлических конструкций и защита от нее / Н. Н. Колесникова, Ю. К. Луканина, А. В. Хватов [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16, № 1. – С. 170-174. – EDN RTUNZX.
15. Богданова Т.И. Ингибированные нефтяные составы для защиты от коррозии / Т. И. Богданова, Ю. Н. Шехтер. - Москва: Химия, 1984. - 247 с.
16. Бозиев А.Л., Ногмов Х.Т., Кашева К.З., Аширбеков М.Ж. Повышение продуктивности и качества зерна гибрида кукурузы в зависимости от

- применения микроудобрений // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. №2 (44).
17. Вавилкин Д.Ю. Обеспечение сохраняемости сельскохозяйственной техники путем подбора антикоррозионных материалов: диссертация ... кандидата технических наук: 05.20.03 / Вавилкин Дмитрий Юрьевич; [Место защиты: Морд. гос. ун-т им. Н.П. Огарева]. - Саранск, 2011. - 176 с.
 18. Варыпаев В.Н. Коррозия металлов / М-во высш. и сред. спец. образования РСФСР. - Ленинград: Изд-во Ленингр. ун-та, 1972. - 87 с.
 19. Венцель С.В. Применение смазочных масел в двигателях внутреннего сгорания. - Москва: Химия, 1979. - 238 с.
 20. Вerveкин, А.С. Защита меди и латуни от коррозии ингибированными масляными покрытиями в SO₂-содержащей атмосфере : диссертация ... кандидата химических наук : 05.17.03. - Тамбов, 2005. - 178 с.
 21. Вигдорович В. И. Критерии оценки защитной эффективности ингибиторов коррозии / В. И. Вигдорович, К. О. Стрельникова // Конденсированные среды и межфазные границы. – 2011. – Т. 13, № 1. – С. 24-28. – EDN NVUPFZ.
 22. Виноградов П.А. Консервация изделий машиностроения / П. А. Виноградов. - Ленинград: Машиностроение: Ленингр. отд-ние, 1986. – 269 с.
 23. Влияние внекорневой обработки на урожайность и Химический состав картофеля / С. М. Гайдар, А. С. Барчукова, С. М. Ветрова, Т. И. Балькова // Технологии, машины и оборудование для проектирования, строительства объектов АПК : сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 14 марта 2024 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2024. – С. 83-86. – EDN IDRMP1.
 24. Ворончихина, Л. И. Аминоборатные комплексы как ингибиторы коррозии черных металлов / Л. И. Ворончихина, О. Е. Журавлев, А. М. Суворова // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Химия. – 2019. – № 4(38). – С. 132-138. – DOI 10.26456/vtchem2019.4.15. – EDN ZDSIPD.
 25. Ву Динь Вуй. Атмосферная коррозия металлов в тропиках / Ву Динь Вуй; Рос. АН, Ин-т физ. химии. - Москва: Наука, 1994. - 239 с.

26. Гайдар С. М. Влияние нового комплексного удобрения на качество яровой пшеницы / С. М. Гайдар, А. С. Барчукова, С. М. Ветрова // Техника и технологии: теория и практика. – 2023. – № 6(12). – С. 7-12. – DOI 10.34286/2712-7419-2023-12-6-7-12. – EDN TRHJWQ.
27. Гайдар С. М. Влияние хелатного удобрения на всхожесть семян томата / С. М. Гайдар, А. С. Барчукова, С. М. Ветрова // Наука и Образование. – 2023. – Т. 6, № 2. – EDN SBFNNK.
28. Гайдар С. М. Концепция создания ингибиторов коррозии с использованием нанотехнологических подходов / С. М. Гайдар, Р. К. Низамов, М. И. Голубев // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. – 2012. – № 7. – С. 140-142. – EDN PCZSGD.
29. Гайдар С.М. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии и износа с применением нанотехнологий: диссертация ... доктора технических наук: 05.20.03 / Гайдар Сергей Михайлович; [Место защиты: Моск. гос. агроинж. ун-т]. - Москва, 2011. - 433 с.
30. Гайдар С.М. Теория и практика создания ингибиторов коррозии для консервации сельскохозяйственной техники: монография / С. М. Гайдар. - Москва: ФГНУ "Росинформагротех", 2011. - 301 с.
31. Гиббс Д.В. Термодинамика. Статистическая механика / Джозайя Виллард Гиббс. - Москва: Наука, 1982. - 584 с.
32. Глинка Н.Л. Общая химия / Н.Л. Глинка; под ред. А.И. Ермакова. - 28. изд., перераб. и доп. - Москва: Интеграл-Пресс, 2000. - 727 с.
33. Голубев В. В. Лекции по интегрированию уравнений движения тяжелого твердого тела около неподвижной точки учебное пособие для государственных университетов / В.В. Голубев. — Изд. 3-е. — Москва: URSS, ЛЕНАНД, 2021. — 287 с.
34. Голяницкий О.И. Летучие ингибиторы атмосферной коррозии черных металлов / Канд. хим. наук О. И. Голяницкий. - Челябинск: Кн. изд-во, 1958. - 76 с.
35. ГОСТ 13496.4-2019. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина: Межгосударственный

- стандарт: издание официальное: взамен ГОСТ 13496.4-93: дата введения 2020-08-01 / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – Москва: Стандартформ, 2019. – 22 с.
36. ГОСТ 30178-96. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов: Межгосударственный стандарт: издание официальное: взамен ГОСТ 30178-96: дата введения 1998-01-01 / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – Москва: Стандартформ, 2010. – 10 с.
37. ГОСТ 7751-2009. Техника, используемая в сельском хозяйстве. Правила хранения: межгосударственный стандарт: взамен ГОСТ 7751-85: введен 2011-01-05: издание официальное / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. - Москва: Стандартинформ, 2011. - 18 с.
38. ГОСТ 9.014-78. Единая система защиты от коррозии и старения. Временная противокоррозионная защита изделий. Общие требования: межгосударственный стандарт: взамен ГОСТ 13169-69: введен 01.01.80. - Москва: ИПК Изд-во стандартов, 2004. - 43 с.
39. ГОСТ Р 9.905-2007 (ИСО 7384:2001, ИСО 11845:1995). Единая система защиты от коррозии и старения. Методы коррозионных испытаний. Общие требования: Межгосударственный стандарт: издание официальное: введен 2007-09-19 / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – Москва: Стандартформ, 2020. – 20 с.
40. Гофман В.Р. Консервация техники в сельском хозяйстве с использованием ингибиторов коррозии: диссертация ... кандидата технических наук: 05.20.03. - Челябинск, 1977. - 274 с.
41. Губашева, А. М. Противокоррозионная защита сельскохозяйственной техники для внесения минеральных удобрений / А. М. Губашева, Л. Г. Князева // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3, № 8-2(19-2). – С. 116-124. – DOI 10.12737/15495. – EDN TLPLBV.
42. Гусева Ю.Е., Смолина Г.А., Пронин А.М. Влияние разных форм азота и бора на урожай и вынос макроэлементов льном-долгунцом (*Linum usitatissimum*

- L.f. elongata) при возделывании на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве // Тимирязевский биологический журнал. 2023. №3. – С. 85-95.
43. Дорохов А.В. Использование летучих ингибиторов для защиты сельскохозяйственной техники: диссертация ... кандидата химических наук: 05.17.03 / Дорохов Андрей Валерьевич; [Место защиты: Тамбовский государственный технический университет]. - Тамбов, 2019. - 165 с.
44. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям / Б. А. Доспехов. - Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. - Москва: Альянс, 2011. - 350 с.
45. Жук Н.П. Курс коррозии и защиты металлов: [Для металлур. специальностей вузов]. - Москва: Металлургия, 1968. - 407 с.
46. Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений: В 2 т. / Под ред. А. А. Герасименко. - М.: Машиностроение, 1987-. - 21 см. Т. 1. - Москва: Машиностроение, 1987. - 687 с.
47. Защитная эффективность водорастворимых ингибиторов коррозии / С. М. Гайдар, Р. К. Низамов, М. И. Голубев, И. Г. Голубев // Вестник Мордовского университета. – 2018. – Т. 28, № 3. – С. 429-444. – DOI 10.15507/0236-2910.028.201803.429-444. – EDN VBESNS.
48. Звонов В.А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания [Текст]. - Москва: Машиностроение, 1973. - 200 с.
49. Игамбердиев А.А. Хранение сельскохозяйственных машин и зерноуборочных комбайнов как фактор успешной эксплуатации // Universum: технические науки. 2019. №6 (63). – С. 47-49.
50. Игнатъев Р.А. Защита техники от коррозии, старения и биоповреждений [Текст]: справочник / Р. А. Игнатъев, А. А. Михайлова. - Москва: Россельхозиздат, 1987. - 348 с.
51. Износ и коррозия сельскохозяйственных машин / М. М. Севернев, Н. Н. Подлекарёв, В. Ш. Сохадзе, В. О. Китиков; под ред. М. М. Севернева. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 333 с.

52. Изучение влияния нового комплексного удобрения на всхожесть семян и энергию прорастания растений томата / С. М. Гайдар, А. Н. Скороходова, А. М. Пикина, А. С. Барчукова // Владимирский земледелец. – 2023. – № 2(104). – С. 25-30. – DOI 10.24412/2225-2584-2023-2104-25-30. – EDN UIPEWU.
53. Карпенко Г.В. Влияние среды на прочность и долговечность металлов / Г. В. Карпенко; АН УССР, Физ.-мех. ин-т. - Киев: Наук. думка, 1976. - 127 с.
54. Киченко С.Б., Киченко А.Б. К вопросу об оценке комплексной эффективности ингибиторов коррозии. // Практика противокоррозионной защиты. 2005. №3 (37). С. 24 – 28.
55. Клевке В.А. Технология азотных удобрений: [Учеб. пособие для техникумов] / В. А. Клевке, Н. П. Поляков, Л. З. Арсеньева. - 2-е изд., перераб. - Москва: Госхимиздат, 1963. - 392 с.
56. Князева Л.Г. Научные основы создания антикоррозионных консервационных материалов на базе отработавших нефтяных масел и растительного сырья: диссертация ... доктора химических наук: 05.17.03 / Князева Лариса Геннадьевна; [Место защиты: ГОУВПО "Тамбовский государственный технический университет"]. - Тамбов, 2012. - 385 с.
57. Князева, Л. Г. О коррозионных проблемах в сельскохозяйственном производстве / Л. Г. Князева, А. В. Дорохов, Н. А. Курьято // Наука в центральной России. – 2021. – № 5(53). – С. 79-90. – DOI 10.35887/2305-2538-2021-5-79-90. – EDN QQPTVD.
58. Коган З.А. Консервация и упаковка машиностроительной продукции / З. А. Коган, Г. Д. Рыбаков. - Москва: Машиностроение, 1973. - 264 с.
59. Кольберг, В.Н. Применение коррозиестойких материалов и пластмасс в машинах для внесения удобрений: [Обзор] / Канд. с.-х. наук В. Н. Кольберг. - Москва: [б. и.], 1966. - 30 с.
60. Контроль качества и сертификация семенного картофеля: (практическое руководство) / А. М. Малько, Б. В. Анисимов, Н. В. Трофимов [и др.]. – Москва: Росинформагротех, 2003. – 316 с. – ISBN 5-7367-0416-1. – EDN TZEJPV.

61. Королев Ю.В. Защита оборудования от коррозии / Ю. В. Королев, В. Е. Путилов. - Ленинград: Машиностроение. [Ленингр. отд-ние], 1973. - 136 с.
62. Коррозия автомобилей и ее предотвращение / Тадеуш Бестек, Ежи Бреннек, Ежи Иванов [и др.]; научный редактор А. Ф. Синельников; перевод с польского Ю. И. Кузнецова. - Москва: Транспорт, 1985. - 250 с.
63. Коррозия и защита металлов: Учеб.-метод. пособие (для студентов IV курса хим. фак.) / М-во образования РФ. Ом. гос. ун-т; [Сост. доц. В.А. Мухин]. - Омск: ОмГУ, 2004. - 110 с.
64. Коррозия конструкционных материалов в жидких щелочных металлах / [Б.А. Невзоров, В.В. Зотов, В.А. Иванов и др.]; Под ред. проф. Б.А. Невзорова. - Москва: Атомиздат, 1977. - 263 с.
65. Коррозия стали Ст3 в технологических водных растворах нитрата кальция / С. И. Нифталиев, О. А. Козадеров, О. А. Козадерова, Г. В. Клоков // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2013. – № 1(55). – С. 131-134. – EDN PYEPON.
66. Костин В. И. Формирование урожайности и улучшение качества корнеплодов сахарной свёклы под действием фиторегулятора и борной кислоты / В. И. Костин, В. А. Ошкин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 1(25). – С. 13-18. – EDN QJDFIV.
67. Крейн С.Э. Нитрованные масла: (Производство и применение) / С. Э. Крейн, Ю. Н. Шехтер. - Москва: Химия, 1967. - 180 с.
68. Курьято Н. А. Защитная эффективность гидрофильных на масляной основе и гидрофобных покрытий против атмосферной коррозии техники и оборудования: диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук / Курьято Николай Алексеевич, 2024. – 188 с. – EDN LNXUUB.
69. Лапсарь, О.М. Повышение надежности сельскохозяйственных машин применением ПАВ, получаемых в процессе переработки жиросодержащих отходов: диссертация ... кандидата технических наук: 4.3.1. / Лапсарь Оксана Михайловна; [Место защиты: Российский государственный аграрный

университет - МСХА имени К.А. Тимирязева; Диссовет Д 220.043.ХХ (35.2.030.03)]. - Москва, 2024. - 175 с.

70. Левашова В. И. Влияние борной кислоты и этилендиамина на коррозионное поведение стали в растворе соляной кислоты / В. И. Левашова, И. В. Янгирова // Приволжский научный вестник. – 2013. – № 8-1(24). – С. 5-7. – EDN RBQAXH.
71. Магомедов Б.Р. Восстановление защитных покрытий машин и оборудования / Б. Р. Магомедов, Я. Ф. Ракин. - Москва: Колос, 1974. - 119 с.
72. Макаров И.А. и др. Консервационная смазка. Авт. свид. СССР №299536. Бюллетень №12. 1971.
73. Манохина А. А. Применение азотсодержащего удобрения в технологии выращивания картофеля / А. А. Манохина, С. М. Гайдар, А. С. Барчукова // АгроЭкоИнженерия. – 2023. – № 1(114). – С. 76-92. – DOI 10.24412/2713-2641-2023-1114-76-91. – EDN LYLJKL.
74. Меламед М.Н. Хранение машин в колхозах и совхозах / М. Н. Меламед, В. Е. Рязанов, В. М. Никишев. - Чебоксары: Чуваш. кн. изд-во, 1975. - 72 с.
75. Меськин В.С. Основы легирования стали. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Металлургия, 1964. - 684 с.
76. Методика исследований по культуре картофеля / Отд-ние растениеводства и селекции Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В.И. Ленина. Науч.-исслед. ин-т картофельного хоз-ва. — Москва: Б. и., 1967. — 263 с.
77. Методика определения годового экономического эффекта от создания и внедрения новой техники, изобретений и рационализаторских предложений в химической промышленности / НИИТЭХИМ. – М.: - 1978. – 90 с.
78. Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений / ВАСХНИЛ; [Подгот. Г. М. Лоза и др.]. — Фрунзе: М-во сел. хоз-ва СССР, 1984. — 108 с.
79. Методика проведения агротехнических опытов, учетов, наблюдений и анализов на картофеле / С. В. Жевора, Л. С. Федотова, В. И. Старовойтов [и

- др.]; ФГБНУ ВНИИКХ. – МОСКВА: ФГУП "Издательство "Наука", 2019. – 120 с. – ISBN 978-5-901282-26-7. – EDN DMROXP.
80. Методические рекомендации по определению общего экономического эффекта от использования результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в агропромышленном комплексе. – М.: РАСХН, 2007. – 12 с.
81. Митягин В.А. Разработка и применение ингибированных противокоррозионных покрытий для сельскохозяйственной техники: диссертация ... доктора технических наук: 05.20.03. - Москва, 1995. - 352 с.
82. Михайлова А.А. Противокоррозионная защита сельскохозяйственной техники: (Справочник) / А. А. Михайлова, Р. А. Игнатъев. - Москва: Россельхозиздат, 1981. - 256 с.
83. Михайловский Ю.Н. Атмосферная коррозия металлов и методы их защиты / Ю. Н. Михайловский. - Москва: Металлургия, 1989. - 101 с.
84. Москвичев Ю. А., Фельдблюм В. Ш. Химия в нашей жизни (продукты органического синтеза и их применение): Монография. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2007. – 411 с.
85. Низамов Р.К. Повышение сохраняемости сельскохозяйственной техники с использованием водорастворимых ингибиторов коррозии: диссертация ... кандидата технических наук: 05.20.03 / Низамов Руслан Каримович; [Место защиты: Моск. гос. агроинженер. ун-т им. В.П. Горячкина]. - Москва, 2013. - 203 с.
86. Никифоров В. М. Использование микроудобрений в технологии возделывания подсолнечника на семена / В. М. Никифоров, М. И. Никифоров, Н. М. Пасечник // Вестник Брянской ГСХА. – 2023. – № 3(97). – С. 3-8. – DOI 10.52691/2500-2651-2023-97-3-3-8. – EDN FRYAAO.
87. Новые ингибиторы коррозии для защиты сельскохозяйственной техники / И. А. Успенский, И. В. Фадеев, Л. Ш. Пестряева [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – № 3(59). – С. 365-376. – DOI 10.32786/2071-9485-2020-03-39. – EDN UMMBAH.

88. ОСТ 10.154-88. Методы агрохимического анализа. Определение бора в растениях и кормах растительного происхождения: отраслевой стандарт: издание официальное: введён 01.01.89. - Москва, 1989. - 17 с.
89. Павлов А.Е. Конспект лекций по теоретической механике: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 110300 - Агроинженерия / А. Е. Павлов, Л. А. Павлова; М-во сельского хоз-ва Российской Федерации, Федеральное гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Ижевская гос. с.-х. акад.". - Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2006. - 263 с.
90. Патент № 2303081 С1 Российская Федерация, МПК С23F 11/00, С10М 141/06. Ингибитор коррозии металлов и консервационное масло, его содержащее: № 2006120992/02: заявл. 15.06.2006: опубл. 20.07.2007 / С. М. Гайдар, В. А. Лазарев; заявитель Закрытое акционерное общество Фирма "Автоконинвест". – EDN RIVJVE.
91. Патент № 2786743 С1 Российская Федерация, МПК А01N 59/20, А01N 55/08, А01N 33/08. Состав для стимулирования роста сельскохозяйственных культур: № 2022112373: заявл. 06.05.2022: опубл. 26.12.2022 / С. М. Гайдар, В. Е. Коноплев, А. Г. Левшин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева". – EDN ILJKML.
92. Патент № 2787029 С1 Российская Федерация, МПК А01N 59/14, А01N 59/20, А01N 25/02. Способ получения состава для стимулирования роста сельскохозяйственных культур: № 2022112372: заявл. 06.05.2022: опубл. 28.12.2022 / С. М. Гайдар, В. Е. Коноплев, Т. И. Балькова [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева". – EDN DUDRSP.
93. Патент № 2831292 С1 Российская Федерация, МПК С23F 11/14, С23F 11/16, С02F 5/14. Состав для ингибирования коррозии и солеобразования в системах оборотного водоохлаждения : № 2024104288 : заявл. 20.02.2024: опубл.

- 03.12.2024 / С. М. Гайдар, В. Е. Коноплев, А. М. Пикина [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева". – EDN OPDDUQ
94. Патент на полезную модель № 224835 U1 Российская Федерация, МПК В05В 7/16. Устройство для нанесения консервационных консистентных смазок при низких температурах: № 2023127537: заявл. 26.10.2023: опубл. 05.04.2024 / С. М. Гайдар, А. М. Пикина, В. Е. Коноплев [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева". – EDN MIUOML.
95. Патент на полезную модель № 224835 U1 Российская Федерация, МПК В05В 7/16. Устройство для нанесения консервационных консистентных смазок при низких температурах: № 2023127537: заявл. 26.10.2023: опубл. 05.04.2024 / С. М. Гайдар, А. М. Пикина, В. Е. Коноплев [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева". – EDN MIUOML.
96. Паустовская В.В. Токсикология ингибиторов коррозии металлов и гигиена труда при работе с ними / В. В. Паустовская. - Киев: о-во "Знание" УССР, 1982. - 27 с.
97. Паустовская В.В., Раппопорт М.Б., Голенко В.С., Рожковская Г.П. Сравнительная токсичность маслорастворимых солей дициклогексиламина // Гигиена и санитария. 1970. №4.
98. Петрашев А.И. Совершенствование технологических процессов и ресурсосберегающих средств консервации сельскохозяйственной техники при хранении: диссертация ... доктора технических наук: 05.20.03 / Петрашев Александр Иванович; [Место защиты: Саратов. гос. аграр. ун-т им. Н.И. Вавилова]. - Тамбов, 2007. - 400 с.
99. Портянко А.А. Консервация и упаковка изделий машиностроения: [Справочник]. - Москва: Машиностроение, 1972. - 168 с.

100. Поцкалев А.Ф. Организация хранения сельскохозяйственной техники / А. Ф. Поцкалев. - Москва: Колос, 1981. - 176 с.
101. Практикум по почвоведению: для агр. спец. / И. С. Кауричев, Н. П. Панов, М. В. Стратонович и др.; под ред. И. С. Кауричева. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва: Колос, 1980. - 272 с.
102. Предупреждение разрушения сельскохозяйственной техники при хранении / В. В. Терентьев, К. П. Андреев, Н. В. Аникин [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 168. – С. 1-15. – DOI 10.21515/1990-4665-168-001. – EDN UEPOKQ.
103. Пригожин И. Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур / Илья Пригожин, Д. Кондепуди; Пер. с англ. Ю.А. Данилова и В.В. Белого. - Москва: Мир, 2002. - 461 с.
104. Прохоренков В.Д. Разработка методов противокоррозионной защиты и технологических процессов хранения сельскохозяйственной техники: диссертация ... доктора технических наук: 05.17.03. - Тамбов, 2002. - 399 с.
105. Работоспособность и сохранность сельскохозяйственной техники / [М. М. Севернев, Г. П. Каплун, Н. Н. Подлекарев и др.]. - Минск: Урожай, 1980. - 191 с.
106. Рашидова, К. Х. Аминосодержащие ингибиторы для защиты коррозии металлов / К. Х. Рашидова, Х. И. Акбаров, Л. А. Азимов // Наука и мир. – 2018. – № 3-1(55). – С. 25-28. – EDN LAREDJ.
107. Робинсон, Д.С. Ингибиторы коррозии / Д. С. Робинсон; Пер. с англ. В. В. Егорова, Л. Ф. Комоловой. - Москва: Металлургия, 1983. - 272 с.
108. Розенфельд И.Л. Атмосферная коррозия металлов / Акад. наук СССР. Ин-т физ. химии. - Москва: Изд-во Акад. наук СССР, 1960. - 372 с.
109. Розенфельд И.Л. Ускоренные методы коррозионных испытаний металлов: (Теория и практика) / И. Л. Розенфельд, К. А. Жигалова. - Москва: Металлургия, 1966. - 347 с.
110. Рязанов, А. В. Биокоррозия металлов. Теоретические представления, методы подавления / А. В. Рязанов, В. И. Вигдорович, А. Н. Завершинский //

Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2003. – Т. 8, № 5. – С. 821-837. – EDN NRFIPB.

111. Сазонова, Е. А. Атмосферная коррозия стали и коррозия стали в растворах хлорида натрия. Некоторые особенности коррозии на железнодорожном транспорте / Е. А. Сазонова // Science Time. – 2015. – № 3(15). – С. 477-481. – EDN TOKVVT.
112. Сборник основных положений по эксплуатации, техническому обслуживанию и хранению тракторов и сельскохозяйственных машин. - Москва: Россельхозиздат, 1969. - 580 с.
113. Северный А. Э. Справочник по хранению сельскохозяйственной техники / А. Э. Северный, А. Ф. Поцкалев, А. Л. Новиков. – М.: Колос, 1984. – 223 с.
114. Северный А.Э. Система рационального хранения сельскохозяйственной техники: диссертация ... доктора технических наук: 05.20.03 / Моск. ин-т инженеров с.-х. пр-ва им. В. П. Горячкина. - Москва, 1988. - 461 с.
115. Северный А.Э. Хранение сельскохозяйственной техники / А. Э. Северный, канд. техн. наук. - Москва: Россельхозиздат, 1974. - 120 с.
116. Сельское хозяйство в России. 2023: Стат.сб./Росстат – С 29 М., 2023. – 103 с.
117. Семенова И.В. Коррозия и защита от коррозии: Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Хим. технология неорганич. веществ и материалов" и по специальности "Машины и аппараты хим. пр-ва" направления "Энерго- и ресурсосберегающие процессы и хим. технологии, нефтехимии и биотехнологии" / И.В. Семенова, Г.М. Флорианович, А.В. Хорошилов; Под ред. И.В. Семеновой. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2002. - 327 с.
118. Синявский И.А. Исследование способов хранения и защиты сельскохозяйственных машин от коррозии в условиях БССР: диссертация ... кандидата технических наук: 05.00.00 / И. А. Синявский. — Минск, 1968. — 208 с.
119. Скибневский Ю.Н. Хранение сельскохозяйственной техники / Ю. Н. Скибневский, Н. П. Мануков. - Москва: Колос, 1964. - 255 с.

120. Сравнительное изучение антикоррозионных свойств аминоборатов / В. Г. Скворцов, М. А. Ершов, Е. В. Камаев, А. Ю. Цыпленкова // Бутлеровские сообщения. – 2013. – Т. 36, № 10. – С. 114-122. – EDN RURAIH.
121. Ткачев В.Н. Работоспособность деталей машин в условиях абразивного изнашивания / В. Н. Ткачев. - Москва: Машиностроение, 1995. - 334 с.
122. Тодт Ф. Коррозия и защита от коррозии: Коррозия металлов и сплавов: Методы защиты от коррозии / Перевод с нем. Л. И. Акинфиева [и др.]; Под ред. канд. хим. наук П. Н. Соколова. - Москва; Ленинград: Химия. [Ленингр. отд-ние], 1966. - 847 с.
123. Томашов Н.Д. Теория коррозии и защиты металлов / Акад. наук СССР. Ин-т физ. химии. - Москва: Изд-во Акад. наук СССР, 1959. - 592 с.\
124. Тронова, Е. А. Изучение адсорбционной активности водо- и углеводородорастворимых ингибиторов коррозии на углеродистой стали и меди / Е. А. Тронова, А. И. Алцыбеева, В. В. Бурлов // Коррозия: материалы, защита. – 2018. – № 7. – С. 17-21. – DOI 10.31044/1813-7016-2018-0-7-17-21. – EDN ХТКЗОН.
125. Тюрин А.Г., Бирюков А.И. Влияние анионов на коррозионно-электрохимическое поведение стали СТЗ в сульфатных средах. Сообщение 1. Термодинамика // Вестник ЮУрГУ. Серия: Химия. 2013. №3. – С. 36-44.
126. Улиг, Г.Г. Коррозия и борьба с ней: Введ. в корроз. науку и технику / Г. Г. Улиг, Р. У. Ревя; Перевод с англ. А. М. Сухотина и др. - Ленинград: Химия: Ленингр. отд-ние, 1989. - 454 с.
127. Уход за поверхностями машин при их работе и хранении в условиях сельского хозяйства / М. Сергеев, Г. Замятин, В. Мельник и др. - Челябинск: Юж.-Урал. кн. изд-во, 1969. - 95 с.
128. Федер Е. Фракталы / Е. Федер; пер. с англ. Ю.А. Данилова и А.М. Шукурова. — Изд. 2-е. — Москва: URSS, ЛЕНАНД, 2014. — 256 с.
129. Фрактальные характеристики профилограмм поверхности стали / С. М. Гайдар, А. Е. Павлов, А. М. Пикина [и др.] // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2023. – № 8. – С. 19-24. – DOI 10.31044/1684-2561-2023-0-8-19-24. – EDN AHQJGM.

130. Функции меди в живых системах / О. В. Кашарная, Т. С. Ермилова, М. А. Самбурова, Э. А. Салимзаде // Научный вестник Крыма. – 2022. – № 1(36). – EDN CSDIOV.
131. Химия в сельском хозяйстве / Под ред. чл.-корр. АН СССР Я. В. Пейве и проф. А. В. Петербургского. - Москва: Колос, 1964. - 383 с.
132. Химия координационных соединений / Ред. америк. изд. Дж. Бейлар, Д. Буш; Пер. с англ. О. Н. Адриановой [и др.]; под ред. акад. И. И. Черняева. — Москва: Изд-во иностр. лит., 1960. — 695 с.
133. Хранение сельскохозяйственной техники / [М. М. Севернев, М. В. Латушкин, Н. Н. Подлекарев и др.]. - Минск: Ураджай, 1980. - 151 с.
134. Шехтер Ю.Н. Защита металлов от коррозии: (Ингибиторы, масла и смазки). - Москва; Ленинград: Химия, 1964. - 120 с.
135. Шехтер Ю.Н. и др. Консервационная смазка. Авт. свид. СССР №265350. Биллетень № 10, 1970.
136. Эванс Ю.Р. Коррозия, пассивность и защита металлов / Пер. с англ. под ред. проф.-докт. Г. В. Акимова. - Москва; Ленинград: Металлургиздат, 1941 (Ленинград). - 888 с.
137. Agrawal, H. Performance assessment of alko-amine corrosion inhibitors for use as an admixture in reinforced concrete structures: Experimental investigation and mechanism of action / H. Agrawal, A. A. Patil, S. Muhammad // Journal of Building Engineering. – 2024. – Vol. 95. – P. 110266. – DOI 10.1016/j.job.2024.110266. – EDN YYLMSG.
138. Barchukova, A. Study of steel corrosion St3 rate in mineral fertilizer environment / A. Barchukova, S. Vetrova, E. Ilyushkova // AgroEcoInfo. – 2024. – Vol. 6, No. 66. – P. 5. – DOI 10.51419/202146605. – EDN SGZLTS.
139. Cationic Surfactants: Organic Chemistry. James M. Richmond, ed., (Surfactant Science Series, Vol. 34). Marcel Dekker, Inc., New York and Basel, 1990
140. Hackerman, N., Snavely E. S. Corrosion Basics. 1984, pp. 127-146.
141. <https://bmcudp.kz/ru/patients/prevention/hls-center-news/med-v-organizme-cheloveka.html>. Дата обращения – 08.08.2024.

142. <https://cyberleninka.ru/article/n/bor-v-znachenie-dlya-organizma-i-zdorovya-25-istochnikov>. Дата обращения – 08.08.2024.
143. <https://zdravcity.ru/blog-o-zdorovie/med-nezamenimyy-metall-dlya-krasoty-i-zdorovya/>. Дата обращения – 08.08.2024.
144. I. Lukovits, A. Shaban, and E. Kálmán. Corrosion Inhibitors: Quantitative Structure– Activity Relationships. *Electrochimica Acta*. 2002. V.39. №2. P. 197-202.
145. Jeyaprabha, C. Corrosion inhibition of pure iron in 0.5 M H₂SO₄ solutions by ethanolamines / C. Jeyaprabha, S. Sathiyarayanan, G. Venkatachari // *Applied Surface Science*. – 2005. – Vol. 246, No. 1-3. – P. 108-116. – DOI 10.1016/j.apsusc.2004.10.044. – EDN XYMVKJ.
146. Kebbouche-Gana, S., Gana, M.L. Biocorrosion of carbon steel by a nitrate-utilizing consortium of sulfate-reducing bacteria obtained from an Algerian oil field. *Ann Microbiol* 62, 203–210 (2012). <https://doi.org/10.1007/s13213-011-0247-0>
147. M R, Vinutha & Venkatesha, T. (2016). Review on Mechanistic Action of Inhibitors on Steel Corrosion in Acidic Media. *Portugaliae Electrochimica Acta*. 34. 157-184. 10.4152/pea.201603157.
148. M. R. Vinutha and T. V. Venkatesha. Review on Mechanistic Action of Inhibitors on Steel Corrosion in Acidic Media. *Portugaliae Electrochimica Acta*. 2016. V.34. №3. P. 157-184.
149. Maqsood Ahmad Malik, Mohd Ali Hashim, Firdosa Nabi, Shaeel Ahmed AL-Thabaiti, Zaheer Khan. Anti-corrosion Ability of Surfactants. *International Journal of Electrochemical Science*. 2011. V.6. P.1927-1948.
150. Oserbaeva, A. Studying the physical and chemical properties of amine and amide containing organic inhibitors / A. Oserbaeva, M. Muhamadjonova, Sh. Bukhorov // *American Journal Of Applied Science And Technology*. – 2024. – Vol. 4, No. 6. – P. 41-45. – DOI 10.37547/ajast/volume04issue06-08. – EDN UMGBXI.
151. Penland, J. G. (1998). The importance of boron nutrition for brain and psychological function. *Biological trace element research*, 66(1), 299-317.

152. Performance of synthesized amine-based corrosion inhibitors in concentrated HCl acid solutions: Effect of intensifier / A. A. Al-Taq, H. H. Haji, J. A. Saleem [et al.] // Society of Petroleum Engineers - SPE International Conference and Exhibition on Oilfield Corrosion 2012, Aberdeen, 28–29 мая 2012 года. – Aberdeen, 2012. – P. 103-112. – EDN YAFKNE.
153. Rihan, R. The Effect of Two Amine-Based Corrosion Inhibitors in Improving the Corrosion Resistance of Carbon Steel in Sea Water / R. Rihan, R. Shawabkeh, N. Al-Bakr // Journal of Materials Engineering and Performance. – 2014. – Vol. 23, No. 3. – P. 693-699. – DOI 10.1007/s11665-013-0790-x. – EDN TYFYQI.
154. Ru.ruwiki.ru // Азотистый баланс — Рувикс: Интернет-энциклопедия). Дата обращения – 08.08.2024.
155. Vigdorovich V.I., Tsygankova L.E., Dorohova A.N., Dorohov A.V., Knyazeva L.G. and Uryadnikov A.A. Protective ability of volatile inhibitors of IFKhAN series in atmospheric corrosion of brass and copper at high concentrations of CO₂, NH₃ and H₂S in air// Int. J. Corros. Scale Inhib. 2018. 7. No. 3. P. 331– 339. doi: 10.17675/2305-6894-2018-7-3-4.
156. W. Villamizar, M. Casales, J. G. Gonzales-Rodriguez and L. Martinez, Heterocyclic Compounds as Corrosion Inhibitors for Mild Steel: A Review// Mater. Corros., 57, 696 (2006). DOI: 10.36686/Ariviyal.CSER.2019.01.01.005

ПРИЛОЖЕНИЕ А

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) **RU** (11)

2 786 743⁽¹³⁾ **C1**

(51) МПК
A01N 59/20 (2006.01)
A01N 55/08 (2006.01)
A01N 33/08 (2006.01)
A01N 33/16 (2006.01)
A01P 21/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
A01N 55/08 (2022.08); *A01N 59/20* (2022.08); *A01N 33/08* (2022.08); *A01N 33/16* (2022.08); *A01P 21/00* (2022.08)

(21)(22) Заявка: 2022112373, 06.05.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
06.05.2022

Дата регистрации:
26.12.2022

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 06.05.2022

(45) Опубликовано: 26.12.2022 Бюл. № 36

Адрес для переписки:
127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49, РГАУ
- МСХА имени К.А. Тимирязева, Управление
научной деятельности

(72) Автор(ы):

Гайдар Сергей Михайлович (RU),
Коноплев Виталий Евгеньевич (RU),
Левшин Александр Григорьевич (RU),
Гаспарян Ирина Николаевна (RU),
Балькова Татьяна Ивановна (RU),
Пикина Анна Михайловна (RU),
Лапсарь Оксана Михайловна (RU),
Барчукова Алина Сергеевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Российский государственный
аграрный университет - МСХА имени К.А.
Тимирязева" (ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА
имени К.А. Тимирязева) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2143198 C1, 27.12.1999. RU
2229807 C2, 10.06.2004. RU 2261599 C1,
10.10.2005. RU 2086126 C1, 10.08.1997. CA
2338503 C, 29.09.2009. "7 способов, как
использовать медную проволоку на даче и
дома", 16.08.2018, [он-лайн], [найдено
14.11.2022], найдено в Интернет: (см. прод.)

(54) Состав для стимулирования роста сельскохозяйственных культур

(57) Реферат:

Изобретение относится к сельскому хозяйству,
в частности к корневой подкормке
сельскохозяйственных культур и предпосевной
обработке семян. Состав для стимулирования
роста сельскохозяйственных культур содержит
следующие компоненты (масс %): борная кислота
17,0-23,0; металлическая медь в виде порошка 0,2-

0,4; моноэтаноламин до 100. Предлагаемый
состав для стимулирования роста
сельскохозяйственных культур увеличивает
прирост массы корней и биомассы растений,
обеспечивая высокую урожайность
сельскохозяйственных культур. 1 табл., 5 пр.

(56) (продолжение):

<https://www.ogorod.ru/ru/main/useful/13478/7-sposobov-kak-ispolzovat-mednuju-provoloku-na-dache-i-doma.htm>

Стр.: 1

RU 2 7 8 6 7 4 3 C 1

RU 2 7 8 6 7 4 3 C 1

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **2 787 029**⁽¹³⁾ **C1**

(51) МПК
A01N 59/14 (2006.01)
A01N 59/20 (2006.01)
A01N 25/02 (2006.01)
A01N 33/04 (2006.01)
A01N 33/08 (2006.01)
A01P 21/00 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
A01N 59/14 (2022.08); *A01N 59/20* (2022.08); *A01N 25/02* (2022.08); *A01N 33/04* (2022.08); *A01N 33/08* (2022.08); *A01P 21/00* (2022.08)

(21)(22) Заявка: 2022112372, 06.05.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
06.05.2022

Дата регистрации:
28.12.2022

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 06.05.2022

(45) Опубликовано: 28.12.2022 Бюл. № 1

Адрес для переписки:
127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49, РГАУ
- МСХА имени К.А. Тимирязева, Управление
научной деятельности

(72) Автор(ы):

Гайдар Сергей Михайлович (RU),
Коноплев Виталий Евгеньевич (RU),
Балькова Татьяна Ивановна (RU),
Пикина Анна Михайловна (RU),
Лапсарь Оксана Михайловна (RU),
Барчукова Алина Сергеевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Российский государственный
аграрный университет - МСХА имени К.А.
Тимирязева" (ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА
имени К.А. Тимирязева) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2086126 C1, 10.08.1997. RU
2217914 C1, 10.12.2003. US 20080167374 A1,
10.07.2008.

(54) Способ получения состава для стимулирования роста сельскохозяйственных культур

(57) Реферат:

Изобретение относится к сельскому хозяйству. Способ получения состава для стимулирования роста сельскохозяйственных культур включает смешение борной кислоты, компонента меди и моноэтаноламина, причем в качестве компонента меди используют металлическую медь в виде порошка. Все компоненты берут при определенном соотношении. Сначала смешивают борную кислоту с моноэтаноламином, нагревают смесь до 150-160°C и в течение 1 ч отгоняют

выделяющуюся воду, затем реакционную массу охлаждают до комнатной температуры и добавляют воду и металлическую медь в виде порошка, после чего суспензию перемешивают в течение 8 ч до полного растворения меди и для получения концентрированного состава на последнем этапе из реакционной массы в условиях вакуума отгоняют воду. Изобретение позволяет обеспечить высокую урожайность сельскохозяйственных культур. 1 табл., 2 пр.

RU 2 787 029 C 1

RU 2 787 029 C 1

ПРИЛОЖЕНИЕ В

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) RU (11)

224 835⁽¹³⁾ U1

(51) МПК
B05B 7/16 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
B05B 7/16 (2024.01)

(21)(22) Заявка: 2023127537, 26.10.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.10.2023

Дата регистрации:
05.04.2024

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 26.10.2023

(45) Опубликовано: 05.04.2024 Бюл. № 10

Адрес для переписки:
127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49, РГАУ
- МСХА имени К.А. Тимирязева, Управление
научной и инновационной деятельности

(72) Автор(ы):
Гайдар Сергей Михайлович (RU),
Пикина Анна Михайловна (RU),
Коноплев Виталий Евгеньевич (RU),
Лапсарь Оксана Михайловна (RU),
Балькова Татьяна Ивановна (RU),
Барчукова Алина Сергеевна (RU),
Манохина Александра Анатольевна (RU),
Павлов Ярослав Дмитриевич (RU),
Павлов Александр Егорович (RU),
Ветрова Софья Михайловна (RU),
Бижаев Антон Владиславович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Российский государственный
аграрный университет - МСХА имени К.А.
Тимирязева" (ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА
имени К.А. Тимирязева) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2152267 C1, 10.07.2000. RU
2792553 C1, 22.03.2023. RU 197405 U1, 23.04.2020.
RU 206408 U1, 09.09.2021. KR 20090004423 U,
11.05.2009.

(54) Устройство для нанесения консервационных консистентных смазок при низких температурах

(57) Реферат:
Полезная модель относится к оборудованию
для осуществления противокоррозионной
защиты. Устройство, включающее блок питания,
подключенный к источнику питания, бак для
защитного состава, краскопульт, датчик
температуры, сигнал с которого поступает на
электронный термостат, при этом устройство
дополнительно снабжено компрессором,
обеспечивающим подачу состава вместе со
сжатым воздухом через сопло краскопульта,

образуя на обрабатываемой поверхности тонкую
равномерную защитную пленку, при этом
силиконовый нагреватель расположен на внешней
боковой поверхности бачка краскопульта,
обеспечивая скорость нагрева консервационного
состава. Технический результат - сокращение
времени на консервацию поверхностей деталей
агрегатов и механизмов при снижении расхода
консервационного материала. 1 ил.

RU 224835 U1

RU 224835 U1

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) **RU** (11)

2 831 292 (13) **C1**

(51) МПК
C23F 11/14 (2006.01)
C23F 11/16 (2006.01)
C02F 5/14 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

C23F 11/124 (2024.08); C23F 11/1676 (2024.08); C23F 11/148 (2024.08); C23F 11/161 (2024.08); C23F 14/02 (2024.08); C02F 5/14 (2024.08)

(21)(22) Заявка: 2024104288, 20.02.2024

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
20.02.2024

Дата регистрации:
03.12.2024

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 20.02.2024

(45) Опубликовано: 03.12.2024 Бюл. № 34

Адрес для переписки:
127434, Москва, ул. Тимирязевская, 49, РГАУ
- МСХА имени К.А. Тимирязева, Управление
научной и инновационной деятельности

(72) Автор(ы):

Гайдар Сергей Михайлович (RU),
Коноплев Виталий Евгеньевич (RU),
Пикина Анна Михайловна (RU),
Балькова Татьяна Ивановна (RU),
Петровский Дмитрий Иванович (RU),
Лапсарь Оксана Михайловна (RU),
Барчукова Алина Сергеевна (RU),
Ветрова Софья Михайловна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Российский государственный
аграрный университет - МСХА имени К.А.
Тимирязева" (ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА
имени К.А. Тимирязева) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2447197 C1, 10.04.2012. RU
2255054 C1, 27.06.2005. RU 2205157 C2,
27.05.2003. EP 0644160 A2, 22.03.1995. US
4437898 A, 20.03.1984.

(54) Состав для ингибирования коррозии и солеобразования в системах оборотного водоохлаждения

(57) Реферат:

Изобретение относится к составам химических средств для ингибирования коррозии и солеотложения в системах оборотного водоснабжения и теплоснабжения. Состав включает оксиэтилендифосфоновую кислоту, аминный компонент, ингибитор коррозии и воду. В качестве аминного компонента состав содержит борат диэтаноламина, а в качестве ингибитора коррозии - висмутол I. Дополнительно состав содержит лауретсульфат натрия, силиконовый пеногаситель «ПС-1» и гидроксид натрия.

Компонента взяты в следующих количествах, мас. %: оксиэтилендифосфоновая кислота в виде 60%-ного водного раствора 31,0-33,0; борат диэтаноламина 29,5-31,5; висмутол I 2,0-2,2; лауретсульфат натрия 0,5-0,7; силиконовый пеногаситель «ПС-1» 1,2-1,4; гидроксид натрия 1,1-1,2; вода до 100. Технический результат: увеличение степени защиты изделий из черных и цветных металлов от коррозии за счет снижения солеотложения в системах оборотного водоснабжения и теплоснабжения. 1 табл., 3 пр.

RU 2 831 292 C 1

RU 2 831 292 C 1

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное научное бюджетное научное учреждение
«Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха»
(ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха»)
МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ – МСХА
имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»
(ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева)



УДК 635.21 19.04.2023 г. №123041900053-8

УТВЕРЖДАЮ
Ректор ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА
имени К.А. Тимирязева




В.И. Трухачев
« » 2022 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор ФГБНУ
«ФИЦ картофеля
имени А.Г. Лорха»




С.В. Жевора
« » 2022 г.

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

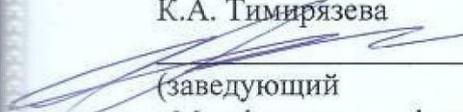
по теме:

*Научно-исследовательские работы по оценке эффективности
применения стимулятора роста, содержащего азот, бор и медь, в
технологии выращивания картофеля*

В рамках договора № б/н от 18 декабря 2014 г.

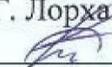
Ответственный Исполнитель:

от ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени
К.А. Тимирязева


Гайдар С.М.

(заведующий лабораторией
«Межфазные физико-химические
процессы», доктор технических наук,
профессор)

от ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени
А.Г. Лорха»


Старовойтова О.А.

(главный научный сотрудник
отдела технологии и инновационных
проектов,
доктор сельскохозяйственных наук)

Москва 2022

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

От ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА»:

доктор технических наук

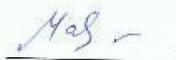


С.М. Гайдар

подпись, дата

(разработка состава и технологии получения стимулятора роста)

доктор сельскохозяйственных наук

 А.А. Манохина

подпись, дата

(введение, раздел 1, 2, 3, 4 заключение)

ассистент

 А.М. Пикина

подпись, дата

(проведение лабораторных исследований, наработка материала в лабораторных условиях)

аспирант

 О.М. Лапсарь

подпись, дата

(проведение лабораторных исследований, наработка материала в лабораторных условиях)

аспирант

 А.С. Барчукова

подпись, дата

(проведение лабораторных исследований, наработка материала в лабораторных условиях)

аспирант

 С.М. Ветрова

подпись, дата

(проведение лабораторных исследований, наработка материала в лабораторных условиях)

От ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха»:

Главный научный сотрудник
Заведующий отделом технологии
и инновационных проектов,
доктор технических наук,
профессор


_____ В.И. Старовойтов
подпись, дата
(введение,
разделы 1, 2, 3, 4
заключение)

Главный научный сотрудник,
доктор сельскохозяйственных наук


_____ О.А. Старовойтова
подпись, дата
(введение,
разделы 1, 2, 3, 4
заключение)

Старший научный сотрудник,
кандидат сельскохозяйственных наук


_____ Н.Э. Шабанов
подпись, дата
(раздел 3)

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха»
(ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха»)
МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –МСХА
имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»
(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)



УДК 635.21 Рег.№ И224110100049-0

УТВЕРЖДАЮ
Проектор по науке и
инновационному развитию ФГБОУ
ВО РГАУ-МСХА имени К.А.
Тимирязева


М.И. Селионова
«29» августа 2024г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор ФГБНУ
«ФИЦ картофеля
имени А.Г. Лорха»


С.В. Жевора
2024г.

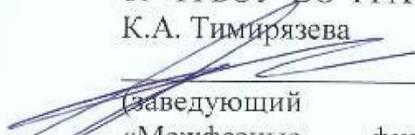
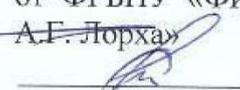
ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

по теме:

*Научно-исследовательские работы по оценке эффективности
применения стимулятора роста, содержащего азот, бор и медь, в
технологии выращивания картофеля*

В рамках договора № б/н от 18 декабря 2014 г.

Ответственный Исполнитель:

от ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева	от ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха»
 Гайдар С.М.	 Старовойтова О.А.
Заведующий лабораторией «Межфазные физико-химические процессы», доктор технических наук, профессор)	(главный научный сотрудник отдела технологии и инновационных проектов, доктор сельскохозяйственных наук)

Москва 2024

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

От ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА»:

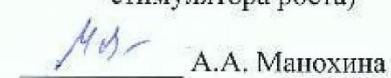
Заведующий НИЛ «Межфазные физико-химические процессы»
доктор технических наук,
профессор



С.М. Гайдар

подпись, дата
(разработка состава и
технологии получения
стимулятора роста)

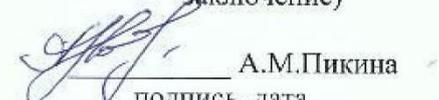
профессор,
доктор сельскохозяйственных наук



А.А. Мапохина

подпись, дата
(введение,
раздел 1, 2, 3, 4
заключение)

доцент,
кандидат технических наук



А.М. Пикина

подпись, дата
(проведение лабораторных
исследований, наработка
материала в лабораторных
условиях)

зав.учебной лабораторией



И.А. Гайдар

подпись, дата
(проведение лабораторных
исследований, наработка
материала в лабораторных
условиях)

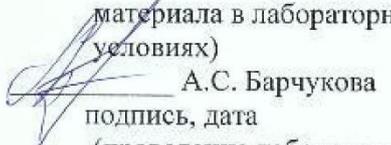
аспирант



О.М. Лансарь

подпись, дата
(проведение лабораторных
исследований, наработка
материала в лабораторных
условиях)

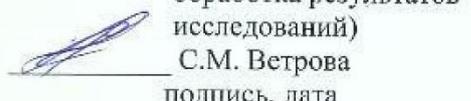
аспирант



А.С. Барчукова

подпись, дата
(проведение лабораторных
исследований, полевой опыт,
обработка результатов
исследований)

аспирант



С.М. Ветрова

подпись, дата
(проведение лабораторных
исследований, полевой опыт,
обработка результатов
исследований)

От ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха»:

Главный научный сотрудник
Заведующий отделом технологии
и инновационных проектов,
доктор технических наук,
профессор


_____ В.И. Старовойтов
подпись, дата

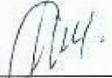
(введение,
разделы 1, 2, 3, 4
заключение)

Главный научный сотрудник,
доктор сельскохозяйственных наук


_____ О.А. Старовойтова
подпись, дата

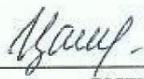
(введение,
разделы 1, 2, 3, 4
заключение)

Старший научный сотрудник,
кандидат сельскохозяйственных наук


_____ Н.Э. Шабанов
подпись, дата

(раздел 3)

Лаборант-исследователь


_____ Л.Е. Цаплина
подпись, дата

(раздел 3)

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Утверждаю
Директор ФГБНУ
«ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха»
д.с.-х.н.
С.В. Жевора



АКТ

использования результатов научно-исследовательской работы в производстве

При разработке технологии выращивания картофеля использован хелатированный комплекс азота, бора и меди, представленный Барчуковой А.С., получен положительный эффект

Результаты исследования, полученные Барчуковой А.С., при хранении показали высокую защитную эффективность. Защитный состав и технология его применения, разработанные в процессе выполнения диссертационной работы Барчуковой А.С., используются ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха».

Главный научный сотрудник,
зав. отделом агротехнологий
ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха», к.с.-х.н.  А.Э. Шабанов

Старший научный сотрудник
отдела агротехнологий
ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха», к.с.-х.н.  О.С. Хутинаев

Механик



Е.С. Холев

PHIẾU KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM



TỔNG CỤC TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG
TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3
QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3

Head Office: 49 Pasteur, Dist. 1, HCMC, Vietnam Tel: (84-28) 3829 4274 Fax: (84-28) 3829 3012 E-mail: info@quatest3.com.vn Website: www.quatest3.com.vn
Testing Complex: ① No.7, road No.1, Bien Hoa 1 IZ, Dong Nai, Vietnam ② C5 lot, K1 road, Cat Lai IZ, Dist.2, HCMC, Vietnam ③ 64 Le Hong Phong, Dist.5, HCMC, Vietnam

KT3-01433ADK3/7

PHIẾU KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM TEST REPORT

21/07/2023
Trang 01 / 03

- Tên mẫu : CHẤTỨC CHẾ ẨM MÒN AAB-2
- Mô tả mẫu : Mẫu thử nghiệm do khách hàng lấy mẫu, tên mẫu và thông tin về mẫu do khách hàng cung cấp.
- Số lượng: 01 hũ nhựa 300 mL/ mẫu;
- Lượng mẫu: khoảng 200 mL;
- Số lượng mẫu : 01
- Ngày nhận mẫu : 02/06/2023
- Thời gian thử nghiệm : 02/06/2023 – 21/07/2023
- Nơi gửi mẫu : TRUNG TÂM NHIỆT ĐỐI VIỆT NGA - CHI NHÁNH PHÍA NAM số 3 đường 3 Tháng 2, phường 11, quận 10, thành phố Hồ Chí Minh
- Kết quả thử nghiệm : Xem trang tiếp theo

PHỤ TRÁCH PHÒNG PTN DẦU KHÍ

Dinh Hoàng Huy

TL. GIÁM ĐỐC
TRƯỞNG PHÒNG THỬ NGHIỆM



Phan Thành Trung

- Các kết quả thử nghiệm ghi trong phiếu này chỉ có giá trị đối với mẫu do khách hàng gửi đến và không phải là giấy chứng nhận sản phẩm.
Test results are valid for the namely submitted sample(s) only, and this is not a certificate of product.
- Tên mẫu, tên khách hàng được ghi theo yêu cầu của nơi gửi mẫu. / Name of sample(s) and customer are written as customer's request.
- Độ không đảm bảo đo mở rộng được tính từ độ không đảm bảo đo chuẩn nhân với hệ số phủ $k = 2$, phân bố chuẩn tương ứng với 95 % độ tin cậy.
The reported expanded uncertainty of measurement is stated as the standard uncertainty of measurement multiplied by the coverage factor $k = 2$, at 95 % confidence level.
- Không được trích sao một phần phiếu kết quả thử nghiệm này nếu không có sự đồng ý bằng văn bản của Trung tâm Kỹ thuật 3.
This Test Report shall not be reproduced, except in full, without the written permission by Quatest 3.
- Mọi thắc mắc về kết quả khách hàng liên hệ theo địa chỉ dh.cs@quatest3.com.vn và rq.tn@quatest3.com.vn để biết thêm thông tin.
Please contact Quatest 3 at the email addresses dh.cs@quatest3.com.vn and rq.tn@quatest3.com.vn for further information about test report.



ПРИЛОЖЕНИЕ К

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ И ЭВОЛЮЦИИ им. А.Н. СЕВЕРЦОВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИПЭЭ РАН)

УДК 623.9:574.652

Per. № НИОКТР _____

Per. № ИКРБС _____



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИПЭЭ РАН, чл. корр. РАН

Найденко С.В.

« _____ » 2024 г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
«ВОЗДЕЙСТВИЕ БИОКЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СВОЙСТВА
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ»

Итоговый

Лаборатория тропических технологий

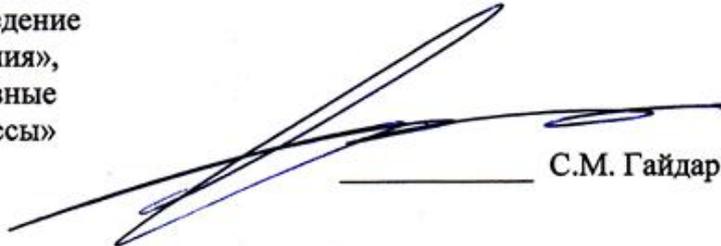
Руководитель НИР,
И.о. заведующий лаборатории
Тропических технологий,
доктор технических наук

Карпов В.А.

Москва – 2024

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

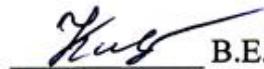
Научный руководитель
темы Эколан Т-1.16 от РФ,
зав.кафедры «Материаловедение
и технологи машиностроения»,
зав.лабораторией «Межфазные
физико-химические процессы»
д.т.н., профессор



С.М. Гайдар

Исполнители от РФ:

К.х.н., доцент



В.Е. Коновлев

К.т.н., доцент



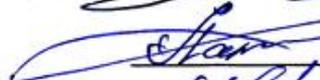
Д.И. Петровский

Зав.лабораторией



И.А. Гайдар

К.т.н., ассистент



О.М. Лапсарь

К.т.н., доцент



А.М. Пикина

Ассистент



А.С. Барчукова

К.т.н., ассистент



С.М. Ветрова

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

УТВЕРЖДАЮ



И.о. директора института механики и
энергетики имени В.П. Горячкина
д.т.н., профессор
/Арженовский А.Г./
Барчукова 2025 г.

**о внедрении результатов исследований полученных
в кандидатской диссертации ассистента кафедры «Материаловедение и
технология машиностроения» института механики и энергетики имени В.П.
Горячкина Барчуковой А.С. на тему «Повышение сохраняемости
сельскохозяйственной техники применением хелатного комплекса меди»**

Комиссия в составе председателя – Академика РАН, д.т.н., профессора кафедры сопротивления материалов и деталей машин Ерохина М.Н. и членов комиссии: заведующего кафедрой «Материаловедение и технология машиностроения» д.т.н., профессора Гайдара С.М., заведующего кафедрой «Сопротивление материалов и детали машин» д.т.н., профессора Казанцева С.П., и к.т.н., доцента Скороходова Д.М. установила, что материалы кандидатской диссертации ассистента кафедры «Материаловедение и технология машиностроения» Барчуковой А.С. в период с октября 2022 года по декабрь 2024 года внедрены в учебный процесс:

- разработан курс лекций «Современные противокоррозионные материалы для сельскохозяйственных машин» по направлению 35.04.06 «Агроинженерия», направленность «Технологии технического сервиса»;

- в соавторстве с преподавателями кафедры внедрена новая лабораторная работа «Определение скорости коррозии методом линейного поляризационного сопротивления» на базе лаборатории «Межфазные физико-химические процессы» кафедры материаловедения и технология машиностроения.

Председатель комиссии:
Академик РАН, д.т.н., профессор

М.Н. Ерохин

Члены комиссии:
Зав. кафедрой «Материаловедение и технология
машиностроения» д.т.н., профессор

С.М. Гайдар

Зав. кафедрой «Сопротивление материалов
и детали машин» д.т.н., профессор

С.П. Казанцев

к.т.н., доцент кафедры
«Сопротивление материалов и детали машин»

Д.М. Скороходов