

Бабенко Алексей Александрович

**КОМПЛЕКСНАЯ МЕЛИОРАЦИЯ НА РИСОВЫХ
ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ НИЖНЕГО ДОНА**

4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата сельскохозяйственных наук

Диссертационная работа выполнена в федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации».

Научный руководитель

Бабичев Александр Николаевич
доктор сельскохозяйственных наук,
ведущий научный сотрудник

Официальные оппоненты:

Овчинников Алексей Семенович
академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет», заведующий кафедрой
Родин Константин Анатольевич
кандидат сельскохозяйственных наук, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова», ведущий научный сотрудник отдела оросительных мелиораций

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр риса»

Защита состоится _____ 2026 г. в 11 ч. на заседании диссертационного совета 35.2.035.06, на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова» по адресу: 410056, г. Саратов, ул. Советская, д. 60, ауд. 325 им. А.В. Дружкина.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО Вавиловский университет и на сайте www.vavilovsar.ru

Отзывы на автореферат просим высылать по адресу: 410012, г. Саратов, пр-т им. П. Столыпина, зд. 4, стр. 3. E-mail dissovet01@vavilovsar.ru

Автореферат разослан « ____ » _____ 2026 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
канд. техн. наук, доцент

Татьяна Анатольевна Панкова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В России, по данным государственного учета земель, по состоянию на конец 2023 г. 371,6 млн га сельскохозяйственных угодий, засолению и солонцеванию подвержены 16,3 и 22,9 млн га соответственно. На территории Ростовской области засоление и осолонцевание наблюдается на 29 % площади сельскохозяйственных угодий. За последнее время отмечается рост таких площадей, связанных с несоблюдением научно-обоснованных режимов орошения, изношенности техники для полива и оросительных систем, а также использование в качестве орошения сильноминерализованной воды.

Наиболее сильно эти процессы проявляются на территориях, отводимых под рисовые оросительные системы, которые являются засоленными в той или иной степени из-за своих природных, а также антропогенных факторов.

Особенно сильно это проявляется на гипсоносных почвах, требующих особого подхода к их использованию. Небольшое содержание гипса оказывает положительное влияние на свойства почв. Это связано с тем, что при наличии гипса складывается благоприятное соотношение ионов в почвенном растворе и почвенном поглощающем комплексе (ППК), а это исключает проявление солонцеватости и ухудшение водно-физических свойств почв. Отрицательное влияние гипса на свойства почв и растений проявляется на сильногипсоносных почвах, в которых содержание гипса превышает 20 %.

Степень разработанности темы. Изучению вопросов влияния различных типов мелиорации на восстановление и повышение плодородия деградированных орошаемых почв посвящены работы В. В. Бородычева (2016–2022 гг.), И. П. Кружилина (2003–2024 гг.), Ф. Р. Зайдельмана (2014–2016 гг.), И. П. Айдарова, Л. М. Докучаевой (2019–2024 гг.), А. А. Михайлина (2013–2024 гг.), Э. Б. Дедовой (2016–2018 гг.), К. А. Родина (2022–2024 гг.), Н. А. Пронько (2019–2025 гг.), В. В. Корсака (2019–2024 гг.), Е. И. Панковой. Однако увеличение сельскохозяйственных земель, подвергшихся осолонцеванию и засолению, оставляет этот вопрос весьма актуальным в наше время. Увеличение экономических затрат на проведение мелиоративных мероприятий деградированных земель заставляет производителей сельскохозяйственной продукции искать более доступные способы и средства. Возникает необходимость разработки систем мелиоративных мероприятий, опираясь на доступность применяемых мелиорантов.

Исследований по изучению влияния различных мелиораций на гипсоносные почвы рисовых оросительных систем не проводилось. Имеются лишь несколько разрозненных публикаций о влиянии различных мелиораций на свойства гипсоносных почв. Поэтому изучение влияния комплексной мелиорации (химическая мелиорация на фоне глубокого рыхления и промывок) на свойства засоленных почв рисовых оросительных систем является актуальным и востребованным в настоящее время.

Цель исследования – повышение плодородия засоленных почв рисовых оросительных систем Нижнего Дона путем внесения рациональных норм хими-

ческих мелиорантов на фоне глубокого рыхления почвы и промывки при различном содержании гипса.

Задачи исследования:

1. Провести анализ научных исследований зарубежных и отечественных ученых в области применения различных типов мелиораций для повышения плодородия почв рисовых оросительных систем.

2. Оценить физико-химическое состояние почв рисовых оросительных систем Нижнего Дона на основании почвенно-мелиоративного обследования.

3. В лабораторных и полевых экспериментах изучить характер влияния комплексных мелиораций на свойства почв рисовых оросительных систем, в том числе состав почвенного поглощающего комплекса (ППК) и процесс солеобразования в них.

4. Установить нормы внесения химических мелиорантов, обеспечивающие оптимизацию состава обменных оснований ППК почв рисовых чеков с различным уровнем содержания гипса.

5. Разработать алгоритм и создать программу для определения мелиоративных мероприятий по показателям свойств почв.

6. Выполнить оценку последствий комплексной мелиорации на эффективность возделывания риса и сопутствующей культуры (соя).

Объект исследования – почвы рисовых оросительных систем (черноземы южные) с различным содержанием гипса. **Предмет исследования** – дозы фосфогипса и электролита травления стали на фоне глубокого рыхления и промывок почв рисовых оросительных систем.

Научная новизна:

– установлено влияние норм химических мелиорантов (фосфогипса, электролита травления стали и их сочетания) на количество и состав водорастворимых солей в почве и состав ППК, в зависимости от содержания гипса в почве;

– определены рациональные нормы внесения химических мелиорантов для почв рисовых оросительных систем на фоне глубокого рыхления и промывок.

– установлены зависимости влияния комплексной мелиорации на физико-химические свойства почв рисовых оросительных систем;

– разработан алгоритм и создана программа для определения агро-мелиоративных мероприятий по показателям свойств почв.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в анализе и оценке физико-химических свойств почв рисовых оросительных систем Ростовской области, теоретическом и экспериментальном обосновании влияния норм химических мелиорантов и их сочетаний на процесс солеобразования и состав почвенного поглощающего комплекса на фоне глубокого рыхления и промывок, а также оценки последствий комплексных мелиораций засоленных почв рисовых оросительных систем на продуктивность риса и сопутствующих культур.

Установлен характер влияния химических мелиорантов (фосфогипса и электролита травления стали) в сочетании с глубоким рыхлением и промывкой на свойства засоленных почв рисовых оросительных чеков Нижнего Дона и их последствие на продуктивность риса и сопутствующих культур. Разработаны рациональные нормы химических мелиорантов для почв рисовых ороситель-

ных систем с различным уровнем содержания гипса. Результаты исследований внедрены в ООО «Агропредприятие «Бессергеновское» Октябрьского района Ростовской области на площади 10 га выращивания сои с экономическим эффектом 231 тыс. рублей и ООО «Буденовский» Пролетарского района Ростовской области на площади 10 га выращивания риса с экономическим эффектом 425 тыс. рублей.

Для установления необходимости проведения мелиоративных мероприятий для повышения почвенного плодородия разработаны алгоритм по определению агромелиоративных мероприятий по показателям свойств почвы и программа ЭВМ (свидетельство о государственной регистрации № 2021668224), которая внедрена в ООО «Агропредприятие «Бессергеновское».

Методология и методы диссертационного исследования. Методология и методы исследований базировались на анализе литературных материалов с использованием системного подхода и включали теоретические разработки, общепринятые методики закладки и проведения лабораторных и полевых опытов. Методика основывалась на принципах сравнительной хронологии и развития, натурных обследований, лабораторных наблюдений и испытаний. Эксперименты соответствовали международным стандартам. Исследования выполнены в сертифицированных и аккредитованных лабораториях на современном оборудовании по аттестованным методикам. Достоверность результатов обеспечена проведением аналитического контроля в аккредитованных лабораториях с применением стандартных методик и высоким уровнем корреляции лабораторных и полевых опытов. Обработка и расчеты полученных материалов осуществлялись на персональном компьютере с использованием методики Б. А. Доспехова (1987, 2012). Статистическая обработка данных выполнена в компьютерных программах MS Office Excel, Statistica 10.0 от StatSoft.

Положения, выносимые на защиту:

1. Оценка физико-химических свойств чернозема южного рисовых оросительных систем Нижнего Дона.
2. Закономерности влияния химических мелиорантов в сочетании с глубоким рыхлением на свойства почв рисовых оросительных систем Нижнего Дона с различным содержанием гипса
3. Характер влияния комплексной мелиорации засоленных почв рисовых оросительных систем на продуктивность риса и сопутствующих культур.
4. Алгоритм определения видов и параметров агромелиоративных мероприятий по показателям свойств почв и программа для ЭВМ «Определение агромелиоративных мероприятий по показателям свойств почвы».

Степень достоверности и апробация результатов подтверждается достаточным объемом экспериментального и статистического материала, полной исходной информацией, использованием стандартных методик математико-статистической обработки данных, апробацией на международных и всероссийских научно-практических конференциях, апробацией на международных и всероссийских научно-практических конференциях: Инновационные технологии в земледелии и мелиорации на современном этапе развития АПК: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 90-летию кафед-

ры земледелия почвоведения и мелиорации Дагестанского государственного аграрного университета имени М. М. Джембулатова, 9 дек. 2022 г. Махачкала; Инновационные технологии в АПК: теория и практика: сб. ст. IX междунар. науч.-практ. конф., 15–16 марта 2023 г. Пенза: ПГАУ; Аграрная наука и производство в условиях становления цифровой экономики Российской Федерации: материалы междунар. науч.-практ. конф., 7–9 февр. 2023 г. пос. Персиановский: Донской ГАУ; Всерос. науч.-практ. конф. «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» 19.02.2025, Новочеркасск; междунар. науч.-практ. конф. «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» 18.02.2026, Новочеркасск.

Публикации. По материалам исследований опубликовано 11 научных работ, из них 3 (три) статьи – в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 4 (четыре) статьи в международных сборниках научных трудов, 4 (четыре) статьи в электронных научных журналах. Общий объем публикаций – 8,71 п.л./5,22 (личное участие). Получено свидетельство о регистрации разработанной программы для ЭВМ («Определение агрометеорологических мероприятий по показателям свойств почвы» свидетельство № 2021668224 от 11.11.2021).

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем работы составляет 169 страниц машинописного текста, включая 23 рисунка, 46 таблиц, список литературы из 159 наименований, в том числе 15 иностранных источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, показана степень ее разработанности, сформулированы цель и задачи исследований, описаны научная новизна, практическая и теоретическая значимость работы, представлены положения, выносимые на защиту, описаны методология и методы диссертационного исследования, обоснована степень достоверности и показана апробация результатов диссертационного исследования.

В первой главе «Современное состояние вопроса по мелиорациям почв рисовых оросительных систем» проанализированы проблемы возникновения негативных почвенных процессов, развивающихся вследствие действия природных и антропогенных факторов, приводящих к снижению плодородия почв и уменьшению запасов гумуса. Представлены основные процессы деградации почвы и причины их возникновения. Приведен обзор научной литературы по вопросам повышения почвенного плодородия путем применения различных типов мелиорации.

Рассмотрены вопросы возникновения вторичного засоления почв, переувлажнения и заболачивания почв, протекания процесса водной эрозии при применении нерационального орошения и способы устранения и предотвращения негативных последствий орошения за счет комплексного применения ряда мероприятий.

Выявлено, что исследований по изучению влияния различных мелиораций на гипсоносные почвы рисовых систем не проводилось. Имеются лишь несколько

разрозненных публикаций о влиянии различных мелиораций на свойства гипсоносных почв. Поэтому изучение влияния комплексной мелиорации (химическая мелиорация на фоне глубокого рыхления и промывок) на свойства засоленных почв рисовых оросительных систем является актуальной и востребованной в настоящее время.

Во второй главе «Условия и методика проведения исследований» представлены условия и методика проведения исследований и схемы лабораторного и полевого опытов по изучению влияния комплексной мелиораций на физико-химические свойства рисовых оросительных систем для условий Нижнего Дона.

Для проведения данной научно-исследовательской работы была дана оценка мелиоративного состояния и почвенного плодородия рисовых оросительных систем Ростовской области. Устанавливался уровень грунтовых вод, определялись водно-физические и физико-химические свойства почв. Отбор проб почв проводился согласно ГОСТ Р 58595-2019.

Для определения совместного влияния химических мелиорантов и промывок на изменение содержания водорастворимых солей и состава ППК почвы с различным содержанием гипса в лаборатории ФГБНУ РосНИИПМ был проведен лабораторный эксперимент. Схема опыта включала 6 вариантов доз и 3 варианта сочетаний доз химических мелиорантов (фосфогипса и электролита травления стали).

В лабораторном опыте изучалось влияние норм химических мелиорантов (фосфогипса, электролита травления стали и их сочетаний) и промывок на количество и состав водорастворимых солей в почве и состав почвенно-поглощающего комплекса, в зависимости от гипса в почве (таблица 1).

Таблица 1 – Схема лабораторного опыта

Вариант опыта	Образец 1 (содержание гипса 0,152 %)	Образец 2 (содержание гипса 0,30 %)	Образец 3 (содержание гипса 20,0 %)
1 Контроль (без внесения мелиоранта)	—		
2 Фосфогипс 10 т/га	2,3 г		
3 Фосфогипс 20 т/га	4,7 г		
4 Фосфогипс 30 т/га	7,0 г		
5 Электролит травления стали (ЭТС) 14 т/га	2,8 мл		
6 ЭТС 26 т/га	5,3 мл		
7 ЭТС 42 т/га	8,5 мл		
8 Фосфогипс 5 т/га + ЭТС 7 т/га	1,15 г + 1,4 мл		
9 Фосфогипс 10 т/га + ЭТС 13 т/га	2,35 г + 2,65 мл		
10 Фосфогипс 15 т/га + ЭТС 21 т/га	3,5 г + 4,25 мл		
Промывная норма	167 мл	167 мл	1,5 л

Примечание – поливная норма 125 мл на образец в лабораторном эксперименте

Электролит травления стали вносили вместе с промывной водой. После внесения фосфогипса проводили увлажнение для создания условий протекания

химических реакций поливной нормой 125 мл на образец в лабораторном эксперименте и 300 м³/га в полевом опыте. Промывочный полив проводили через месяц, норма полива определялась по методике Волобуева.

В полевом опыте изучалось влияние нормы внесения химических мелиорантов для гипсовых почв рисовых оросительных систем на фоне глубокого рыхления и промывок на восстановление почвенного плодородия и продуктивности сельскохозяйственных культур (таблица 2).

Делянки полевого эксперимента площадью 200 м² размещались методом неорганизованных повторений, повторность в опытах четырехкратная.

Глубокое рыхление на глубину 60 см проводилось сразу после уборки и лущения агрегатом К-7М и ГРТ-3-1. Фосфогипс вносили машиной РУМ-8, а ЭТС – машиной для внесения жидких органических удобрений МЖУ-25

Таблица 2 – Схема полевого опыта

Вариант опыта	Образец 1 (содержание гипса 0,16 %)	Образец 2 (содержание гипса 0,28 %)	Образец 3 (содержание гипса 20 %)
1. Контроль (без внесения мелиоранта)	–	–	–
2. Фосфогипс	30 т/га	20 т/га	30 т/га
3. ЭТС	42 т/га	26 т/га	42 т/га
4. ½ Фосфогипс + ½ ЭТС	15 т/га + 21 т/га	10 т/га + 13 т/га	15 т/га + 21 т/га
Полив для реакции и для промывки продуктов реакции	300 м ³ /га 400 м ³ /га	300 м ³ /га 400 м ³ /га	300 м ³ /га 5700 м ³ /га

Для изучения эффекта от изменения состояния почв рисовых чеков были проведены измерения и фенологические наблюдения в различные этапы вегетации на сопутствующей рисовому севообороту культуре – сои сорт СК Оптима, а также изучалось влияние химических мелиорантов на фоне глубокого рыхления и промывки на урожайность риса сорта «Боярин». Система удобрений, обработка почвы и режим орошения осуществлялись согласно зональным системам земледелия.

Для математической обработки полученных результатов использовались общепринятые методики с использованием компьютерных программ MS Office Excel, Statistica 10.0 от StatSoft.

В третьей главе «Оценка физико-химического состояния почв рисовых оросительных систем Нижнего Дона» представлены результаты проведения почвенно-мелиоративного обследования почв хозяйств Ростовской области с рисовыми оросительными системами.

В Ростовской области рисовые оросительные системы (РОС) располагаются по берегам озера Маныч и в поймах реки Дон, их площадь на данный момент составляет около 14,5 тыс. га.

В качестве объектов представителей были выбраны участки в ООО «Маныч-Агро» Багаевского района, в ООО «Белозерное» Сальского района и в ООО «Буденовский» Пролетарского района, где расположены основные площади возделывания риса.

ООО «Маныч-Агро», расположенное на Нижне-Манычской рисовой оросительной системе в Багаевском районе на лугово-черноземных почвах, орошается водой, которая по минерализации, по опасности хлоридного засоления и

магниевого солонцеватости вода относится ко II классу, а по степени опасности натриевого осолонцевания – к III классу. Это указывает на то, что оросительная вода может оказывать неблагоприятное воздействие на плодородие почв, особенно в развитии процессов магниевого и натриевого осолонцевания.

В результате исследования выявлено, что для почв рисовой системы ООО «Маньч-Агро» характерно в пахотном слое в основном слабое засоление, с глубиной обнаруживаются гипсоносные слои. В этих почвах практически отсутствует щелочность, но преобладает магниевая солонцеватость при отсутствии натриевой и содержании обменного кальция от 60 до 72 % от емкости катионного обмена в 40-сантиметровом слое, что ниже предельно допустимых параметров для данных почв (80–85 % ЕКО). Содержание гумуса низкое и очень низкое. Вышеперечисленные отрицательные свойства почв способствуют сильному их уплотнению.

Наиболее неблагоприятная экологическая ситуация, характеризующаяся экологическим бедствием, прослеживается по превышению уровня грунтовых вод (УГВ), по потере гумуса и увеличению доли обменного магния в составе ППК. Уменьшение доли обменного кальция привело к возникновению чрезвычайной ситуации. Удовлетворительная ситуация сложилась по засолению почв и обменному натрию.

Источником орошения для ООО «Белозерное» Сальского района служит Веселовское водохранилище, вода которого по минерализации относится к IV классу (в среднем за летний период 2 г/дм³), а по степени опасности развития натриевого осолонцевания принадлежит к III классу, а магниевого – ко II классу. Использование вод Веселовского водохранилища способствовало развитию сильной натриевой и магниевой солонцеватости при значительном снижении кальция. Почвы в основном представлены черноземами южными олуговелыми.

Анализ полученных данных почвенных образцов показал, что почвы рисовой системы в ООО «Белозерное» незасолены и в них отсутствует щелочность, но, в целом, в метровом слое в сильной степени развиваются процессы натриевой (11–12 % Na от Σ ППК) и магниевой (35–37 % Mg от Σ ППК) солонцеватости, способствующей уплотнению почв и потере гумуса.

Экологическое состояние рисовых почв в ООО «Белозерное» по основным показателям (магниевая и натриевая солонцеватости, потеря гумуса), а также по превышению уровня грунтовых вод характеризуется как экологическое бедствие. Удовлетворительная ситуация складывается по засолению и уплотнению почв.

Почвы в ООО «Буденновский» представлены солонцеватыми разновидностями каштановых почв и южных черноземов. Для почв Пролетарского рисового массива характерно засоление и осолонцевание. Обследуемые почвы отличаются как по химизму (типу), так и по степени засоления.

По результатам водной вытяжки, можно отметить, что данные почвы относятся к категории с гипсовым засолением так как гипсоносные почвы характеризуются наличием в водной вытяжке Ca и Mg более 10 ммоль/100 г почвы. Содержание гипса варьирует от 0,15 до 25 %.

При высоком содержании в почве кристаллов гипса размером около 1 мм, происходит закупорка межагрегатных пор, что придает этим почвам водоупор-

ные свойства. Полив значительными нормами, а также атмосферные осадки, на таких почвах вызывают образование верховодки в поверхностных слоях. Сочетание гипса с легкорастворимыми солями, еще более усугубляют почвенно-мелиоративные свойства. Соли становятся нерастворимыми и не поддаются промывкам.

Незагипсованные почвы в слое 0–60 см характеризуются недонасыщенностью кальцием (72 и 74 % от Σ ППК). Соответственно вместо кальция в ППК внедряются магний и натрий. Содержание магния в этих почвах составляет соответственно 24–25 % от Σ ППК, а при наличии магния более 20 % он влияет, как и натрий, отрицательно на свойства почв. Они разрушают структуру, диспергируя почвенную массу, блокируют доступность питательных элементов растениям, изменяют состав гумуса в сторону фульватизации, увеличивая его подвижность.

Содержание гипса на некоторых участках в слое 0–40 см варьируется от 5 до 25 %. Такие почвы в ППК содержат более 90 % обменного кальция, 7–8 % обменного магния и 1–3 % обменного натрия.

Проведенное почвенно-мелиоративное обследование показало, что состояние почв обследуемого участка оценивается, как экологическое бедствие по превышению УГВ и увеличению содержания солей, которые связаны с практически нерастворимым гипсом. Увеличение доли в ППК обменного кальция до 93 % осложняет ситуацию до экологического бедствия, так как этот кальций при взаимодействии с хлоридно-сульфатным засолением близко залегающих грунтовых вод и с сульфатно-натриевым засолением оросительных вод образует малорастворимый гипс. А гранулометрический состав почв, представленный бесструктурным илом и тонкой пылью, не способствует фильтрации как оросительной воды, так и осадков.

Исследования, проведенные в трех рисовых хозяйствах типичных для Ростовской области (ООО «Маньч-Агро» Багаевского район, ООО «Белозерный» Сальского района и часть исследуемого участка в ООО «Буденовский» Пролетарского района), выявили следующие закономерности:

- гранулометрический состав представлен суглинками тяжелыми (Ст) и средними (Сср);
- основной корнеобитаемый слой незасолен или слабозасолен, отсутствует щелочность;
- магниевая солонцеватость преобладает над натриевой и прослеживается недонасыщенность почвенного поглощающего комплекса (ППК) кальцием;
- слой 0–60 см всех исследуемых почв характеризуется сильной уплотненностью (более 1,3 т/м³);
- прослеживается значительная изменчивость рисовых почв по засолению, обменным магнию и натрию;
- экологическое состояние почв характеризуется как экологическое бедствие по превышению уровня грунтовых вод (УГВ) от критического, потерей гумуса, увеличению долей магния и натрия и уменьшением доли кальция в ППК.

Для таких почв требуется новый подход к поиску агро-мелиоративных приемов, включающих не только виды мелиорации с более активной мелиорирующей основой, чем гипс, но и обоснованную глубину рыхления.

[illegible]

Рисунок 1 – Алгоритм по определению агроупростительных мероприятий по показателям свойств почвы

В четвертой главе «Лабораторные и полевые исследования комплексной мелиорации» описаны результаты применения комплексной мелиорации в лабораторном и полевом опытах. Для проведения лабораторного опыта отобраны образцы почв с рисовых чеков с различным химизмом и степенью засоления и солонцеватостью, разным содержанием гипса (таблица 3).

Согласно данным таблицы 3 почвы образца 1 в исходном состоянии незасолены и характеризуются незначительным содержанием гипса и присутствием магниевой солонцеватости.

Таблица 3 – Свойства образцов почв для проведения лабораторного опыта

№	Химизм засоления	Сумма ионов, %	рН водной суспензии	Σ ППК, ммоль (экв) / 100 г почвы	Гипс, %	% от Σ ППК		
						Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
Образец 1	хлоридно-сульфатный	0,087	7,8	24,32	0,158	72	25	3
Образец 2	хлоридно-сульфатный	0,09	7,9	23,02	0,276	70	27	3
Образец 3	сульфатный	1,243	7,7	38,23	19,668	94	4	2

Необходимо отметить, что при проведении химической мелиорации в незасоленной почве образца 1 произошло увеличение содержания солей. Максимальные суммы солей отмечены при внесении фосфогипса дозой 30 т/га и электролита травления стали (ЭТС) дозой 42 т/га соответственно 0,495 и 0,497 %, что почти в пять раз больше, чем в контроле. В вариантах с внесением фосфогипса и ЭТС стали в половинных дозах максимальное увеличение количества солей было в 2,5 раза выше, чем в контроле (таблица 4).

Наибольшее количество гипса обнаружено в варианте с внесением фосфогипса дозой 30 т/га – 0,98 %. Почти в два раза ниже его содержание в вариантах с внесением ЭТС дозой 42 т/га и с внесением фосфогипса дозой 20 т/га, а в варианте с внесением максимального сочетания мелиорантов – 0,321 % (таблица 4).

Как видно из данных таблицы 4, химическая мелиорация также способствовала оптимизации состава ППК. На всех вариантах произошло увеличение обменного Са и снижение обменного Mg. Особенно сильно это выражено в варианте с внесением фосфогипса дозой 30 т/га. В варианте с внесением ЭТС дозой 42 т/г также наблюдалось замещение обменного Mg на обменный Са до допустимого значения, внесение меньших доз ЭТС не принесло необходимого результата.

Данные полученные в результате опыта позволяют создать уравнение расчета внесения дозы мелиоранта при содержании гипса в почве 0,15 %.

$$D_{\text{ф}} = 489,48 + 771,1x - 14,59y + 97,0x^2 - 9,5xy + 0,11y^2, R^2 = 0,87;$$

$$D_{\text{эТС}} = -11462,9 - 3671,1x + 326,71y - 256,9x^2 + 50,45xy - 2,22y^2, R^2 = 0,85,$$

где $D_{\text{ф}}$ – доза фосфогипса, т/га; $D_{\text{эТС}}$ – доза ЭТС, т/га; x – содержание солей, %; y – содержание обменного кальция, %.

Таблица 4 – Физико-химические свойства почвы образцов 1 и 2
после мелиоративного воздействия (лабораторный опыт)

Вариант опыта	Сумма ионов, %	рН водной суспензии	Σ ППК, ммоль (экв) / 100 г почвы	Гипс, %	% от Σ ППК		
					Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
Образец 1							
1	0,087	7,9	24,32	0,158	72	25	3
2	0,099	7,8	27,72	0,196	79	19	2
3	0,212	7,8	29,26	0,420	81	17	2
4	0,495	7,6	30,8	0,980	85	13	2
5	0,10	7,8	22,49	0,186	76	21	3
6	0,213	7,7	23,77	0,272	77	20	3
7	0,497	7,6	24,96	0,403	80	17	3
8	0,095	7,8	24,59	0,164	77	20	3
9	0,198	7,8	25,96	0,237	80	18	2
10	0,228	7,7	27,26	0,321	82	16	2
Образец 2							
1	0,090	8,0	23,02	0,276	70	27	3
2	0,096	8,0	24,14	0,375	77	20	3
3	0,240	7,9	25,52	0,504	83	15	2
4	0,290	7,7	26,8	0,598	84	14	2
5	0,047	8,0	21,26	0,266	78	18	4
6	0,112	8,0	22,48	0,271	82	14	4
7	0,138	7,9	23,60	0,287	83	14	3
8	0,077	7,9	23,51	0,237	77	20	3
9	0,165	7,8	24,85	0,254	82	15	3
10	0,204	7,8	26,09	0,276	84	14	2

На основе полученных данных по оценке свойств образца почвы 1 построены трехмерные модели зависимости доз мелиорантов от содержания солей и обменного кальция в ППК при низком (0,15%) содержании гипса (рисунок 2).

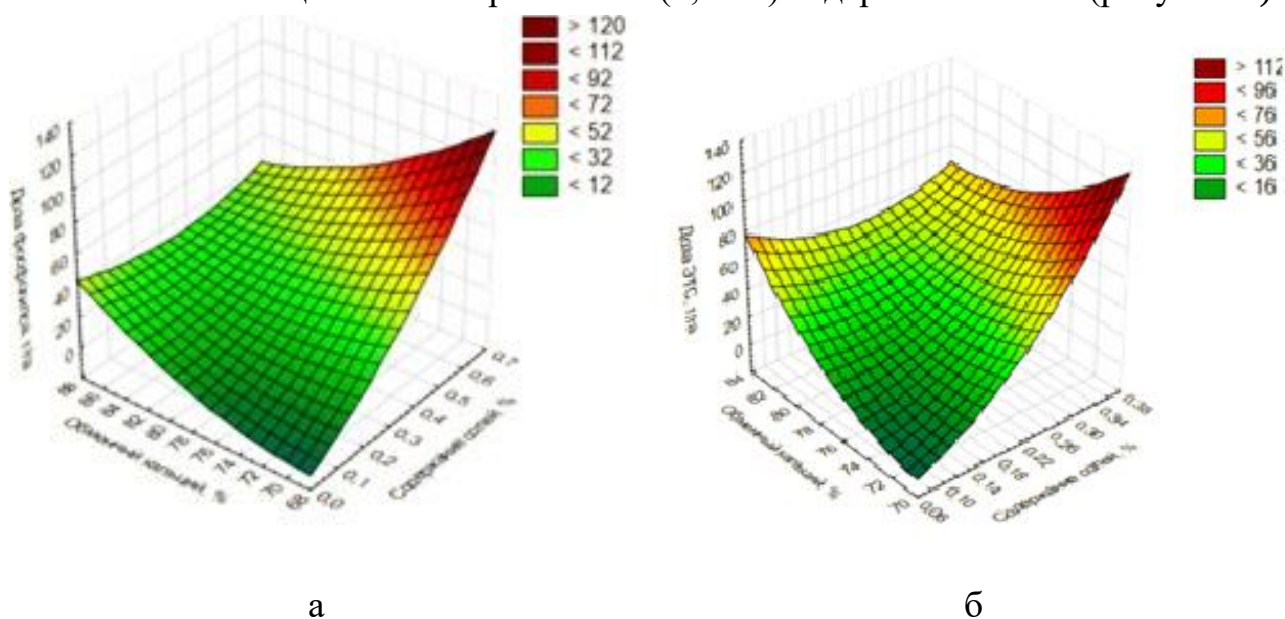


Рисунок 2 – Зависимость дозы фосфогипса (а) и ЭТС (б) от содержания солей и обменного кальция в ППК при содержании гипса 0,15 %

Почвы образца 2 в исходном состоянии с несколько большим содержанием солей, но также незасолены, с содержанием гипса 0,276 % и присутствием магниевой солонцеватости. В образце 2 наблюдалось аналогичное увеличение содержание солей на вариантах с применением мелиорантов. В образце 2 максимальное содержание солей отмечено в варианте с внесением фосфогипса дозой 30 т/га, однако оно незначительно превышало показатели варианта с внесением фосфогипса дозой 20 т/га. В вариантах с внесением сочетаний мелиорантов дозами 10 т/га + 13 т/га, 15 т/га + 21 т/га показатели содержания солей составляют 0,165 % и 0,204 соответственно (таблица 4).

В почвах образца 2 увеличение содержания гипса после внесения мелиорантов не столь существенно. Максимальное увеличение содержания гипса отмечено в варианте с внесением фосфогипса дозой 30 т/га, но оно незначительно превышает показатели варианта с дозой фосфогипса 20 т/га. В вариантах с внесением ЭТС различными дозами и сочетаний мелиорантов отмечалось незначительное изменение содержания гипса в почве.

Мелиорирующий эффект, заключающийся в увеличении содержания Са и уменьшении Mg, от внесения мелиорантов проявляется в достаточной степени и в данном образце (таблица 4). Замещение Mg на Са произошло во всех вариантах опыта, наиболее значительные изменения наблюдаются в вариантах с внесением фосфогипса дозой 30 т/га и сочетании мелиорантов дозами 15 т/га + 21 т/га. Внесение мелиорантов малыми дозами не способствовало замещению Mg на Са до допустимого значения.

На основе полученных данных по оценке свойств почв образцов 2 также были созданы уравнения расчета внесения дозы мелиоранта при содержания гипса в почве 0,30 % и построены трехмерные модели зависимости доз мелиорантов от содержания гипса в почве (рисунок 3).

$$D_{\text{ф}} = -871,05 - 19,1x + 17,84y + 723,8x^2 + 22,31xy - 0,15y^2, R^2 = 0,84;$$

$$D_{\text{эТС}} = 263,08 - 7194,7x + 44,57y - 528,9x^2 + 96,59xy - 0,34y^2, R^2 = 0,83.$$

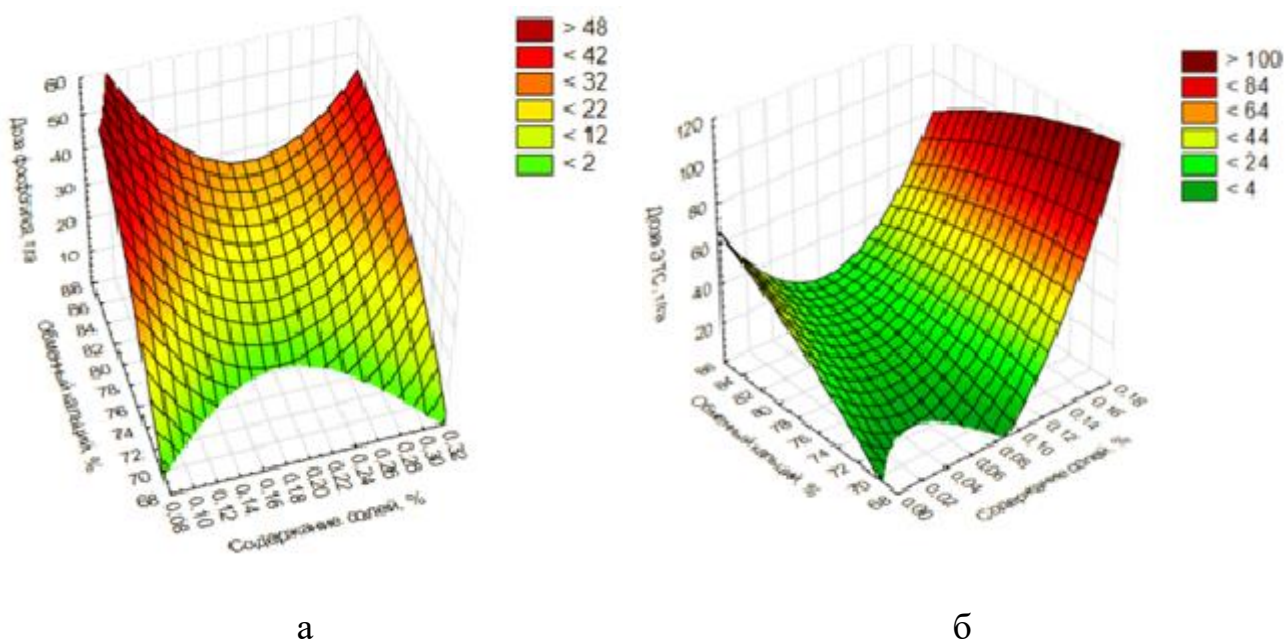


Рисунок 3 – Зависимость дозы фосфогипса (а) и ЭТС (б) от содержания солей и обменного кальция в ППК при содержании гипса 0,30 %

Образец 3 представлен гипсоносными почвами, в которых содержание гипса составляет более 10 %, а на некоторых участках до 25 %. Для лабораторного опыта взяты образцы почвы с 20 % содержания гипса и количеством солей 1,243 %. Такие почвы требуют проведения промывок для удаления водорастворимых солей. Для усиления промывного эффекта были использованы фосфогипс и ЭТС. (таблица 5).

Таблица 5 – Физико-химические свойства почвы образца 3 до и после мелиоративного воздействия (лабораторный опыт)

Вариант опыта	Сумма ионов, %	рН водной суспензии	Σ ППК, ммоль (экв) / 100 г почвы	Гипс, %	% от Σ ППК		
					Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
До промывки							
1	1,243	7,7	38,23	19,668	94	4	2
2	1,269	7,7	38,96	20,02	94	4	2
3	1,290	7,7	39,53	20,45	94	4	2
4	1,34	7,6	40,29	20,61	95	3	2
5	1,289	7,7	38,55	19,83	94	4	2
6	1,32	7,7	38,01	19,95	94	4	2
7	1,400	7,7	37,51	20,06	95	3	2
8	1,282	7,7	38,68	19,89	94	4	2
9	1,303	7,7	39,15	20,08	94	4	2
10	1,371	7,7	39,62	20,22	94	4	2
После проведения промывки							
1	1,203	7,7	38,23	19,326	94	4	2
2	1,189	7,7	38,40	17,885	94	4	2
3	1,172	7,7	38,53	15,647	94	4	2
4	1,149	7,6	38,69	14,213	95	3	2
5	1,183	7,7	38,55	16,180	94	4	2
6	1,052	7,7	38,01	13,874	94	4	2
7	1,032	7,7	37,51	11,039	95	3	2
8	1,103	7,7	38,42	17,046	94	4	2
9	1,072	7,7	38,55	15,652	94	4	2
10	1,042	7,7	38,69	12,422	94	4	2

В вариантах с внесением различных доз фосфогипса максимальное снижение содержание солей на 14 % отмечено при внесении 30 т/га. При внесении ЭТС в чистом виде максимальный вынос солей составил 26 %, а в сочетании с фосфогипсом – 24 % (таблица 5, рисунок 4).

Содержание гипса в этих почвах изменилось в сторону уменьшения, но не сократилось даже до 10 %. ППК под влиянием мелиорантов и промывок существенных изменений не претерпел (таблица 5, рисунок 4).

На основании данных, полученных в результате лабораторного опыта, была осуществлена закладка полевого опыта в 2023–2025 гг. на рисовых чеках. Сразу после уборки риса и лущения под основную обработку почвы (глубокое рыхление на глубину до 60 см агрегатом К-7М и ГРТ-3-1) опытных участков 1 и 2 (содержание гипса 0,16 % и 0,28%) было проведено внесение мелиорантов (фосфогипс, ЭТС) и их сочетания расчетными дозами и проводилось увлажнение для протекания химических реакций. Через месяц был произведен полив для вымывания продуктов реакции (400 м³/га). Почвы опытного участка 3 (содержание гипса 19,68 %), также подвергались идентичной обработке и химической мелиорации аналогичными мелиорантами, но с промывной нормой 5700 м³/га, рассчитанной на вымывание солей до допустимого содержания (таблица 2).

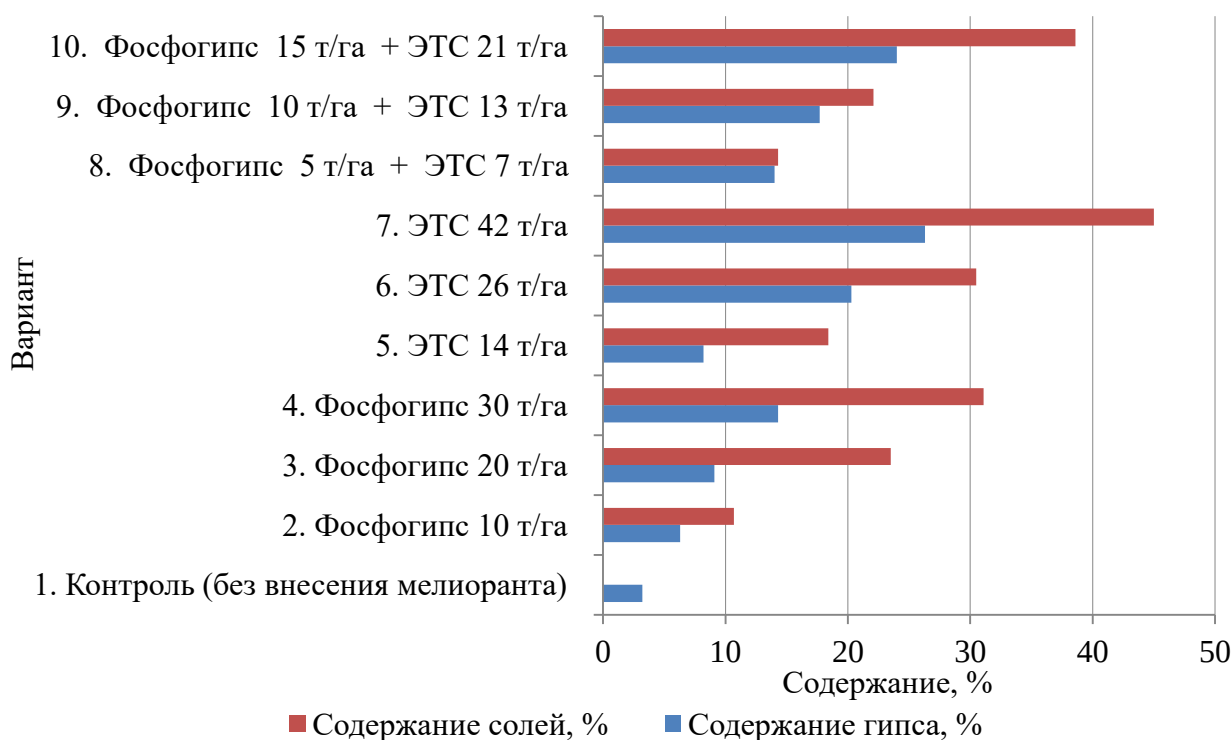


Рисунок 4 – Изменение содержания гипса и солей в почве образца 3 после комплексной мелиорации, %

Изменение содержания гипса, магния, кальция и солей в результате применения химических мелиорантов и проведения промывок представлены в таблицах 6, 7 и 8.

Таблица 6 – Влияние комплексной мелиорации на физико-химические свойства почвы опытного участка 1 (полевой опыт)

Вариант опыта	Сумма ионов, %	рН водной суспензии	Σ ППК, ммоль (экв) / 100 г почвы	Гипс, %	% от Σ ППК		
					Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
До мелиорации (ДМ) (2023 г.)							
1	0,085	7,9	24,22	0,162	71	27	2
Перед промывкой (ПП) (2023 г.)							
2	0,533	7,8	30,77	0,978	74	24	2
3	0,520	7,8	24,92	0,400	73	25	2
4	0,242	7,8	27,19	0,320	73	25	2
1 год последействия (2024 г.)							
1	0,085	7,9	24,22	0,157	71	27	2
2	0,070	7,8	23,07	0,913	85	13	2
3	0,073	7,8	23,51	0,380	81	17	2
4	0,076	7,8	23,32	0,301	82	16	2
2 год последействия (2025 г.)							
1	0,087	7,9	24,22	0,156	71	27	2
2	0,059	7,7	24,71	0,835	86	12	2
3	0,064	7,7	24,46	0,329	82	16	2
4	0,065	7,7	24,62	0,267	83	15	2

Таблица 7 – Влияние комплексной мелиорации на физико-химические свойства почвы опытного участка 2 (полевой опыт)

Вариант опыта	Сумма ионов, %	рН водной суспензии	Σ ППК, ммоль (экв) / 100 г почвы	Гипс, %	% от Σ ППК		
					Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
До мелиорации (ДМ) (2023 г.)							
1	0,089	8,0	22,91	0,281	74	23	3
Перед промывкой (ПП) (2023 г.)							
2	0,259	7,9	25,45	0,509	76	21	3
3	0,182	7,9	22,26	0,286	75	22	3
4	0,124	7,9	24,82	0,308	75	22	3
1 год последействия (2024 г.)							
1	0,089	8,0	22,91	0,281	74	23	3
2	0,073	7,8	21,82	0,479	83	15	2
3	0,077	7,8	22,24	0,268	82	15	3
4	0,080	7,8	22,01	0,281	83	15	2
2 год последействия (2025 г.)							
1	0,090	8,0	22,91	0,280	74	23	3
2	0,062	7,8	23,38	0,426	84	15	2
3	0,067	7,8	23,14	0,247	83	14	3
4	0,068	7,8	23,25	0,256	84	14	2

Таблица 8 – Влияние комплексной мелиорации на физико-химические свойства почвы опытного участка 3 (полевой опыт)

Вариант опыта	Сумма ионов, %	рН водной суспензии	Σ ППК, ммоль (экв) / 100 г почвы	Гипс, %	% от Σ ППК		
					Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
До мелиорации (ДМ) (2023 г.)							
1	1,054	7,7	38,22	19,68	94	4	2
Перед промывкой (ПП) (2023 г.)							
2	1,155	7,7	38,68	20,52	96	2	2
3	1,134	7,6	37,50	20,05	95	3	2
4	1,124	7,6	38,72	20,23	95	3	2
1 год последействия (2024 г.)							
1	1,051	7,7	38,22	19,63	94	4	2
2	1,048	7,6	38,00	14,35	96	3	1
3	1,028	7,6	37,28	11,17	95	3	2
4	1,027	7,6	37,25	12,51	95	3	2
2 год последействия (2025 г.)							
1	1,054	7,7	38,22	19,65	94	4	2
2	1,052	7,5	38,15	15,86	95	3	2
3	1,025	7,5	37,17	12,32	95	3	2
4	1,023	7,5	37,11	14,01	95	3	2

В пятой главе «Влияние последействия комплексной мелиорации на продуктивность культур рисовых севооборотов» описаны результаты влияния агромелиоративных приемов на урожайность риса и сопутствующей культуры – сои. Для изучения влияния агромелиоративных приемов на биометриче-

ские показатели сои измерялись площадь листовой поверхности, линейный рост, динамика накопления сухой надземной биомассы в различные фазы развития растений.

Анализ полученных данных показал, что урожайность сои по опытному участку (ОУ) 1 при внесении фосфогипса дозой 30 т/га превышала контрольный вариант почти на 86 %, а при внесении ЭТС дозой 42 т/га и комбинации мелиорантов половиной дозы урожайность выше контроля на 74 % и 67 %. Прибавка урожая сои по ОУ 2 по сравнению с контролем составила 2,4 т/га или 120 %, а при внесении ЭТС и комбинации мелиорантов превышала контроль на 88 и 81 % соответственно. В гипсоносном ОУ 3 прибавка урожая на вариантах с применением мелиорантов превышала контрольный вариант незначительно, а максимальная – 16 % при внесении фосфогипса дозой 30 т/га.

Полученные результаты исследования по влиянию химических мелиорантов на урожайность риса показали, что при внесении различных доз фосфогипса и электролита травления стали, а также их сочетания обеспечивается прибавка урожая риса на опытных участках 1 и 2 от 18 до 62 %. Максимальная прибавка урожая риса (около 1 т/га) на сильно гипсоносных почвах (ОУ 3) получена от внесения фосфогипса дозой 30 т/га.

Для оценки эффективности действия комплексной мелиорации проведена сравнительная характеристика в зерновых единицах урожайности риса и сои (таблица 9).

Проведение комплексной мелиорации требует капитальных затрат, в основном связанных с транспортировкой химических мелиорантов и их внесением в почву, но мелиорирующее действие от комплексной мелиорации на свойства почвы обеспечивает прибавку урожая, которая положительно сказывается на экономических показателях. Экономическая эффективность во многом определяется и составом возделываемых культур.

Результаты урожайности сои в первый год исследований показал положительное влияние комплексной мелиорации на ее урожайность и экономическую эффективность. При внесении фосфогипса в дозе 30 т/га в первый год исследований прибавка урожая сои составила почти 2 т/га и годовая прибыль составила 17 тыс. руб./га. Прибыль от внесения его дозой 20 т/га равняется 52 тыс. руб./га.

При внесении ЭТС дозами 26 т/га и 42 т/га годовая прибыль при возделывании сои составляла 29,5 и 16,5 тыс. руб./га соответственно, а от внесения комбинаций мелиорантов годовая прибыль получена только на ОУ 2 (таблица 10).

Во второй год исследований в варианте с внесением фосфогипса в дозе 30 т/га прибавка урожая риса 2,55 т/га и прибыль – 64 тыс. руб./га. Прибыль от внесения его дозой 20 т/га несколько ниже и равняется 60 тыс. руб./га. Прибыль от выращивания риса при внесении различных доз электролита травления стали ниже и составляет от 31 до 44 тыс. руб./га, а от внесения комбинаций мелиорантов при выращивании риса от 11 до 21 тыс. руб./га (таблица 10).

Таблица 9 – Сравнительная характеристика в зерновых единицах урожайности риса и сои

Вариант опыта	Рис до проведения мелиорации, 2023 год			Соя после проведения мелиорации, 2024 год			Рис после проведения мелиорации, 2025 год		
	Урожайность, т/га		Стоимость продукции, тыс. руб/га	Урожайность, т/га		Стоимость продукции, тыс. руб/га	Урожайность, т/га		Стоимость продукции, тыс. руб/га
	т/га	т з. е./га		т/га	т з. е./га		т/га	т з. е./га	
Опытный участок 1									
1	3,85	3,12	46,78	2,25	2,63	39,49	4,12	3,34	50,06
2	3,85	3,12	46,78	4,19	4,90	73,53	6,67	5,40	81,04
3	3,85	3,12	46,78	3,9	4,56	68,45	5,68	4,60	69,01
4	3,85	3,12	46,78	3,75	4,39	65,81	4,88	3,95	59,29
Опытный участок 2									
1	4,17	3,39	50,67	1,82	2,11	31,94	4,37	3,53	53,1
2	4,17	3,39	50,67	4,02	4,67	70,55	6,77	5,50	82,3
3	4,17	3,39	50,67	3,43	3,88	60,20	6,13	4,62	74,5
4	4,17	3,39	50,67	3,29	3,83	57,74	5,22	4,24	63,42
Опытный участок 3									
1	3,03	2,46	36,81	1,52	1,77	26,68	3,24	2,63	39,36
2	3,03	2,46	36,81	1,76	2,05	30,89	4,16	3,38	50,54
3	3,03	2,46	36,81	1,72	2,0	30,19	3,84	3,12	46,66
4	3,03	2,46	36,81	1,63	1,90	28,61	3,55	2,89	43,13

Таблица 10 – Экономическая эффективность от проведения мелиорации,
тыс. руб./га

Вариант опыта	Затраты на проведение химической мелиорации	Стоимость дополнительной продукции сои / риса	Дополнительная прибыль при возделывании сои / риса
Опытный участок 1			
2	80	97/ 63,8	17/ 63,8
3	66	82,5/ 31,5	16,5/ 31,5
4	83	75/ 19	–/ 11
Опытный участок 2			
2	58	110 / 60	52 / 60
3	51	80,5/ 44	29,5 / 44
4	62	73,5 / 21,3	11,5 / 21,3
Опытный участок 3			
2	80	12 / 23	–
3	66	10 / 15	–
4	83	5,5 / 7,8	–

В сильно гипсоносных почвах проведение комплексной мелиорации является экономически неэффективным из-за больших капитальных затрат и незначительных прибавок урожая сои и риса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ современных исследований показал, что применение гидромелиорации, культуртехнической и химической мелиораций, как отдельно, так и в комплексе позволяет повысить уровень плодородия почв, подверженных засолению и осолонцеванию. Применение данных типов мелиораций улучшает агрофизические, водно-физические и химические свойства почв, повышает продуктивность возделываемых сельскохозяйственных культур.

2. Исследования, проведенные в трех рисовых хозяйствах типичных для Ростовской области (ООО «Маньч-Агро» Багаевского район, ООО «Белозерный» Сальского района и часть исследуемого участка в ООО «Буденовский» Пролетарского района), выявили следующие закономерности:

- магниевая солонцеватость преобладает над натриевой и прослеживается недонасыщенность почвенного поглощающего комплекса (ППК) кальцием;
- прослеживается значительная изменчивость рисовых почв по засолению, обменным магнием и натрием.

3. Лабораторный и полевой опыты показали, что почвы, характеризующиеся магниевой солонцеватостью и недонасыщенностью обменным кальцием ППК, возможно улучшать, используя фосфогипс и электролит травления стали на фоне глубокого рыхления и промывок. Данная комплексная мелиорация способствовала процессам замены обменных магния и натрия на кальций. Доля обменного кальция выросла от 4 до 14 %.

4. В результате анализа полученных данных была установлена зависимость влияния доз мелиорантов на солеобразование и состав ППК, получены расчетные уравнения для определения доз мелиорантов. Данные уравнения позволяют рассчитать дозы химических мелиорантов в зависимости от содер-

жания солей, гипса и обменного кальция, которая не будет отрицательно влиять на засоление почвы и способствующая оптимизации состава ППК.

Доза Ф при содержании гипса 0,15 % $D_{\text{ф}} = 489,48 + 771,1x - 14,59y + 97,0x^2 - 9,57xy + 0,11y^2$, $R^2 = 0,87$;

Доза ЭТС при содержании гипса 0,15 % $D_{\text{эТС}} = -11462,93 - 3671,10x + 326,71y - 256,9x^2 + 50,45xy - 2,22y^2$, $R^2 = 0,85$;

Доза Ф при содержании гипса 0,30 % $D_{\text{ф}} = -871,05 - 19,1x + 17,84y + 723,8x^2 + 22,31xy - 0,15y^2$, $R^2 = 0,84$;

Доза ЭТС при содержании гипса 0,30 % $D_{\text{эТС}} = 263,08 - 7194,7x + 44,57y - 528,96x^2 + 96,59xy - 0,34y^2$, $R^2 = 0,83$.

5. Прибавка урожая риса и сопутствующей культуры (сои) отмечалась на всех вариантах опыта. Внесение мелиорантов на сильно гипсоносных почвах (более 20 %) не принесло существенной прибавки урожайности сои и риса. Прибыль возделывания сои от внесения химических мелиорантов наблюдался практически во всех вариантах опыта опытных участков 1 и 2. Срок окупаемости затрат по вариантам исследований составляет один год. Прибыль от выращивания риса также достигнута во всех вариантах опыта опытных участков 1 и 2. В сильно гипсоносных почвах опытного участка 3 проведение комплексной мелиорации является экономически неэффективным из-за больших капитальных затрат и незначительных прибавках урожая сои и риса.

6. Для установления необходимости проведения мелиоративных мероприятий для повышения почвенного плодородия разработаны алгоритм по определению агромелиоративных мероприятий по показателям свойств почвы и программа ЭВМ (свидетельство о государственной регистрации № 2021668224).

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

При низком содержании гипса в почве и при магниевой солонцеватости для расчета доз химических мелиорантов (фосфогипс, ЭТС и их сочетаний) рекомендуется использовать разработанные зависимости влияния доз мелиорантов на солеобразование и ППК. При содержании гипса в почве менее 0,2 % оптимальные дозы фосфогипса и ЭТС составляют 30 и 42 т/га соответственно. При содержании гипса от 0,2 до 0,5 % оптимальные дозы фосфогипса и ЭТС составляют 20 и 26 т/га соответственно.

Проведение химической мелиорации в сочетании с глубокой обработкой и промывкой сильно гипсоносных почв (20 % и более) является нецелесообразным, и такие сельскохозяйственные земли рекомендуется переводить в другие категории земель.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

– усовершенствование приемов комплексной мелиорации (химической, культуртехнической и гидромелиорации) для восстановления и повышения почвенного плодородия;

– продолжение проведения исследований по разработке мелиоративных мероприятий для улучшения свойств сильно загипсованных почв.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ:

1. Бабичев, А. Н. Влияние различных типов и видов мелиорации на восстановление и повышение плодородия деградированных почв / А. Н. Бабичев, **А. А. Бабенко** // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. – 2022. – Т. 12, № 1. – С. 157–176. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48023099> (дата обращения: 16.10.2024). – DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-1-157-176

2. **Бабенко, А. А.** Влияние фосфогипса и электролита травления стали на химические свойства почв рисовых чеков в условиях Ростовской области / А. А. Бабенко // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. – 2024. Т. 14, № 1. – С. 71–88. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=60387275> (дата обращения: 16.10.2024). DOI: 10.31774/2712-9357-2024-14-1-71-88

3. **Бабенко, А. А.** Влияние химической мелиорации и агротехнических приемов на химические свойства и продуктивность почв рисовых чеков / А. А. Бабенко, А. Н. Бабичев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2025. – № 2(80). – С. 208–221. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-02.

Свидетельство программы для ЭВМ

1. Свидетельство 2021668224 Российская федерация Программа для определения агромелиоративных мероприятий по показателям свойства почв / Р. С. Масный, А. Н. Бабичев, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, **А. А. Бабенко**, А. Б. Белоусов; заявитель и правообладатель ФГБНУ «РосНИИПМ». – № 2021668224; заявл. 01.11.2021; зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 11.11.21. – 1 с.

Научные работы, опубликованные в других изданиях

1. Бабичев, А. Н. Анализ использования химической мелиорации на различных типах почв / А. Н. Бабичев, **А. А. Бабенко** // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2021. – № 2(82). – С. 63–71.

2. **Бабенко, А. А.** Фитомелиорация – способ повышения плодородия почв / А. А. Бабенко, Л. М. Докучаева // Актуальные направления развития мелиоративного комплекса. Сборник науч. тр. по материалам междунар. науч.-практ. конф., посвященной 90-летию создания ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2021. – С. 92–99.

3. **Бабенко, А. А.** Свойства почв, обладающие засоленностью, солонцеватостью, гипсоночностью и возможности их использования / А. А. Бабенко, А. Н. Бабичев, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, С. А. Селицкий // Инновационные технологии в земледелии и мелиорации на современном этапе развития АПК: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 90-летию каф. земледелия, почвоведения и мелиорации Дагест. гос. аграр. ун-та им. М. М. Джембулатова, г. Махачкала, 09 декабря 2022. – Махачкала, 2022. – С. 115–123.

4. Бабичев, А. Н. Влияние мелиорации почв на их плодородие / А. Н. Бабичев, **А. А. Бабенко** // Инновационные технологии в АПК: теория и практика: сб. ст. IX Междунар. науч.-практ. конф., 15–16 марта 2023 г. – Пенза: ПГАУ, 2023. – С. 9–12.

5. Докучаева, Л. М. Изменчивость и экологическое состояние рисовых почв Ростовской области (на примере рисовой системы ООО «Маныч-Агро») / Л. М. Докучаева, А. Н. Бабичев, Р. Е. Юркова, **А. А. Бабенко** // Экология и водное хозяйство. – 2023. – Т. 5, № 1. – С. 45–59. <https://doi.org/10.31774/2658-7890-2023-5-1-45-59>.

6. Бабичев, А. Н. Влияние глубокого рыхления на свойства, режимы почвы и урожайность сельскохозяйственных культур / А. Н. Бабичев, **А. А. Бабенко** // Аграрная наука и производство в условиях становления цифровой экономики Российской Федерации: материалы междунар. науч.-практ. конф., пос. Персиановский, 07–09 2023 г. – Персиановский, 2023. – С. 8–14.

7. **Бабенко, А. А.** Влияние доз химических мелиорантов на степень засоления почвы и состав почвенного поглощающего комплекса / А. А. Бабенко, А. Н. Бабичев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2025. – № 12(95). – С. 265–281. EDN: SOUFPI

8. Щедрин, В. Н. Эффективный способ внесения мелиорантов на почвы комплексного покрова степной зоны при орошении / В. Н. Щедрин, А. Н. Бабичев, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, **А. А. Бабенко**, В. А. Монастырский // Аграрная Россия. – 2025. – № 1. – С. 3–7. DOI: 10.30906/1999-5636-2025-1-3-7. EDN: MGOYSD