

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»
(ФГБНУ «РосНИИПМ»)

На правах рукописи

Бабенко Алексей Александрович

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

4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель
доктор сельскохозяйственных наук,
Александр Николаевич Бабичев

Новочеркасск – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

	с.
ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ПО МЕЛИОРАЦИЯМ ПОЧВ РИСОВЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ	10
1.1 Проблемы деградированных земель. Типы мелиорации и их применение.....	10
1.2 Засоленные почвы и их мелиорация.. ..	12
1.3 Обоснование необходимости комплексной мелиорации почв рисовых оросительных систем	29
Выводы по главе 1	32
ГЛАВА 2 УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ..	34
2.1 Природно-климатические условия района исследований	34
2.2 Схема опытов.....	35
2.3 Методы и методики определения почвенных показателей	39
Выводы по главе 2.....	47
ГЛАВА 3 ОЦЕНКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ РИСОВЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НИЖНЕГО ДОНА	48
3.1 Почвенно-мелиоративное состояние полей ООО «Маньч-Агро» Багаевского района	49
3.2 Почвенно-мелиоративное состояние почв в ООО «Белозерное» Сальского района	55
3.3 Почвенно-мелиоративное состояние земель в ООО «Буденновский», расположенных в Пролетарском рисовом массиве.	61
Выводы по главе 3	80
ГЛАВА 4 ЛАБОРАТОРНЫЕ И ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ МЕЛИОРАЦИИ	82
4.1 Влияние доз химических мелиорантов и промывки на степень засоления почвы и состав почвенного поглощающего комплекса (лабораторный опыт)	82

4.2 Влияние комплексной мелиорации на физико-химические свойства почв рисовых чеков (полевой опыт)	92
Выводы по главе 4.....	105
ГЛАВА 5 ОЦЕНКА ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ КОМПЛЕКСНОЙ МЕЛИОРАЦИИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР РИСОВЫХ СЕВООБОРОТОВ.....	106
5.1 Продуктивность риса и сопутствующей культуры после комплексной мелиорации почв рисовых оросительных систем.....	106
5.2 Экономическая эффективность комплексной мелиорации почв рисовых оросительных систем	111
Выводы по главе 5.....	115
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	116
РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ.....	118
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ	119
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	120
Приложение А Акты внедрения результатов НИР	140
Приложение Б Протокол испытаний.....	147
Приложение В Дисперсионный анализ	163
Приложение Г Свидетельство программы ЭВМ	169

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В России, по данным государственного учета земель, из имеющихся по состоянию на 2023 г. 371,6 млн га сельскохозяйственных угодий, засолению и осолонцеванию подвержены 16,3 и 22,9 млн га соответственно. В ЮФО на более 10 % сельскохозяйственных земель наблюдаются процессы водной эрозии, встречаются также переувлажненные, заболоченные, засоленные земли [45, 46]. На территорию Ростовской области приходится 2,3 % от всех сельскохозяйственных угодий России или 8,5 млн га, из них 5,96 млн га приходится на пашню. Засоление и осолонцевание наблюдается на 29 % площади сельскохозяйственных угодий [1, 122, 128]. За последнее время отмечается рост площадей, связанных с несоблюдением научно-обоснованных режимов орошения, изношенности техники для полива и оросительных систем, а также использование для 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. На них обнаруживается неблагоприятное влияние длительного поверхностного затопления на почвообразовательные процессы и заметное снижение продуктивности сельскохозяйственных угодий. Особенно это сильно проявляется на гипсоносных почвах, требующих особого подхода к их использованию.

На фоне этих проблем в диссертационной работе будут представлены исследования, направленные на их решения.

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 и др. Однако увеличение сельскохозяй-

ственных 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 комплексной мелиорации на гипсоносные почвы рисовых оросительных систем не проводилось. Имеются лишь несколько разрозненных публикаций о влиянии различных мелиораций на свойства таких 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 химических мелиорантов на фоне глубокого рыхления почвы и промывки при различном содержании гипса.

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.

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).

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 комплексной мелиорации 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 ра-

циональные нормы химических мелиорантов для почв рисовых оросительных 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 [прил. А].

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» [прил. Г].

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, полнотой исходной информации, использованием стандартных методик математико-статистической обработки данных, апробацией на международных и всероссийских научно-практических конференциях.

Материалы диссертационной работы изложены на международных 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 кафедры 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 агромелиоративных 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.

ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ПО МЕЛИОРАЦИЯМ ПОЧВ РИСОВЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

1.1 Проблемы деградированных земель. Типы мелиорации и их применение

Перед агропромышленным комплексом РФ стоит проблема борьбы с деградацией почвы и опасными природными процессами, развивающимися в результате ненормированного антропогенного воздействия [120]. Распространение негативных процессов – засоления, переувлажнения, подтопления и заболачивания почв, развивающихся вследствие действия природных и антропогенных факторов, приводит к снижению плодородия почв и уменьшению запасов гумуса [28, 45]. В России в настоящее время значительное количество сельскохозяйственных земель подвержены различным процессам деградации разной интенсивности (таблицы 1.1, 1.2) Виды деградации могут проявляться в различной степени – от очень слабой до очень сильной. Степень деградации характеризуется величиной отклонения параметров деградированной почвы от недеградированной [31].

Таблица 1.1 – Характеристика деградации сельскохозяйственных угодий
в Российской Федерации [13, 45, 46].

Вид деградированных земель	Сельскохозяйственные угодья		том числе пашни	
	млн га	% от общей площади	млн га	% от общей площади
Засоленные	16,3	7,3	4,5	3,7
Солонцеватые	22,9	10,3	9,9	8,1
Кислые	51,5	23,2	41,6	33,9
Переувлажненные	16,1	7,2	6,8	5,5
Заболоченные	9,6	4,3	2,2	1,8
Засоренные камнями	12,2	5,5	3,9	3,2

Деградация земель одна из самых серьезных экологических проблем, с которыми человечество столкнулось в настоящее время. Ухудшение плодородия почвы в результате деградаций приведет к снижению эффективности земледелия и с/х производства в целом (в т.ч. к выбытию земельных участков из с/х оборота), а также к снижению урожайности сельскохозяйственных культур и уменьшению

валового сбора сельскохозяйственной продукции, что, учитывая рост численности населения планеты, может привести к нехватке продовольствия [13, 45, 152].

Таблица 1.2 – Причины и интенсивность деградации с/х земель
в федеральных округах [45].

Виды деградации	Федеральный округ							
	ЦФО	СЗФО	ЮФО	СКФО	ПФО	УФО	СФО	ДВФО
Водная эрозия	+ ¹	+	++ ²	++	++	+	+	+
Ветровая эрозия	+		+	++	++	+	++	+
Переувлажнение и заболачивание	+	++	+	+	+	++	++	++
Засоление	+		+	+	+	+	+	+
Опустынивание			+	+	+		+	
Подтопление			+	+	+		+	+
Переуплотнение	+	+	+	+	+	+	+	+
Сбитость кормовых угодий/ перевыпас			+	+	+	+		

Источник: данные Министерства сельского хозяйства Российской Федерации

Примечание: 1 – + деградировано < 10% с/х земель, 2 – ++ деградировано > 10% с/х земель

Все возрастающее количество деградированных почв, влекущих за собой снижение почвенного плодородия, вынуждает работников сельскохозяйственной отрасли и ученых искать новые различные пути повышения их плодородия. Для повышения почвенного плодородия все большее значение приобретают разные типы мелиорации, улучшающие различные свойства и режимы почвы, что положительным образом отражается на ее плодородии [14, 15, 95].

В зависимости от характера мелиоративных мероприятий различают следующие типы мелиорации земель: гидромелиорация, агролесомелиорация, культурно-техническая мелиорация, химическая мелиорация, агрофитомелиорация [110].

Гидромелиорация земель состоит в проведении комплекса мелиоративных мероприятий, обеспечивающих улучшение свойств излишне увлажненных, засушливых, эродированных, состояние которых зависит от воздействия воды [110].

К этому типу мелиорации земель относятся оросительная, осушительная, противопаводковая, противоселевая, противоэрозионная, противооползневая и другие виды гидромелиорации земель [110].

Агролесомелиорация земель состоит в проведении комплекса мелиоративных мероприятий в целях обеспечения улучшения свойств земель, в том числе

воспроизводства плодородия земель, посредством использования полезных функций агролесомелиоративных насаждений.

К этому типу мелиорации земель относятся следующие виды мелиорации земель: противоэрозионная агролесомелиорация, полезащитная агролесомелиорация, пастбищезащитная агролесомелиорация [110].

Агрофитомелиорация земель состоит в проведении комплекса мелиоративных мероприятий в целях улучшения свойств земель, в том числе воспроизводства плодородия земель, посредством использования полезных функций агрофитомелиоративных насаждений, а также краткосрочного выведения деградированных земель из оборота [110, 153].

Культуртехническая мелиорация земель состоит в проведении комплекса мелиоративных мероприятий по улучшению свойств земель, в том числе по воспроизводству плодородия земель.

Этот тип мелиорации земель подразделяется на следующие виды мелиорации земель: расчистка мелиорируемых земель от деревьев, кустарников и травянистой растительности, кочек, пней и мха, от камней и иных предметов; мелиоративная обработка солонцов; рыхление, пескование, глинование, землевание, плантаж и первичная обработка почвы [110].

Химическая мелиорация земель состоит в проведении комплекса мелиоративных мероприятий по улучшению химических и физических свойств почв. Химическая мелиорация земель включает в себя известкование почв, фосфоритование почв и гипсование почв [110].

1.2 Засоленные почвы и их мелиорация

Пять глобальных процессов деградации (засушливость, водная эрозия земель, засоление и осолонцевание, потеря органического углерода в почве и деградация растительности) значительно подрывают многочисленные экосистемные функции [154]. А осолонцевание и засоление орошаемых земель, в частности рисовых оросительных систем, распространено в разных странах мира и, в том чис-

ле, в России [139].

Засоленные почвы – это группа почв разного генезиса и свойств, имеющих в профиле такое количество легкорастворимых солей, которое ухудшает плодородие почв и отрицательно влияет на рост и развитие большинства растений. Засоленные почвы, в том числе солонцы и солонцеватые, широко распространены во многих странах мира, ими покрыто около 10 % поверхности континентов. В России на долю засоленных почв приходится более 50 млн га, что составляет 3,3 % общей площади России. Засоленные почвы широко распространены в зоне сухих степей, полупустынь и пустынь, встречаются также в степной и лесостепной зонах – там, где годовое количество осадков меньше испаряемости. Они формируются в местах, где в общем солевом балансе в поверхностные горизонты почвы поступает солей больше, чем вымывается из нее, что характерно для рисовых оросительных систем, под которые отводятся в основном непродуктивные засоленные и заболоченные земли [90, 129].

Засоление почвы – процесс накопления растворимых солей, приводящий к образованию солончаковатых (глубинное засоление), солончаковых (поверхностное засоление) и содовозасоленных почв. Засоление может быть первичным и вторичным. Первичное засоление определяется наличием избытка разных солей, который обусловлен геологическими причинами и/или неравномерным распределением веществ по поверхности и залегающим горизонтам почвы. Вторичное засоление возникает в результате искусственного изменения водного режима. Затопление поверхности почвы рисовых оросительных систем в длительном временном промежутке водой с различной степенью минерализации также способствует засолению. Изменение степени засоления определяется многими факторами, среди которых можно отметить неравномерность процессов водообеспечения почв и испарения воды из-за разных свойств самой почвы и погодных условий, микрорельеф поверхности, глубиной почвенного профиля. Также глобальные изменения климата способствуют усугублению этой проблемы [64, 68, 84, 90, 124, 155].

Рисовые оросительные системы характеризуются непроизводительными по-

терями воды (до 50 %), расходуемая на фильтрацию вода оказывает отрицательное влияние на мелиоративное состояние почвы: вызывает разнообразные изменения в физико-химических свойствах почвы, нарушает структуру почвы, жизнедеятельность биотической массы, ухудшает водный режим почв [80, 89].

Степень засоления устанавливают по содержанию солей в почве. Степень засоления характеризуется следующим количеством солей в солевом горизонте:

- незасоленные почвы содержат менее 0,25%;
- слабозасоленные 0,25–0,5 %;
- средnezасоленные 0,5–1,0 %
- сильнозасоленные 1,0–2,0 %
- солончаки более 2,0 % [71].

Отрицательное воздействие избыточного содержания солей в почве негативно сказывается на свойствах почвы, обуславливая щелочную реакцию среды, токсическое действие легкорастворимых солей и формируя высокое осмотическое давление. В таких почвах происходит снижение почвенного плодородия и уменьшение доступности необходимых элементов питания для растений. Влияние избыточного содержания солей в почве на различные характеристики растений зависит как от типа засоления почвы, так и от вида и сорта растения. Избыточная концентрация солей действует как токсические вещества, нарушающие азотный обмен и способствующий накоплению продуктов белкового распада. Засоление почв существенно ограничивает производство сельскохозяйственных культур – потери урожайности в засушливых районах из-за засоленности почвы достигают от 18–26 % до 43 % [64, 71, 123, 127].

Токсическое действие солей, содержащихся в почве, зависит от химизма засоления, устанавливается по составу анионов и их соотношению, а также по составу катионов и их соотношению в водной вытяжке [71].

Основные элементы, соединения которых могут приводить к засолению почв – Ca, Mg, Na, K, Cl, S, C, N, B, Si. Засоление почв происходит преимущественно в форме солей: хлориды – NaCl, KCl, MgCl₂, CaCl₂; сульфаты – Na₂SO₄, MgSO₄, K₂SO₄; карбонаты – Na₂CO₃, NaHCO₃, MgCO₃, CaCO₃, Ca(HCO₃)₂; нитраты –

NaNO_3 , KNO_3 и др. (таблица 1.3). Легкорастворимые соли, содержащиеся в почве, могут быть токсичными и нетоксичными. Токсичные соли делятся на хлориды (NaCl , CaCl_2 , MgCl_2), сульфаты (Na_2SO_4 , MgSO_4), карбонаты (Na_2CO_3 , NaHCO_3), нитраты (NaNO_3 , KNO_3).

Таблица 1.3 – Основные соли, участвующие в засолении почв [90].

Химическое название	Формула	Описание некоторых свойств
1	2	3
Карбонат кальция	CaCO_3	В связи с малой растворимостью CaCO_3 безвреден для большинства растений
Карбонат магния	MgCO_3	Растворы MgCO_3 обладают высокой щелочностью, что угнетает растения
Карбонат натрия	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	Крайне токсичен для растений из-за высокой растворимости и высокой щелочности раствора
Карбонат калия	K_2CO_3	Токсичен для большинства растений. Из-за редкой встречаемости не играет существенной роли в глобальных процессах формирования засоленных почв
Сульфат кальция	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Не оказывает отрицательного действия на растения вследствие малой растворимости, но высокая концентрация гипса способствует образованию сплошной губчатой массы, непроницаемой для воды, воздуха и корней растений, что приводит к угнетению растений и их гибели
Сульфат магния	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Обладает высокой растворимостью и характеризуется крайне высокой токсичностью для растений
Сульфат натрия	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	Токсичность в 2-3 раза ниже по сравнению с MgSO_4
Хлорид натрия	NaCl	Одно из распространенных и токсичных веществ засоленных почв из-за его физиологической активности и высокой растворимости
Хлорид калия	KCl	В засоленных почвах концентрация KCl редко достигает значений, при которых проявляется его токсическое действие
Хлорид магния	MgCl_2	Вследствие высокой растворимости обладает высокой токсичностью

Наибольшей токсичностью для растений обладают карбонаты натрия, затем следуют хлориды и нитраты щелочей; сульфаты наименее токсичны: $\text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{NaCl} \rightarrow \text{NaNO}_3 \rightarrow \text{CaCl}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MgCl}_2 \rightarrow \text{MgSO}_4$. Смесь различных солей менее вредна, чем преобладание одной соли. К нетоксичным солям относятся CaCO_3 , $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ [90].

Почвы рисовых оросительных систем находятся в различном мелиоративном состоянии (от неудовлетворительного до хорошего) из-за различных степеней засоления и осолонцевания, минерализации грунтовых и оросительных вод, несо-

блюдения промывных режимов. Длительная эксплуатация рисовых оросительных систем приводит к изменению перемещения и накопления солей, наиболее важна динамика засоления в слое почвы 0–50 см. Наличие минерализованных грунтовых вод является причиной восстановления засоления почв при севообороте культур не требующих больших оросительных норм воды. Но при возделывании таких культур создаются условия для естественного почвообразования, восстановления и повышения почвенного плодородия [74, 93, 109, 141, 163].

В солонцовых почвах угнетаются почвообразовательные процессы, складываются неблагоприятные для большинства сельскохозяйственных культур воздушный и водный режимы. Почвенная структура усложняет проведение технических мероприятий по обработке почвы и усложняет рост и развитие растений, нарушая обмен веществ и доступность элементов питания для растений [20].

Гипс часто присутствует в засоленных почвах, он характеризуется относительно низкой растворимостью по сравнению с легкорастворимыми солями. Гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) встречается в почвах и почвообразующих породах степной, полупустынной и пустынной зон. Наличие гипса блокирует образование солонцеватости, щелочности, нивелирует неудовлетворительное качество оросительных вод. 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). 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 % [29, 59, 71, 90, 98, 111, 144].

Большое количество гипса, особенно на рисовых оросительных системах, может провоцировать следующие отрицательные свойства:

- высокие концентрации гипса снижают запасы продуктивной влаги в почве и ее доступность для растений из-за возникновения повышенного осмотического давления почвенной влаги;

– в почвах, где образуются большое количество мелкокристаллического гипса, при поливах появляются суффозионные воронки, через которые в грунтовый поток устремляется поливная вода.

– большое количество гипса, образованного крупнокристаллической фракцией (более 5 мм) на тяжелых (глинистых) почвах противодействует осуществлению промывок от легкорастворимых солей, так как на кристаллах образуется кальциевая пленка. Предположительно ее можно разрушить кислованием.

– в анаэробных условиях сульфаты гипса при взаимодействии с металлами образуют сульфиды, являющиеся токсичными для любых растений.

Для выбора типа проведения мелиорации учитывают свойства почв (содержание обменного натрия, степень засоления, солевой баланс почв, глубину залегания карбонатов кальция и гипса, уровень и минерализацию грунтовых вод), погодные условия, специфику сельскохозяйственных угодий (пашня, сенокос, пастбище, рисовая оросительная система) (рисунок 1).

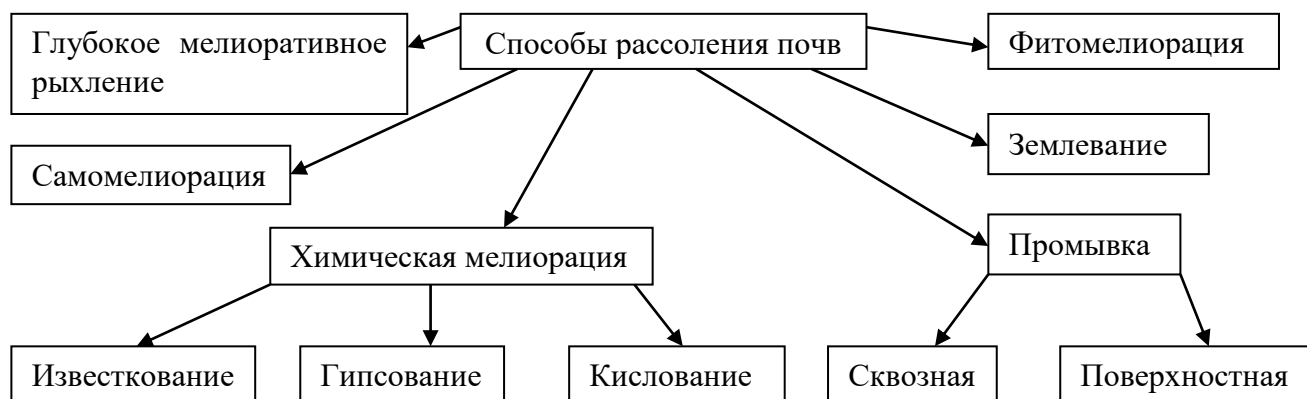


Рисунок 1.1 – Способы удаления солей из засоленных почв

Промывка является наиболее эффективным способом удаления из почвы токсичных для растений солей. При промывке соли, находящиеся в почве, растворяются и вместе с водой стекают в нижние слои почвы. Можно выбрать способы промывки по степени засоления сельскохозяйственных угодий, физическим свойствам почвы (скорости фильтрации, механического состава, степени засоления) и рельефу поля. При орошении на засоленных почвах вода является основным средством управления солевым режимом и важнейшим звеном водного режима почвы. Промывки необходимым количеством воды рассчитываются и осу-

ществляются на основании данных о качестве и солевом составе оросительных вод, уровня залегания грунтовых вод и степени их засоленности [16, 51, 57, 76, 116, 134]. Необходимое для промывки почвы количество воды определяется в зависимости от типа и степени засоления почвы, ее водно-физических, гидрохимических и фильтрационных свойств, а также требуемой степени и глубины рассоления по формуле Волобуева [27, 75, 131]:

$$M_{\text{пром}} = K \cdot \lg(S_1 / S_2)^\alpha \quad (1)$$

где $M_{\text{пром}}$ – промывная норма, м³/га;

K – коэффициент пропорциональности (при расчете промывной нормы в м³/га, он равен 10000);

S_1 – содержание солей в промывной толще, % или г/дм³;

S_2 – допустимое содержание солей в тех же единицах;

α – угловой коэффициент, отражающий характер засоления почвы и гранулометрический состав ($\alpha = 0,62 \dots 1,78$).

Самомелиорация – это перемешивание с помощью плантажной вспашки почвенных горизонтов, в результате чего нижние гипсоносные слои замещают верхние засоленные.

Землевание – искусственное создание мощного до 20 см плодородного пахотного горизонта на поверхности засоленной почвы путем наслаивания черноземной почвы.

При фитомелиорации используют различные виды и экотипы растений, способствующие рассолению почв, позволяющие управлять интенсивностью процессов эрозии, обогащающие почву органическими веществами, улучшающие физические, физико-химические свойства почв, оказывающие позитивное воздействие на протекание гумусообразовательного процесса. [6, 12, 117, 118, 121].

При применении глубокого мелиоративного рыхления разрушается солонцовый горизонт, в корнеобитаемый слой перемещаются кальциевые соли почвы, происходит улучшение водно-физических свойств почвы (улучшение запаса влаги и удаление вредных солей) [90].

На территории Семикаракорского районе Ростовской области изучалось влияние глубокого мелиоративного рыхления на изменение ее плотности, водопроницаемости, температурного режима. Результаты исследований показали, что плотность почвы в верхнем слое на всех вариантах опыта одинаковая, но в более глубоких слоях на варианте с глубоким рыхлением она снижалась на 32–36 % по сравнению со вспашкой. Влажность почвы в верхнем исследуемом слое почвы на обеих изучаемых вариантах также практически не различалась. Значительные изменения влажности наблюдались в слоях 10–25 см и особенно 25–55 см – влажность почвы на вариантах со вспашкой и глубоким рыхлением составляла 16,5 %, 16,7 %, 14,1 % и 16,5 %, 18,7 %, 18,2 % соответственно. Запасов влаги больше на варианте с глубоким рыхлением почти на 50 %. Изменения дневной температуры характерны изменению плотности и влажности почвы на вариантах с глубоким рыхлением. Глубокое рыхление со слоя 10–25 см способствует понижению дневной температуры почвы в среднем на 16–25 % [100, 101].

И. И. Икромов в своих исследованиях на территории Гиссарской долины Республики Таджикистан изучал влияние дифференцированного глубокого рыхления на водно-физические свойства почвы. Сравнивалось влияние вспашки и дифференцированного глубокого рыхления почвы поперек поля на водно-физические свойства почвы. Анализ результатов полученных данных показал, что при дифференцированном глубоком рыхлении почвы снижается плотность почвы, увеличивается наименьшая влагоемкость почвы и повышается равномерность увлажнения корнеобитаемого слоя почвы, что благоприятно сказывается на повышении урожайности сельскохозяйственных культур [66].

Рядом авторов изучалось влияние различных обработок (в том числе глубокое рыхление) на физические свойства почвы и ее плодородие на разных типах с использованием растительных остатков возделываемых культур. Данные исследования показали, что применение целесообразных обработок почвы с заделкой растительных остатков, способствовало улучшению водно-физических, физические свойств, что способствовало накоплению влагозапасов в почве и повышению ее плодородия [145, 146, 147, 148, 149, 151, 156].

В. П. Максименко, Т. Л. Волчкова, С. А. Меньшикова в своих исследованиях провели сравнительный анализ глубокого рыхления, как способа мелиорации, повышающего урожайность сельскохозяйственных культур. Они выявили, что применение глубокого рыхления улучшает водный, пищевой, воздушный и тепловой режимы почвы. Авторы указали, что глубина рыхления зависит от условий залегания и мощности уплотненного подпахотного и водонепроницаемого слоев почвы, мощности гумусового горизонта и глубины залегания грунтовых вод, отметили минимизацию продолжительности периода между глубоким рыхлением и посевом культуры [92].

Химическая мелиорация (гипсование, кислование, известкование) способствует замещению обменного натрия (Na) и обменного магния (Mg) на обменный кальций (Ca) в почвенном поглощающем комплексе (ППК). При химической мелиорации почв изменяются солевой и микроагрегатный состав почвы, различные свойства, содержание в ней гумуса [106].

Химическая мелиорация является основным мероприятием, меняющим состояние почв и создающим условия, для протекания необходимых для плодородия процессов гумификации и нитрификации [14]. Регулируя состав катионов почвенно-поглощающего комплекса (ППК) заменой водорода, алюминия, железа, марганца в кислых почвах или натрия и магния в щелочных почвах на кальций, химическая мелиорация играет важную роль в борьбе с засолением и окислением [13, 130].

При проведении химической мелиорации необходимо следовать определенным правилам, заключающихся в последовательном обосновании и порядке проведения необходимых мероприятий. Необходимость мероприятий по проведению химической мелиорации устанавливается при выявлении земель, подверженных засолению, осолонцеванию, ощелачиванию, подкислению, уплотнению, дегумификации, превышающими безопасный уровень [13, 107].

К проектированию мероприятий по проведению комплексных приемов воспроизводства почвенного плодородия кислых или солонцовых и щелочных почв

допускаются только аккредитованные или освидетельствованные организации или специалисты, имеющие специальную подготовку.

При составлении проекта в первую очередь необходимо ознакомиться с реализованными ранее проектами землеустройства территории, на которой планируется проведение мероприятий по химической мелиорации, а также данными о почвенно-мелиоративных и агрохимических обследованиях. Затем оцениваются химические особенности почвенного покрова: определяется гидролитическая кислотность и щелочность; учитывается комплексность солонцовых почв; глубина залегания и состав грунтовых вод; содержание и глубина залегания гипса и карбонатов; гранулометрический состав почвы; обеспеченность элементами питания и содержание гумуса [13, 159].

Почвенно-мелиоративному изысканию подвергаются все кислые, щелочные и солонцовые почвы с содержанием солонцов в контуре более 10 %. Для щелочных и солонцовых почв описываются мощность гумусового генетического горизонта, глубина вскипания от 10 % HCl, глубина залегания и распределения по профилю гипса, карбонатов и легкорастворимых солей. Для кислых почв дается характеристика мощности пахотного и гумусового слоев, расположения и свойств почвенных горизонтов, особенно обладающих неблагоприятными качествами (переуплотнение, переувлажнение, оглеение, закисление и т. д.) [13, 23].

Важным условием, обеспечивающим эффект химической мелиорации при орошении, должно быть глубокое залегание грунтовых вод, а в случае их подъема или имеющейся к этому тенденции – наличие нормально работающего дренажа.

Выбор мелиорантов зависит от химизма засоления и степени солонцеватости почв. На нейтральные сульфатные или хлоридно-сульфатные остаточнонатриевые солонцовые почвы с содержанием в мелиорируемом слое карбонатов менее 3 % и гипса менее 0,3 % следует вносить гипс, глиногипс, фосфогипс. Для многонатриевых (натрия более 25 % от суммы катионов) хлоридно-сульфатных, сульфатно-хлоридных солонцов предпочтительнее «кислые» мелиоранты: фосфогипс, отработанная серная кислота, отработанный электролит травления стали, содержащий серную кислоту [140].

Электролит травления стали – жидкий отход, получаемый после травления металлов смесью растворов серной и соляной кислот. Серной кислоты содержится 5,4 %, соляной кислоты – 0,41 %, железа – 0,8–1,0 %. Концентрация этого раствора колеблется от 4 до 10 %, pH – 2,3. Температура кипения равна 101–106 °С. Удельная масса – 1,1–1,2 г/см³.

Гипс – мягкий сульфатный минерал ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Фосфогипс – отход, получаемый при производстве фосфорных удобрений, темно-серая, влажная мелкокристаллическая масса (в РФ более 150 млн. т. фосфогипса в отвалах) [103]. Основой фосфогипса является гипс (77–92 %), с питательной составляющей – фосфор (0,7–3,0 %) и микроэлементы (1,6 %), pH – 2,5 – 3,0. Химический анализ образцов фосфогипса свидетельствует, что содержание СаО в его составе составляет 36–38 %, серы – более 20 %, фосфорной кислоты – 1–4,5 %, в том числе 0,3–1,5 % водорастворимой. По мелиорирующему действию фосфогипс аналогичен гипсу, наличие в фосфогипсе кислот обуславливает его лучшую растворимость, чем гипса. В соответствии с техническими требованиями, содержание водорастворимых фтористых соединений в пересчете на фтор должно быть не более 0,4 %. Содержание свободной воды 6–20 %. Практически не плавится. Фосфогипс относится к группе слабопылящихся мелиорантов, негорючий [3, 44, 72–74, 135, 154].

Е. В. Куликова, Н. С. Горбунова, Ю. А. Куликов изучали влияние применения фосфогипса в качестве мелиоранта совместно с минеральными удобрениями на экологическое состояние черноземов в полевом опыте на территории Таловского района Воронежской области (Каменная степь). В результате проведенного опыта было установлено, что внесение фосфогипса улучшает состав ППК (происходит вытеснение обменного Na^+ и замена его на Ca^{2+}) и, в сочетании с минеральными удобрениями, способно сдерживать деградационные процессы и стабилизировать содержание органического вещества [88].

Значительные площади сельскохозяйственных земель в республике Азербайджан занимают солонцовые почвы. Для улучшения таких земель необходимо проведения комплекса мелиоративных мероприятий, состоящих из химической мелиорации и промывки почвы. В качестве химических мелиорантов применя-

лись природные залежи так называемой гажи, содержащей 40...60 % гипса и двухпроцентный слабый раствор отработанной серной кислоты. Исследования показали, что промывка водой (промывная норма 15 тыс. м³/га) не рассоляет почв в метровом слое, приводит к образованию солей щелочного ряда и к созданию условий для осолонцевания, ухудшения водно-физических и физико-химических свойств почв. Гипсование значительно активизирует выщелачивание солей, обогащает почвы гипсом, что положительно действует на его агрофизические и физико-химические свойства, снижает вероятность образования после промывки щелочных солей, однако рассоление почв до уровня ниже порога токсичности не достигнуто. Применение двухпроцентного раствора серной кислоты привело к снижению содержания солей в слое 0–50 см до порога токсичности солей, а в слое 0–100 см содержание солей составило 0,47 %, что гарантирует возможность устойчивого возделывания сельскохозяйственных культур с получением приемлемых урожаев в первом году после промывки [48, 61].

М. Я. Искендеров на глинистых почвах Ширванской степи Азербайджана изучал влияние химических мелиорантов на работу горизонтального дренажа при промывке слабопроницаемых глинистых засоленных почв. Анализ результатов четырех вариантов опыта (промывка обычной водой без применения химических мелиорантов; промывка после насыщения слоя почвы 0–100 см 0,5%-ным раствором отработанной соляной кислоты; промывка после насыщения слоя почвы 0–100 см 1,0%-ным раствором отработанной серной кислоты; промывка после внесения в почву железного огарка с концентрированной серной кислотой в отношении 1:0,3) показал, что при промывке засоленных почв применение химических мелиорантов способствует повышению водопроницаемости глинистых почв (за счет коагуляции илистых веществ в почве), что подтверждается эффективной работой опытных дрен. Также было установлено, что во 2 и 3 вариантах степень засоления почвы уменьшилась примерно в 2 раза, а в 4 варианте – в 1,4 раза по сравнению с контрольным вариантом промывки – применяемые для промывки химические мелиоранты способствуют рассолению почв [67].

И. Троценко, Ю. Корчевская в своих исследованиях на территории Западной Сибири установили положительное влияние внесения фосфогипса и гипса в сочетании с глубоким рыхлением на изменение свойств почвы и экономическую эффективность затрат на проведение комплексной мелиорации [157].

Общий объем орошаемых сельскохозяйственных угодий на территории республики Азербайджан в настоящее время составляет около 1,5 млн гектаров [63]. Около 42 % этих территорий подвержены слабому и среднему засолению, а 30 % – сильнозасолены. Четверть орошаемых земель республики – солонцеватые почвы. Для обеспечения продовольственной безопасности в республике важным условием является оздоровление, экологическое восстановление этих земель [7]. Исследователями в лабораторных условиях изучалось воздействие мелиоранта и промывки на свойства засоленных и солонцеватых почв. Экспериментальный опыт выполнялся в 4-х вариантах: 1 – промывка почв обычной водой; 2 – промывка почв с применением мелиоранта дозой 5 т/га; 3 – промывка почв с применением мелиоранта дозой 10 т/га; 4 – промывка почв с применением мелиоранта дозой 15 т/га. Во всех вариантах почва промывалась нормой 15 тыс. м³/га. Результаты исследований показали, что при промывке в зависимости от дозы мелиоранта содержание солей в почве снижалось с 2,188 % до 0,530 %, а доля обменного натрия уменьшилась с 12,24 % до 3,35 % [62].

Комплексный почвенный покров представляет собой почвенные комбинации почвы зонального ряда с регулярным чередованием различных пятен солонцов, которые существенно усложняют структуру почв и способствует развитию разнокачественных водно-физических, физико-химических и других свойств почв на массиве [32, 69]. Для сглаживания разности в свойствах почв, входящих в комплекс, необходимо проведение химической мелиорации, которая является основным мелиоративным приемом для солонцовых почв, способствующей нормализации реакции почвенной среды и снижению солонцеватости в верхних горизонтах почвы [85, 143].

Р. Е. Юркова, Л. М. Докучаева изучали в Сальском районе Ростовской области влияние способов и доз внесения фосфогипса на физико-химические свой-

ства почв комплексного покрова. Согласно схеме опыта изучалось влияние различных доз фосфогипса на свойства солонцов и зональных почв на фоне глубокого рыхления при применении принятой (сплошное внесение) и предлагаемой (выборочное внесение) технологий внесения на почвенный комплекс. Анализ полученных результатов показал, что лучшие результаты мелиорирующего эффекта в последствии на солонце получены в вариантах с дозой мелиоранта 10 т/га фосфогипса. Содержание кальция в ППК возросло почти на 41 % как при сплошном, так и выборочном внесении. Исследования показали, что доза 5 т/га фосфогипса на черноземе является достаточной для устранения щелочности и оптимизации ППК, а для мелиорации солонцов требуется доза фосфогипса не менее 10 т/га [143].

Эти же авторы совместно с А. Н. Бабичевым изучали влияние доз фосфогипса в сочетании с органикой на свойства почв комплексного покрова, их продуктивность. Четырехлетние исследования показали, что внесение фосфогипса в дозе 10 т/га способствовало рассолонцеванию чернозема южного до 3 % Na от емкости катионного обмена и изменению долей Ca и Mg до оптимальных параметров для этой почвы. Накопление гумуса в наибольшей степени наблюдалось в варианте с внесением фосфогипса дозой 10 т/га в сочетании с навозом дозой 40 т/га. На черноземе южном оно равнялось 0,24 %, а на солонце – 0,19 %. Под воздействием глубокого рыхления, обе почвы, входящие в комплекс, разуплотнились и в лучшем варианте плотность сложения чернозема южного составила 1,17 т/м³, а на солонце – 1,20 т/м³ [54].

Анализ научных трудов по изучению влияния высокого содержания обменного Mg на различные свойства почвы отражены в работе Воеводиной Л. А. с соавтором. Выявлено, что при высоком содержании обменного Mg и низком содержании обменного Na у почв проявляются свойства, характерные для многонатриевых солонцов, такие почвы называют магниевыми солонцами. Отмечено, что неблагоприятные свойства солонцовых почв малонатриевых солонцов могут быть вызваны высоким содержанием обменного Mg [26].

Орошение является одним из самых экологически опасных видов челове-

ской деятельности из-за существенных изменений водного баланса территорий и водносолевого режима почв. Орошение призвано увеличивать урожайность сельскохозяйственных культур, но, кроме улучшения условий режима увлажнения, орошение оказывает значительное влияние на почвообразовательные процессы, присущие каждому типу почв. При нерациональном применении орошения происходит вторичное засоление и повышение щелочности почв, возможно переувлажнение и заболачивание почв, протекание процесса водной эрозии. Все указанные выше процессы деградации почв приводят к снижению почвенного плодородия, что в дальнейшем негативно отражается на урожайности растений. Причинами деградации орошаемых почв также являются бездренажное орошение, большие потери воды на фильтрацию, строительство оросительных каналов без гидроизоляции, превышение оросительных норм, неконтролируемая подача воды, нарушение поливного режима, полив минерализованной водой [9, 17, 25, 65, 83, 96, 99, 158].

Устранить и предотвратить негативные последствия орошения можно за счет комплексного применения ряда мероприятий. Для эффективной работы оросительной системы, предотвращения заболачивания и вторичного засоления необходимы соблюдать научно обоснованные технологии и нормы полива. В условиях Ставропольского края глубокое рыхление на орошаемых почвах тяжелого гранулометрического состава, уплотнение которых произошло в результате орошения, из-за чего произошло снижение пористости, влагоемкости, ухудшение воздушного и водного режимов, показало свою эффективность. Наиболее эффективный результат был получен в первый год действия, чем на второй год после их проведения. Поэтому на солонцеватых черноземах глубокое рыхление целесообразнее проводить каждые два года. На солонцеватых орошаемых почвах внесение кальцийсодержащих мелиорантов, обеспечивало улучшение состава почвенного поглощающего комплекса, способствовало рассолонцеванию корнеобитаемого слоя [33].

Основную часть земельных ресурсов Калмыкии составляют солонцы с солонцеватыми почвами, а почти на всей территории республики ощущается дефи-

цит влаги. Для повышения продуктивности земель необходимо проведение оросительных мероприятий. Однако большая часть орошаемых земель находится в неудовлетворительном состоянии по степени засоленности почв. В Калмыцком филиале ВНИИГиМ проводили полевые исследования применения фитомелиорантов для восстановления деградированных земель. Применение фитомелиорантов (солодки голой и пырея удлиненного) способствовало снижению уровня грунтовых вод, рассолению верхнего слоя почвы [60].

Рассоление орошаемых засоленных почв включает в себя комплекс различных видов мелиорации (глубокое мелиоративное рыхление, фитомелиорация, гидротехническая мелиорация, химическая мелиорация). Выращивание донника белого на засоленных орошаемых почвах на фоне глубокого рыхления с последующей его заправкой на зеленую массу улучшило свойства почв и способствовало повышению содержания органического вещества в ней [91].

Комплексная мелиорация (внесение фосфогипса, глубокое рыхление, коллекторно-дренажная сеть, фитомелиорация) на территории Среднеазиатских республик способствовала рассолению и снижению солонцеватости гидроморфно-засоленных почв и солонцов, а также благоприятно отразилась на водно-физических и химических свойствах почв, плотности почв, повышении содержания органических веществ и питательных элементов (азота, фосфора, калия, кальция) в корнеобитаемой зоне, что привело к повышению плодородия данных почв [4, 72].

Развитие деградационных процессов в сероземных и сероземно-луговых почвах Казахстана связано, прежде всего, с высокой степенью их засоления и ухудшением экологического состояния земель из-за деятельности человека. Для восстановления плодородия этих почв необходимо проведение комплексной мелиорации. В результате исследований межнациональной группы ученых было установлено, что проведение глубокого рыхления (60–70 см) на фоне промывок и внесения фосфогипса (6–8 т/га) улучшило водно-физические свойства сероземно-луговых засоленных и солонцовых почв Жамбыльской области Казахстана и повысило их плодородие [73].

Современные технологии в растениеводстве с применением энергонасыщенной техники, имеющей большую эксплуатационную массу и высокое удельное давление на почву, приводят к ее уплотнению за вегетационный период. Глубокие мелиоративные обработки в значительной степени способствуют увеличению глубины мелиорируемого слоя, устранению плужной подошвы, разрыхлению плотных осолонцованных горизонтов, проникновению влаги в более глубокие слои почвы, что имеет огромное значение для увеличения влагозапасов почвы [97, 138]. Одним из наиболее простых и эффективных приемов является глубокое рыхление. Опыты по изучению влияния глубокого рыхления на состояние почв, подвергшихся деградации вследствие длительного их использования при орошении дождеванием, проводилось на опытном участке ЗАО «Племагрофирма «Андреевская» Дубовского района Ростовской области. Как показали результаты исследований, глубокое рыхление оказало положительное влияние на водно-физические свойства почвы. Плотность сложения разрыхленной почвы в слое до 70 см составляла 1,27 г/см³, а на варианте без рыхления 1,38 г/см³. При глубоком рыхлении увеличивалась скорость впитывания воды в почву: средняя скорость впитывания без рыхления составила 0,28 см/мин., при рыхлении на глубину 70 см она равнялась 0,18 см/мин. Глубокое рыхление способствовало значительному улучшению и химических свойств почвы, наблюдалось снижение содержание солей в метровом слое почвы [97].

Для восстановления сильнозасоленных почв во многих регионах Узбекистана учеными было проведено изучение влияние сочетаний различных видов мелиорации на водно-физические свойства и физико-химические свойства почвы. На территории Сырдарьинской области изучалось влияние глубокого рыхления в сочетании с внесением десоленизатора «биосольвент» и промывкой почвы. Было доказано, что благодаря глубокому рыхлению увеличилась аэрация почвы, увеличилась водопроницаемость, повысилась эффективность промывки, произошло снижение сезонного засоления почвы [126].

Изучение влияния глубокого рыхления на повышение продуктивности и плодородия орошаемого чернозема обыкновенного проводилось в 2020 г. на тер-

ритории Багаевского района Ростовской области. В результате исследования было установлено, что проведение глубокого рыхления снизило плотность сложения почвы в слое 0–60 см на 7 % по сравнению со вспашкой, отмечалось увеличение общей пористости и аэрации, увеличилось накопление влагозапасов в почве [102].

О. К. Бигараев в своих исследованиях на территории Южно-Казахстанской области изучал влияние применения глубокого рыхления почвы с внесением минеральных удобрений и промывкой почвы на свойства почвы. В результате исследований было установлено, что произошло улучшение водно-физических свойства почвы, за счет разрушения плужной подошвы и создания благоприятных условий в корнеобитаемом горизонте почвы [19].

1.3 Обоснование необходимости комплексной мелиорации почв рисовых оросительных систем

Засоленные и солонцеватые почвы широко распространены в южных регионах России (в пределах полупустынной, сухостепной, степной зон) – занимают около 20 % территории [47, 112]. Особенно они усиливаются на рисовых оросительных системах, где наблюдается большое их распространение. На них обнаруживается неблагоприятное влияние длительного поверхностного затопления на почвообразовательные процессы и заметное снижение продуктивности сельскохозяйственных угодий. Наличие в обменном комплексе на рисовых системах большого количества натрия обуславливает высокую щелочность почвенного раствора, вредную для растений, и отрицательные физические свойства – большую плотность и набухание при увлажнении, снижающие фильтрационную способность почвы и препятствующие промывке ее от солей. В таких почвах резко ухудшаются водно-физические, физико-химические и агрохимические свойства почв, что сказывается на состоянии растений и их урожайности. Для территории нашей страны эта проблема особенно актуальна исходя из доктрины продоволь-

ственной безопасности при постоянных санкциях со стороны недружественных стран [11, 18, 21, 70, 79, 104, 108].

Е. В. Радевич, А. И. Баранов в своих исследованиях изучение влияния применения в качестве химического мелиоранта фосфогипса в различных дозах на физические и физико-химические свойства орошаемых темно-каштановых почв рисовых оросительных систем при постоянном затоплении. В результате опыта было выявлено, что при внесении различных доз фосфогипса произошло снижение плотности почвы на 6,0 %, почва приобрела мелкокомковатую гомогенную структуру, содержание гумуса увеличилось на 7,0 %, отмечалось изменение pH в сторону нейтрализации среды [119].

Снижение урожайности от засоления почв по усредненным показателям для большинства сельскохозяйственных культур может составлять: при слабом засолении до 25 %, при среднем – до 50 %, при сильном – до 75 %, а при очень сильном возможна гибель всех выращиваемых культур [23, 78]. Неблагоприятные физические, физико-химические и биологические свойства почвы, водный и воздушный режимы, а также низкое плодородие солонцеватых почв обусловлены большим содержанием в них поглощенных натрия и магния. Влажные эти почвы трудноводопроницаемые, вязкие, липкие, а в сухом состоянии – плотной твердой массы, плохо обрабатываемые. Также солонцовый горизонт препятствует проникновению корневой системы. В исследованиях Н. М. Кремзина, И. Е. Белоусова было проведено изучение влияния комплекса мелиоративных мероприятий на повышение плодородия солонцовых почв в условиях рисовых систем Краснодарского края. В результате было установлено, что периодическая (через 3–4 г.) химическая мелиорация в сочетании с внесением органических удобрений, глубокой обработкой почвы способствует повышению плодородия солонцовых почв [86].

Н. Н. Малышева, И. Е. Ольшевский в своих исследованиях также изучали влияние комплекса мелиоративных мероприятий на повышение плодородия засоленных почв в условиях рисовых систем Краснодарского края и урожайность риса. Было доказано, что внесение фосфогипса и органических удобрений, а также

глубокая обработка почвы положительно влияли на снижение доли обменного натрия в ППК почвы и увеличении урожайности риса почти на 14 ц/га [94].

Многолетнее неправильное земледелие и чрезмерный выпас скота стали основными антропогенными факторами, повлиявшими на повышение уровня засоления почвы на равнине Сонгнен. Китайские ученые изучали влияние внесения фосфогипса с различными видами навоза на фоне обработки почвы на свойства почвы и содержание в ней питательных веществ. Результаты исследований показали, что применение только обработок почвы не способствовало улучшению ее свойств, но сочетание с внесением фосфогипса улучшило физико-химические свойства почвы (произошло снижения содержания солей) [150].

И. П. Кружилин с соавторами изучали влияние агромелиоративных приемов обработки светло-каштановых тяжелосуглинистых почв при возделывании риса на фоне периодических поливов дождеванием. Результаты исследований показали, что сочетание зяблевой вспашки с весенним глубоким рыхлением способствовало снижению плотности почвы на 0,10–0,12 т/м³ и повышению урожайности риса [87].

Э. Б. Дедова, Г. Н. Кониева, Р. М. Шабанов на территории рисовых систем Сарпинской низменности Республики Калмыкия изучали влияние комплексной мелиорации на физико-химические свойства почвы и урожайность риса. Результаты исследований показали, что применение фосфогипса в сочетании с навозом при укороченном затоплении способствовало снижению засоления до 25 % и повышению урожайности риса на 30 % [49, 50, 81].

Е. П. Боровой, Э. Б. Дедова исследовали влияние мелиоративных приемов обработки почвы и способов посева на продуктивность риса. Было установлено, что наиболее высокая продуктивность риса наблюдается при мелиоративной обработке почв в вариантах «зяблевая вспашка + щелевание на глубину 40–50 см» и «зяблевая вспашка + кротование на глубину 40–50 см» при узкорядном способе посева. Щелевание и кротование способствуют эффективному улучшению агрофизических свойств почв рисовых полей [22].

А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, П. Н. Хачмамук и др. изучали влияние фосфогипса на физико-химические свойства и урожайность возделываемых в рисовом севообороте культур. Полученные результаты показали, что в результате применения фосфогипса в ППК снизились доли магния и натрия и увеличилось содержание кальция. Произошло увеличение урожайности возделываемых культур в первый год применения на 4 %, а во второй на 5 % [137].

Эти же авторы изучали влияние включения фосфогипса в систему удобрения риса. Исследования показали, что внесение фосфогипса вместо аммофоса непосредственно под рис не вызывает снижение урожайности культуры и экономически эффективно, т. к. позволяет снизить себестоимость зерна риса [136].

Химическая мелиорация на рисовых оросительных системах необходима, так как систематические поливы без внесения химических мелиорантов способствуют развитию деградационных процессов в орошаемых почвах, особенно если эти почвы осолонцованы. Ученые из многих регионов России неоднократно отмечали, что мелиоративные обработки солонцовых почв без внесения химических мелиорантов приводят к еще большему ухудшению их свойств. Вносить химические мелиоранты (гипс, фосфогипс) можно в течение всего теплого периода года. Действие гипса и фосфогипса наиболее полно проявляется при внесении их с навозом (40–60 т/га) и минеральными удобрениями. Эффективность гипсования также зависит от проведения глубокого рыхления. На мелиорированных солонцовых комплексах необходимо периодически (через 3–5 лет) проводить специальные мелиоративные обработки: глубокое плоскорезное рыхление, фрезерование, щелевание [20, 125].

Выводы по главе 1

1. Анализ современных исследований показал, что сохранение и восстановление почвенного плодородия на деградированных сельскохозяйственных угодьях невозможно без применения мелиорации. Применение гидромелиорации, агролесомелиорации, культуртехнической и химической мелиораций, агрофитомели-

орации как отдельно, так и в комплексе позволяет повысить уровень плодородия почв, подверженных засолению, окислению, заболачиванию, уплотнению, опустыниванию, разным видам эрозий. Применение различных типов мелиораций улучшает агрофизические, водно-физические и химические свойства почв, увеличивает содержание гумуса, способствует стимулированию процессов накопления органического вещества в почве, повышает продуктивность возделываемых сельскохозяйственных культур.

2. Орошаемые земли и в частности рисовые оросительные системы имеют свои особенности. Из-за нерационального применения орошения (большие потери воды на фильтрацию, превышение оросительных норм, неконтролируемая подача воды, нарушение поливного режима, полив минерализованной водой) происходит вторичное засоление и повышение щелочности почв, переувлажнение и заболачивание.

3. На основании проведенного анализа современного состояния вопроса и изучения работ зарубежных и отечественных авторов по применению различных типов мелиорации на деградированных орошаемых почвах было установлено, что при глубоком рыхлении происходит снижение плотности почвы на 0,08–0,17 т/м³, повышается водопроницаемость до 20 %, при промывке соли, находящиеся в почве, растворяются и вместе с водой стекают в нижние слои почвы, а применение фосфогипса способствовало снижению засоления почв на 15–25 % и их разуплотнению.

4. 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 мелиораций на свойства рисовых оросительных систем является актуальной и востребованной в настоящее время.

ГЛАВА 2 УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Природно-климатические условия района исследований

В России по климатическим условиям выделены две основные зоны рисосеяния: первая – Северный Кавказ, Поволжье и Нижний Дон, вторая зона – Приморье [5]. В Ростовской области рисовые оросительные системы (РОС) располагаются по берегам реки Маныч и в поймах реки Дон, их площадь на данный момент составляет около 14,5 тыс. га.

Климат района исследований формируется под влиянием циклонической деятельности воздушных масс. Зимой и летом преобладают континентальные умеренные воздушные массы. Увлажнение неустойчивое. Среднегодовая температура воздуха составляет около плюс 8,4 °С. Сумма среднесуточных температур за период активной вегетации 3600 °С[112]. Безморозный период колеблется в интервале 175–180 дней. Большая часть осадков выпадает в теплый период (255 мм). Сумма осадков за год составляет в среднем 409 мм. Территория относится к засушливой зоне с коэффициентом увлажнения 0,33–0,44. В среднегодовом разрезе преобладают ветры восточных направлений. Средняя годовая скорость ветра составляет около 5,0 м/с. При этом средние месячные значения иногда доходят до 6,0 м/с в феврале, марте и уменьшаются до 3,7 м/с в сентябре. В теплый период часто наблюдаются суховеи.

Вегетационный период 2024 года можно характеризовать как очень засушливый (ГТК = 0,45) В период вегетации выпало 150 мм осадков. Сумма температур за вегетационный период составила 3300 °С. Основное поступление влаги из атмосферы наблюдалось в июле – 106 мм. Влажность воздуха – 43 %.

Вегетационный период 2025 года можно характеризовать как очень засушливый (ГТК = 0,45) В период вегетации выпало 118 мм осадков. Сумма температур за вегетационный период составила 2600 °С. Основное поступление влаги из атмосферы наблюдалось в июне – 30 мм. Влажность воздуха – 51 %.

2.2 Схема опытов

Для определения совместного влияния химических мелиорантов и промывок на изменение содержания водорастворимых солей и состава ППК почвы с различным содержанием гипса в лаборатории ФГБНУ РосНИИПИМ 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 2.1).

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

После анализа полученных данных образцов почвы, проводился расчеты доз применяемых мелиорантов для полевого и лабораторного опытов по влиянию различных мелиорантов и их сочетаний на свойства почв рисовых чеков.

Для малонатриевых солонцов хлоридно-сульфатного засоления с повышенным содержанием обменного магния дозу гипса рассчитывают по формуле 2 [140]:

$$D_r = 0,086 \cdot [Na + (Mg - 0,03 \cdot T)] \cdot h \cdot d, \quad (2)$$

где D_{Γ} – доза гипса, т/га;

0,086 – содержание гипса, соответствующее его 1 мг-экв, г;

Na – содержание обменного натрия, мг-экв/100 г;

Mg – содержание обменного магния, мг-экв/100 г;

0,03 – допустимое содержание обменного натрия (магния) в долях Т;

Т – емкость поглощения (ЕКО), мг-экв/100 г;

h – мощность мелиорируемого слоя, м;

d – плотность сложения почвы, т/м³.

При внесении фосфогипса делается перерасчет на содержание в нем гипса по сертификату. Например, в фосфогипсе содержится 93 % гипса. Доза гипса равна 17 т/га, а доза фосфогипса составит 18 т/га – $17,0 \times 1,07$.

Расчет дозы электролита травления стали проводят с учетом коэффициента перерасчета гипса в нем (формула 3):

$$D_{\text{этс}} = D_{\Gamma} \cdot K, \quad (3)$$

где $D_{\text{этс}}$ – доза электролита травления стали, т/га;

D_{Γ} – доза гипса, т/га;

K – коэффициента перерасчета гипса.

Промывную норму воды для почв глинистого и суглинистого состава определяют по формуле В. Р. Волобуева [27, 75, 131]:

$$M_{\text{пром}} = K \cdot \lg(S_1 / S_2)^{\alpha} \quad (4)$$

где $M_{\text{пром}}$ – промывная норма, м³/га;

K – коэффициент пропорциональности (при расчете промывной нормы в м³/га он равен 10000);

S_1 – содержание солей в промывной толще, % или г/дм³;

S_2 – допустимое содержание солей в тех же единицах;

α – угловой коэффициент, отражающий характер засоления почвы и гранулометрический состав ($\alpha = 0,62-1,78$).

Для лабораторного опыта была взята почва с рисовых чеков, где проводились опыты. Для каждого опыта подбирались одинаковые сосуды, с пробитыми внизу

дырками для стекания промывочной воды. Сосуды перед применением промывались проточной, а затем дистиллированной водой. На дно сосуда в качестве дренажа можно использовалась мелкая галька, которая также промывалась проточной и дистиллированной водой, а затем высушивались. Для отделения дренажа от почвенных образцов использовали марлевые круги, диаметр которых больше диаметра сосуда.

Отобранную в слое 0–100 см почву массой 1 кг высыпали на очищенное место, тщательно перемешивали, чтобы довести до однородного состояния. Очищали от камней, пожнивных и корневых остатков и мусора. Затем воздушно-сухую почву растирали и просеивали через сито с диаметром отверстия 1 мм. Потом добавляли расчетное количество мелиорантов и тщательно перемешивали.

При набивке сосуда почву насыпали на дно в середину лежащей марли, так чтобы она не просыпалась между марлей и стенками сосуда. Нижний слой почвы на 3–4 см толщины укладывали более плотно.

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 2.2).

Таблица 2. 2 – Схема полевого опыта

Вариант опыта	ОУ 1 (содержание гипса 0,16 %)	ОУ 2 (содержание гипса 0,28 %)	ОУ 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

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

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, а также изучалось влияние химических мелиорантов на фоне глубокого рыхления и промывки на урожайность риса сорта «Боярин».

Технологии возделывания сои и риса осуществлялись согласно зональным системам земледелия [77]. Высевали сорт сои СК Оптима 17 мая 2024 года расчетной нормой посева семян 500 тыс. шт./га широкорядным способом с шириной междурядий 70 см. Полив проводился дождевальными машинами ДДА-100ВХ в агрегате с трактором ДТ-75.

Сорт сои СК Оптима выведен ООО Компания «СОКО». Сорт раннеспелый, средняя урожайность 27,9 ц/га. Содержание белка 42 %, масла 22 %. Районирован в Северо-Кавказском и Дальневосточном регионах.

Высевали сорт риса Боярин 12 мая 2025 года расчетной нормой посева семян 9 млн. шт./га рядовым способом с шириной междурядий 15 см. В качестве режима орошения использовалось прерывистое затопление.

Сорт риса Боярин выведен АНЦ «Донской». Сорт среднеранний, средняя урожайность 59,2 ц/га. Районирован в Северо-Кавказском и Нижневолжском регионах.

Для математической обработки полученных результатов использовались общепринятые методики с использованием компьютерных программ MS Office Excel, Statistica 10.0 от StatSoft. [55, 56, 82, 114].

2.3. Методы и методики определения почвенных показателей

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 [36].

Так водно-физические свойства, а именно плотность сложения почвы и водопроницаемость определялись по методам Качинского, структурно-агрегатный состав по Саввинову, показатели порозности расчетным методом. Физико-химические свойства определялись по общепринятым методикам и по ГОСТ 26423-85, 26428-85, 27821-88. Агрохимические свойства (содержание гумуса, азота нитратного, обменного фосфора и подвижного калия) изучались согласно общепринятым методикам, ГОСТ-26213-91, 26951–86, 26481–85 и по методу Тюрина.

Химический анализ образцов почв выполнен в аккредитованной эколого-аналитической лаборатории ФГБНУ «РосНИИПМ».

Во всех отобранных образцах определен гранулометрический состав почв [24], состав водной вытяжки [37–42], состав обменных оснований: Са и Mg [43], Na [34].

Определение гранулометрического состава необходимо для выявления фракций, присутствие которых способствует развитию явлений набухания, усадки, низкой водопроницаемости, липкости, трещиноватости, плотного сложения.

По составу водорастворимых солей устанавливались химизм (тип) и степень засоления почв, глубина залегания солевого горизонта, наличие щелочности.

По составу почвенного поглощающего комплекса (ППК) определялась степень солонцеватости почв, глубина залегания солонцового горизонта, насыщенность почв кальцием [140].

При оценке почв использовались «Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель при их использовании» [140],

«Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий» [2].

Обработка и анализ материалов наблюдений. Обработку результатов проведенных наблюдений для контроля за почвенным плодородием целесообразно осуществлять с использованием эмпирико-статических методов, являющихся наиболее доступным математическим приемом обработки информации. Статистический анализ данных необходим для проверки степени достоверности результатов и правильного их обобщения. Особенно важна роль статистических методов как средства, помогающего верно принять решение в условиях неопределенности [140].

В рамках предлагаемой процедуры можно выделить три основных этапа. Сущность первого этапа заключается в исследовании почвообразовательных процессов в зональных почвах на основе параметрического анализа системы «почва – грунтовые воды». Данный цикл позволяет проследить динамику и изучить наиболее важные закономерности взаимосвязи водно-воздушного и солевого режимов почв, параметров гумусного состояния и пищевого режима почв.

На основе исследования параметрических связей оценивается характер очевидных качественных изменений в почвах в условиях антропогенного воздействия (предварительный контроль). Логическим завершением этого этапа является формирование гипотез (выводов) о наличии качественной неоднородности мелиоративного состояния и плодородия орошаемых почв (в пределах одного почвенного генетического типа, подтипа) [140].

Основной целью следующего этапа исследований является формирование вывода о возможности использования параметров урожайности ведущих сельскохозяйственных культур в качестве важного диагностического признака при контроле качественного состояния почв. Основой для этого должен служить факт наличия достоверной статистической связи между урожайностью культур и параметрами мелиоративного состояния и плодородия почвенного покрова. Исследование структуры взаимосвязи параметров системы почва – грунтовые воды –

урожай осуществляется на основе многофакторного регрессивного анализа. Анализируются зависимости:

$$Y = F(x_1, x_2, \dots, x_i), \quad (5)$$

где Y – урожайность ведущих сельскохозяйственных культур;

$x_1, x_2, \dots, x_i$ – параметры мелиоративного состояния и плодородия почв.

Наличие достоверной статистической связи $Y = F(x_1, x_2, \dots, x_i)$ дает возможность приступить к завершающему этапу исследований. Он заключается в объективизации выдвинутых ранее гипотез о качественной неоднородности состояния орошаемых почв.

Для этой цели необходимо доказать, что выборка по урожайности, соответствующая одному из предлагаемых уровней качественного состояния почв, существенно отличается от любой другой аналогичной выборки. В практике орошаемого земледелия допускаются ситуации, когда параметр урожайности может выступать в качестве основного контрольного признака качественного состояния почв. Таким образом, предлагаемый метод исследований почвенного плодородия позволяет увязать вопросы сохранности потенциала почвенного плодородия с продуктивностью орошаемых почв [140].

Влияние агромелиоративных мероприятий на свойства почв.

Перед закладкой полевого опыта необходимо провести обследование почвы участка для определения водно-физических, физико-химических, агрохимических свойств почвы. Для этого проводят отбор почвенных образцов согласно ГОСТ Р 58595-2019, по результатам анализа которых дают заключение о почвенно-мелиоративном состоянии почв исследуемого участка.

Число почвенных образцов, взятых с делянки опыта, должно быть достаточным, чтобы охватить всю внутриделяночную вариабельность. Особенно это необходимо учитывать при отборе проб почвы на определение влажности, плотности сложения почвы, содержания подвижных форм азота, фосфора, калия, мезо- и микроэлементов для развития сои, а именно серы, бора, молибдена, цинка, кобальта. Установлено экспериментально, что, например, с луговых черноземовидных почв в опытах с соей с разных мест делянки площадью 100–200 м² необходи-

мо отбирать 15–20 точечных проб, площадью менее 100 м² – 10–12, более 200 м² или вариантов 2–3, количество проб увеличивается до 25–30.

Из точечных образцов формируют объединенную пробу не менее 400 г. Пробу помещают в полотняный мешочек с этикеткой, в которой указаны название опыта, место отбора и дата отбора образца. В таком виде отобранные почвенные образцы сдаются в аналитическую лабораторию для проведения анализа.

Водно-физические свойства почвы, ее гранулометрический состав относятся к значимым факторам, от которых зависит плодородие почвы. Показателями водно-физических свойств являются гранулометрический и агрегатный составы, общая порозность (пористость), плотность сложения почвы, ее влагоемкость и водопроницаемость, влажность устойчивого завядания растений, диапазон активной влаги.

Изучение некоторых показателей в длительных опытах возможно проводить не ежегодно, ввиду их незначительной изменчивости. К ним относятся гранулометрический состав, плотность твердой фазы почвы, наименьшая полевая влагоемкость и др. Следует отметить необходимость их изучения в определенном поле севооборота на одной и той же культуре во избежание воздействия особенностей агротехники другой культуры.

Другие свойства (влажность, запасы продуктивной влаги, водопропрочность структуры агрегатов) почвы могут изменяться, поэтому их следует наблюдать систематически в критические фазы развития растений.

Гранулометрический и микроагрегатный составы почв. Определение гранулометрического или микроагрегатного состава проводится по всему профильному составу. Оно позволяет уточнить название почвы по гранулометрическому составу. Анализ проводят в соответствии с ГОСТ 12536-2014 (ситовой и пипеточный методы).

Используя полученные данные, рассчитывается фактор дисперсности K по методу Н. А. Качинского, который характеризует степень разрушения микроагрегатов в воде и выражается процентным отношением ила (частиц менее 0,001 мм) микроагрегатного к илу гранулометрическому [24]:

$$K = \frac{a}{b} \cdot 100, \quad (6)$$

где a – содержание ила при микроагрегатном анализе, %;

b – содержание ила при гранулометрическом анализе, %.

Чем выше фактор дисперсности, тем менее прочна микроструктура почвы. Для обыкновенного глинистого чернозема фактор дисперсности не превышает 10 %, а для столбчатого горизонта солонца может быть равен 80 % [24].

Используя данные содержания ила при микроагрегатном и гранулометрическом анализах, рассчитывают фактор структурности, %, характеризующий водостойчивость агрегатов:

$$K_c = \frac{b - a}{b} \cdot 100, \quad (7)$$

где K_c – фактор структурности;

a – см. формулу;

b – см. формулу.

Одним из методов определения плотности сложения почвы является использование прибора Качинского. Отбор проб проводится в съемные металлические цилиндры по слоям 0–20, 20–40, 40–60, 60–80, 80–100 см. Одновременно их можно использовать для определения влажности почвы.

Отобранные образцы в этот же день сдаются в лабораторию, где необходимо сразу начинать определение полевой влажности термостатно-весовым методом. Сущность метода заключается в определении потери влаги при высушивании почвы.

Плотность сложения почвы рассчитывается по формуле [24]:

$$d_v = \frac{P}{V}, \quad (8)$$

где d_v – плотность сложения почвы, т/м³;

P – масса абсолютно сухой почвы, г;

V – объем кольца (цилиндра), см³.

Оценить полученный результат можно по данным таблицы 2.3.

Плотность твердой фазы почвы – масса сухого вещества в единице объема при сплошном заполнении этого объема. Этот показатель составляет 2,65–2,75 г/см³ для минеральных горизонтов почвы и 2,4–2,6 г/см³ – для гумусовых горизонтов, что несколько выше плотности сложения почвы. Он используется при расчетах пористости и при определении гранулометрического состава почвы.

Таблица 2.3 – Оценка плотности сложения почвы [140]

Показатель	Предел величины	Оценка показателя
Плотность сложения почв, т/м ³	менее 1	Почва вспушена или богата органическим веществом
	1,0–1,1	Типичные значения для культурной свежевспаханной почвы
	1,2–1,3	Пашня уплотнена
	1,3–1,4	Пашня сильно уплотнена
	1,4–1,6	Типичные значения для подпахотных горизонтов различных почв
	1,6–1,8	Сильно уплотненные иллювиальные горизонты почвы

Плотность твердой фазы почвы d , г/см³ вычисляют по формуле:

$$d = \frac{p_1 \cdot 100}{(100 + W_r) \cdot V} = \frac{p}{V}, \quad (9)$$

где p_1 – масса воздушно-сухой почвы в пикнометре, г;

W_r – влажность образца почвы, %;

V – объем почвы в пикнометре, см³;

p – масса абсолютно сухой почвы, г.

Используя данные предыдущих показателей можно рассчитать общую порозность (скважность) по формуле:

$$P_{общ} = \left(1 - \frac{d_v}{d}\right) \cdot 100, \quad (10)$$

где $P_{общ}$ – порозность общая, %;

d_v – плотность сложения почвы, т/м³;

d – плотность твердой фазы почвы, т/м³ [70].

На исследуемых участках необходимо проводить отбор образцов на влажность ежедекадно (для установления поливной нормы) или по основным фазам развития культуры по слоям 0–10, 10–20, 20–30, 30–40, 40–60, 60–80, 80–100 см и далее 100–130, 130–160, 160–200 см до грунтовой воды или два раза в год (перед

посевом и после уборки). Существуют современные средства определения этого показателя (по электропроводности, тензиометрическими, нейтронными и другими методами). На проводимых опытах применялся стандартный термостатно-весовой метод (сушка образца почвы в сушильном шкафу при 105 °С до постоянной массы) [24].

Учитывая, что одним из основных показателей плодородия является засоленность почв, необходимо проведение анализа водной вытяжки на определение содержания и состава водорастворимых солей, что позволит установить степень засоления и глубину залегания солевого горизонта. Для этого применяют стандарты, которые устанавливают методы определения показателей водной вытяжки при проведении почвенно-мелиоративного обследования – ГОСТы 26423-85–26426-85, ГОСТ 26428-85 и др [140].

Если содержание водорастворимых солей (в среднем для слоя 0–100 см) составляет до 0,25 %, то обеспечивается хороший рост и развитие растений (выпадов нет, урожайность нормальная). При слабом засолении (содержание солей 0,25–0,45 %) может наблюдаться слабое угнетение (выпада растений нет, снижение урожая на 10–20 %), среднее угнетение (выпады растений) – при содержании солей 0,40–0,70 %, что соответствует среднему засолению. Сильное засоление (содержание солей в пределах 0,70–1,20 %) способствует сильному угнетению растений и при содержании солей более 1,2 % – урожай практически отсутствует.

Результаты анализа водной вытяжки по горизонтам или слоям почвенного профиля позволяют установить глубину залегания верхнего солевого горизонта, что имеет существенное значение при разработке мероприятий по регулированию плодородия опытного участка. Классификация по этому показателю представлена в таблице 2.4 [140].

Таблица 2.4 – Разделение почв по глубине залегания верхнего солевого горизонта (его верхней границы) на орошаемых почвах

Почва	Глубина залегания верхнего солевого горизонта, см
Солончаковая	0–50
Солончаковатая	50–100
Глубокозасоленная	100–200

Для оценки уровня засоленности почв следует пользоваться классификацией по содержанию солей в зависимости от химизма засоления или использовать оценку степени засоления почв по сумме токсичных солей или отдельных ионов.

Одним из неблагоприятных свойств почвы является их щелочность. В такой среде повышается подвижность гумуса, происходит диспергация структурных агрегатов, ухудшается пищевой режим почв. При достижении рН 8 единиц и более нарушаются благоприятные условия для развития сельскохозяйственных культур. Показателями щелочности являются содержащиеся в водной вытяжке: CO_3^{2-} , Na^+ , Mg^{2+} , рН и обменный натрий в почвенном поглощающем комплексе.

Контролировать щелочность можно, придерживаясь критерия, предложенного Б. А. Зимовцом, по классификации которого можно оценить почвы по щелочности (таблица 2.5) [140].

Таблица 2.5 – Классификация почв по щелочности (по Б. А. Зимовцу) [139]

Степень щелочности	Токсичная щелочность ($\text{HCO}_3^- - \text{Ca}$) + $\text{Na} + \text{Mg}$) ммоль-экв/100 г	рН водной суспензии (1:2,5)	Обменный натрий, % от емкости обмена	Биологический урожай пшеницы, ц/га	Относительное плодородие, %
Нещелочные	менее 0,7	7,5	5,0	30	100
Слабощелочные	1,0	8,0	10	25	85
Среднешелочные	1,6	8,5	15	20	65
Сильнощелочные	2,0	9,0	20	15	50
Очень сильнощелочные	более 2,0	более 9,0	20	10	30

Степень солонцеватости можно уточнить по содержанию натрия Na и магния Mg (%) в почвенном поглощающем комплексе (ППК), определяемых согласно ГОСТ 26487-85. При содержании в ППК обменного $\text{Na} \geq 7-10\%$, обменных $\text{Na} + \text{Mg} \geq 30\%$ может наблюдаться ухудшение водно-физических и химических свойств почв (увеличивается плотность сложения почв, уменьшается общая порозность), обеднение гумусом верхних почвенных горизонтов.

Образцы почв на определение Na, Mg и Ca в ППК отбираются одновременно с образцами на водорастворимые соли. Для контроля почвенного плодородия участка достаточно определить состав ППК по слоям через 20 см до 1 м. С целью

выявления причин осолонцевания целесообразнее увязать этот показатель с минерализацией и составом солей в грунтовых водах, при этом отбор образцов проводится до глубины залегания грунтовых вод [140].

Оценка почв по этим показателям осуществляется по классификации, представленной в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Классификация почв по степени солонцеватости [140]

Степень солонцеватости	Обменный Na, % от емкости обмена	
	Высокогумусные (черноземы, лугово-черноземные, черноземы луговые)	Малогумусные (каштановые, южные черноземы и т. д.)
Несолонцеватые	менее 5	менее 3
Слабосолонцеватые	5–10	3–5
Среднесолонцеватые	10–15	5–10
Сильносолонцеватые	15–20	10–15

Примечание – По глубине залегания осолонцованного горизонта, см: менее 30 см – солонцеватые; более 30 см – глубокосолонцеватые.

Выводы по главе 2

Для проведения данной научно-исследовательской работы были подобраны общепринятые методики и ГОСТы по определению показателей свойств почвы. Были разработаны схемы лабораторного и полевого опытов, приведены условия проведения этих опытов.

ГЛАВА 3 ОЦЕНКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ РИСОВЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НИЖНЕГО ДОНА

В качестве объектов представителей были выбраны участки в ООО «Манч-Агро» Багаевского района, в ООО «Белозерное» Сальского района и в ООО «Буденовский» Пролетарского района, где расположены основные площади возделывания риса (рисунки 3.1–3.3) [115].



Рисунок 3.1 – Карта – схема ООО Белозерное Сальского района



Рисунок 3.2 – Карта – схема ООО Буденовский Пролетарского района



Рисунок 3.3 – Карта – схема ООО Маныч Агро Багаевского района

3.1 Почвенно-мелиоративное состояние полей ООО «Маныч-Агро»

Обследование ООО «Маныч-Агро», расположенного на Нижне-Манычской рисовой оросительной системе в Багаевском районе, было проведено в 2020 г. Климат Багаевского района умеренный по влагообеспеченности засушливый с коэффициентом увлажнения равным 0,44, среднегодовые осадки составляют 420 мм при испарении 954 мм. Сумма активных температур (более 10 °С) находится в пределах 3250 °С. Относительная влажность воздуха – в среднем 72 %. Среднегодовая скорость ветра в весенне-летний период от 3,2 до 2,4 м/с. Преобладают ветры восточных направлений. Продолжительность вегетационного периода 190–200 дней. Период активной вегетации с температурой 10 °С и выше равен 150–160 дней.

Характеристика оросительной воды, используемой для орошения рисовых полей в ООО «Маныч-Агро», представлена в таблице 3.1. По минерализации, по опасности хлоридного засоления и магниевой 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 [115].

Таблица 3.1 – Оценка качества воды для орошения рисовых полей

ООО «Маньч-Агро»

Дата отбора	Минерализация воды, г/дм ³	Класс воды	Оценка воды по степени опасности развития процессов							
			хлоридного засоления		натриевого осолонцевания		магниевого осолонцевания		содообразования	
			Cl ⁻ , г/дм ³	класс	Ca ²⁺ Na ⁺ , г/дм ³	класс	Mg ²⁺ Ca ²⁺ , г/дм ³	класс	(CO ₃ ²⁻ +HCO ₃ ⁻) (Ca ²⁺ +Mg ²⁺), г/дм ³	класс
Май	0,771	II	1,6	I	0,68	III	0,46	II	1,48	I
Август	0,664	II	2,4	II	0,43	IV	0,48	II	0,22	I

Рисовая система в ООО «Маньч-Агро» располагается на лугово-черноземных почвах, находящихся не только под влиянием поверхностных вод при затоплении чеков, но и грунтовых, располагающихся в этот период на глубине 0,6–0,8 м [52]. В таблице 3.2 показано изменение физико-химических свойств почв в рисовых севооборотах в сравнении с неорошаемыми участками.

Верхний слой 0–40 см незасолен и на рисовых чеках, и на неорошаемых участках. Со слоя 40–60 см и глубже в рисовых чеках хлоридно-сульфатное засоление переформируется в сульфатное, с образованием гипсоносных слоев. Почвы этих слоев характеризуются слабой и средней засоленностью. На неорошаемых почвах сохранился хлоридно-сульфатный химизм при отсутствии засоления. ППК почв рисовых чеков значительно перестроился под воздействием больших водных нагрузок, по сравнению с неорошаемыми.

В первую очередь произошло выщелачивание обменного кальция (Ca) по всему метровому слою. Его количество в слое 0–40 см уменьшилось на 13 %, а в слое 0–100 см – на 6 % по сравнению с неорошаемыми. На 30 % увеличилось содержания обменного магния (Mg) в слое 0–40 см. Содержание магния более 20 % в ППК свидетельствует о наличии магниевой солонцеватости. В этом случае магний оказывает отрицательное влияние на почвы, как и натрий (Na). Магний аналогичен действию кальция, когда соотношение Ca: Mg = 5:1. В почвах рисовых чеков это соотношение уже с поверхности равняется 2:1, а на неорошаемых – 4:1.

Таблица 3.2 – Физико-химические свойства почв в рисовых севооборотах ООО «Маньч-Агро»

Участок	Слой, см	Cl:SO ₄	Химизм засоления	Σ со-лей, %	Степень засоления	Щелочность (HCO ₃ +Ca +Na+Mg) ммоль/100 г	Степень щелочности	% от Σ ППК			Степень солонцевато-сти по Na ⁺	Примечание
								Ca	Mg	Na		
Рисовые чеки	0–20	0,93	Cl-SO ₄	0,191	незасоленные	Ca> HCO ₃	нещелочные	66	32	2	несолонцеватые	Присутствует магневая солонцеватость по всему метро-вому слою
	20–40	0,40	Cl-SO ₄	0,158		Ca> HCO ₃	нещелочные	67	30	3	слабосолонцеватые	
	40–60	0,10	SO ₄	0,647	слабо	Ca> HCO ₃	нещелочные	68	28	4		
	60–80	0,03	SO ₄	1,351	средне	Ca> HCO ₃	нещелочные	69	28	3		
	80–100	0,05	SO ₄	1,182	средне	Ca> HCO ₃	нещелочные	69	28	3		
	0–40	0,65	Cl-SO ₄	0,175	незасоленные	Ca> HCO ₃	нещелочные	67	31	2	несолонцеватые	
	0–100	0,30	Cl-SO ₄	0,105	слабо	Ca> HCO ₃	нещелочные	68	29	3	слабосолонцеватые	
Неорошаемые участки	0–20	0,4	Cl-SO ₄	0,129	незасоленные	Ca> HCO ₃	нещелочные	79	20	1	несолонцеватые	Присутствует магневая солонцеватость по всему метро-вому слою
	20–40	0,3	Cl-SO ₄	0,130		Ca> HCO ₃	нещелочные	75	24	1		
	40–60	0,8	Cl-SO ₄	0,124		Ca> HCO ₃	нещелочные	71	28	1		
	60–80	0,7	Cl-SO ₄	0,114		Ca> HCO ₃	нещелочные	69	30	1		
	80–100	0,6	Cl-SO ₄	0,185		Ca> HCO ₃	нещелочные	68	31	1		
	0–40	0,35	Cl-SO ₄	0,130		Ca> HCO ₃	нещелочные	77	22	1		
	0–100	0,56	Cl-SO ₄	0,136		Ca> HCO ₃	нещелочные	72	27	1		

Возможно, магниевая солонцеватость обусловлена генетическими признаками этих почв, так как на неорошаемых почвах повышенное содержание магния (более 28 %) обнаруживается с глубины 40 см. По содержанию обменного натрия на неорошаемых массивах солонцеватость отсутствует, а на рисовых чеках с глубины 20 см она слабая. Магниевая солонцеватость совместно со слабой натриевой солонцеватостью способствует физической деградации почвы (таблица 3.3).

Почвы и на рисовых чеках, и на неорошаемых участках имеют среднесуглинистый состав, а с глубины подстилаются супесью. Коэффициент дисперсности, характеризующий микроструктуренность почв, свидетельствует о неудовлетворительном ее состоянии в почвах рисовых чеков и хорошем на неорошаемых участках. Потеря микроструктуренности приводит к уплотнению почв. В почвах рисовых чеков слой 0–60 см характеризуется сильной уплотненностью, а на неорошаемых почвах – уплотненностью. Водопрочность агрегатов почв рисовых чеков в слое 0–20 см отсутствует, а на больших глубинах – неудовлетворительная. Неорошаемые почвы имеют удовлетворительную водопрочность в слое 0–40 см и недостаточно удовлетворительную – в слое 40–60 см.

В почвах рисовых чеков преобладают анаэробные процессы, способствующие дегумификации – снижению общего содержания гумуса и изменению его состава в сторону фульватизации (таблица 3.4).

Содержание гумуса, согласно классификации, в обеих исследуемых почвах низкое, но в неорошаемых почвах его содержание на 40 % выше, чем на почвах рисовых чеков.

Таблица 3.3 – Физические свойства почв в ООО «Маньч-Агро»

Уча- сток	Слой, см	Гранулометрический состав		Коэффициент дисперсности		Плотность сложения		Порозность		Водопрочность агрегатов	
		Физическая глина, %	Оценка	K _d	Оценка	т/м ³	Оценка	%	Оценка	%	Оценка
Рисовые чеки	0–20	39	C _{ср}	32	удовлетворительная	1,34	сильноуплотненная	48	неудовлетворительная	9	отсутствует
	20–40	35	C _{ср}	28	удовлетворительная	1,38		47	неудовлетворительная	13	неуд.
	40–60	37	C _{ср}	25	удовлетворительная	1,40		46	неудовлетворительная	19	
	60–80	40	C _{ср}	34	удовлетворительная	не определялась		не определялась		не определялась	
	80–100	17	C	42	неудовлетворительная						
	0–60	37	C _{ср}	30	удовлетворительная	1,37	сильноуплотненная	48	неудовлетворительная	14	неуд.
	0–100	34	C _{ср}	32	удовлетворительная	не определялась		не определялась		не определялась	
Неорошаемые	0–20	42	C _{ср}	19	хорошая	1,26	уплотненная	52	удовлетворительная	32	удовлетвор.
	20–40	37	C _{ср}	18	хорошая	1,28	уплотненная	51	удовлетворительная	34	
	40–60	35	C _{ср}	20	хорошая	1,35	сильноуплотненная	48	неудовлетворительная	28	не дост. удовлетвор.
	60–80	34	C _{ср}	27	удовлетворительная	не определялась		не определялась		не определялась	
	80–100	19	C	44	неудовлетворительная						
	0–60	38	C _{ср}	19	хорошая	1,29	уплотненная	51	удовлетворительная	33	удовлетвор.
	0–100	33	C _{ср}	26	удовлетворительная	не определялась		не определялась		не определялась	

Примечание – C_{ср} – суглинок средний, C – супесь.

Таблица 3.4 – Общее содержание гумуса в почвах ООО «Маньч-Агро»

Слой, см	Рисовые чеки				Неорошаемые участки			
	Гумус		Тип гумуса		Гумус		Тип гумуса	
	%	оценка	C _{гк} /C _{фк}	оценка	%	оценка	C _{гк} /C _{фк}	оценка
0–20	2,34	низкое	0,62	Г-Ф [×]	3,35	низкое	0,93	Г-Ф
20–40	1,79	очень низкое	0,47	Ф ^{xx}	2,57	очень низкое	0,87	Г-Ф
40–60	0,99		0,29	Ф	1,47		0,63	Г-Ф
60–80	0,68		0,25	Ф	0,98		0,30	Ф
80–100	0,59		0,24	Ф	0,63		0,28	Ф
0–40	2,08	низкое	0,55	Г-Ф	2,96	низкое	0,90	Г-Ф

Примечание: Г-Ф[×] – гуматно-фульватный, Ф^{xx} – фульватный

Для разработки агромелиоративных мероприятий с целью устранения негативных почвенных процессов важно установить изменчивость физико-химических почв в пространстве. Расчет этих показателей представлен в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Изменчивость физико-химических свойств почв рисовых полей ООО «Маньч-Агро» в слое 0–40 см

Показатель	$X_{\text{ср}}$	M_{max}	M_{min}	S	V	Изменчивость
Сумма солей, %	0,175	0,338	0,132	0,90	53	значительная
Обменный кальций, % от суммы ППК	67	70	62	7,26	10	незначительная
Обменный магний, % от суммы ППК	31	39	22	7,36	24	значительная
Обменный натрий, % от суммы ППК	2	3	1	0,80	40	значительная
Гумус, %	2,08	2,37	1,62	0,32	18	средняя

Примечание – $X_{\text{ср}}$ – средняя арифметическая; M_{max} – максимальное содержание; M_{min} – минимальное содержание; S – стандартное отклонение; V – коэффициент вариации.

Изменчивость принято считать незначительной, если коэффициент вариации (V) не превышает 10 %, средней – выше 10 %, но менее 20 %, и значительной, если V более 20 %.

Из данных таблицы 3.5 видно, что значительная изменчивость на рисовых полях наблюдается по засолению почв ($V = 53$ %) и осолонцеванию почв ($V = 24–40$ %), а незначительная – по обмену кальцием ($V = 10$ %). Гумус имеет среднюю изменчивость ($V = 18$ %) на рисовых полях.

Экологическое состояние почв рисовых полей определялось по следующим критериям: экологическое бедствие, чрезвычайная экологическая ситуация и удовлетворительная ситуация (таблица 3.6).

Наиболее неблагоприятная 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 обмену натрием.

Таким образом, для почв рисовой системы ООО «Маньч-Агро» характерно в пахотном слое в основном слабое засоление, с глубиной обнаруживаются гипсоносные слои.

Таблица 3.6 – Оценка экологического состояния почв рисовых полей

ООО «Маньч-Агро»

Показатель	Значение	Оценка
Превышение УГВ, % от критического	> 50	экологическое бедствие
Увеличение плотности сложения почв по отношению к равновесной, %	6	удовлетворительная ситуация
Потери гумуса (в относительных единицах), %	30	экологическое бедствие
Увеличение содержания легкорастворимых солей, %	0,175	удовлетворительная ситуация
Увеличение доли обменного натрия, % от Σ ППК	до 2	удовлетворительная ситуация
Увеличение доли обменного магния, % от Σ ППК	до 31	экологическое бедствие
Уменьшение доли обменного кальция, % от Σ ППК	до 67	чрезвычайная ситуация

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.

3.2 Почвенно-мелиоративное состояние почв в ООО «Белозерное»

Исследование участка расположенного в п. Белозерный Сальского района Ростовской области проводилось в 2021 г. Данный район относится к полужасушливой зоне ($K_y=0,38$). Годовое количество осадков в среднем составляет 459 мм при испаряемости 956 мм, а сумма активных температур – 3350 °С. Почвы в основном представлены черноземами южными олуговелыми. Почвообразующие породы этих почв представлены лессовидными суглинками, содержащими карбонаты, гипс в виде лучнистокристаллических жилок, скоплений и друз, а также легкорастворимые соли. Источником орошения служит Веселовское водохранилище, качество воды и минерализация которого представлены в таблице 3.7. Вода по минерализации относится к IV классу (в среднем за летний период 2 г/дм³). По степени опасности развития натриевого осолонцевания принадлежит к III классу, а магниевого – ко II классу.

Таблица 3.7 – Оценка качества воды для орошения рисовых полей

ООО «Белозерное»

Дата отбора	Минерализация воды, г/дм ³	Класс воды	Оценка воды по степени опасности развития процессов							
			хлоридного засоления		натриевого осолонцевания		магниевого осолонцевания		содообразования	
			Cl ⁻ , г/дм ³	класс	Ca ²⁺ Na ⁺ , г/дм ³	класс	Mg ²⁺ Ca ²⁺ , г/дм ³	класс	(CO ₃ ²⁻ +HCO ₃ ⁻) (Ca ²⁺ +Mg ²⁺), г/дм ³	класс
Май	2,41	IV	0,4	I	0,50	III	0,55	II	0,67	I
Июнь	1,69	IV	0,3	I	0,60	III	0,50	II	0,63	I
Август	2,17	IV	0,3	I	0,59	III	0,51	II	0,63	I

В таблице 3.8 представлены физико-химические свойства почв в рисовых чеках после длительного их использования в севооборотах в сравнении с неорошаемым участком. Согласно химизму и степени засоления южные черноземы остались незасоленными, в них отсутствует щелочность по всему метровому слою. Но увеличение общего содержания солей по всему метровому слою почти в 2 раза по сравнению с неорошаемыми участками свидетельствует о близком залегании грунтовых вод.

Это характерно для рисовых систем, на которых наблюдается промывочный эффект при возделывании риса. Однако использование вод Веселовского водохранилища способствовало развитию сильной натриевой и магниевой солонцеватости при значительном снижении кальция.

Так на неорошаемых участках содержание обменного натрия (Na) составляло 3 % – такие почвы относятся к слабосолонцеватым, а обменный кальций (Ca) в слое 0–40 см находится в пределах предельно-допустимых параметров (ПДП). С глубиной содержания кальция уменьшается с одновременным возрастанием магния (Mg).

При использовании этих почв в рисовых севооборотах произошла перестройка почвенно-поглощающего комплекса (ППК) – снизилось содержание обменного кальция с 76 до 52 % в слое 0–40 см, содержание магния увеличилось с 21 до 37 %, а количество натрия выросло в 4 раза. Аналогичные результаты получены в среднем по метровому слою.

Таблица 3.8 – Физико-химические свойства почв в рисовых севооборотах ООО «Белозерное»

Участок	Слой, см	Cl:SO ₄	Химизм засоления	Σ солей, %	Щелочность (HCO ₃ –Ca +Na+Mg) ммоль/100 г	Степень щелочности	% от Σ ППК			Степень солонцеватости по Na ⁺	Примечание	Степень засоления
							Ca	Mg	Na			
Рисовые чеки	0–20	0,40	Cl-SO ₄	0,156	0,32	нещелочные	51	37	12	сильно	Присутствует магневая солонцеватость	незасоленные
	20–40	0,48	Cl-SO ₄	0,151	0,82	слабощелочные	52	37	11	сильно		
	40–60	0,51	Cl-SO ₄	0,143	1,22	среднещелочные	52	37	11	сильно		
	60–80	0,49	Cl-SO ₄	0,144	0,68	нещелочные	53	36	11	сильно		
	80–100	0,47	Cl-SO ₄	0,146	0,30	нещелочные	54	35	11	сильно		
	0–100	0,44	Cl-SO ₄	0,148	0,67	нещелочные	53	35	12	сильно		
	0–40	0,44	Cl-SO ₄	0,154	0,57	нещелочные	52	37	11	сильно		
Неорошаемые участки	0–20	0,79	Cl-SO ₄	0,081	0,28	нещелочные	76	21	3	слабо	Содержание Mg более 25 % вызывает магневую солонцеватость	незасоленные
	20–40	0,85	Cl-SO ₄	0,085	0,36	нещелочные	75	22	3	слабо		
	40–60	0,75	Cl-SO ₄	0,080	0,42	нещелочные	74	24	2	слабо		слабо
	60–80	1,2	SO ₄ -Cl	0,095	0,41	нещелочные	70	28	2	слабо		
	80–100	1,6	SO ₄ -Cl	0,109	0,40	нещелочные	69	28	3	слабо		незасоленные
	0–100	0,82	Cl-SO ₄	0,082	0,32	нещелочные	73	26	3	слабо		
	0–40	0,82	Cl-SO ₄	0,085	0,32	нещелочные	76	21	3	слабо		

Изменения физико-химических свойств сказываются на физических показателях почв (таблица 3.9). По сравнению с неорошаемыми массивами в почвах рисовых полей произошло облегчение гранулометрического состава. Они в слое 0–40 см из категории тяжелых суглинистых (C_T) перешли в среднесуглинистые (C_{cp}). Это связано с большими водными нагрузками, способствующими перемещению глинистых частиц в слои глубже 60 см.

Микрооструктурность, характеризуемая коэффициентом дисперсности (K_d), удовлетворительная на рисовых чеках и хорошая на неорошаемых участках в слое 0–40 см южного чернозема. Потеря почвой микрооструктурности отразилось на плотности сложения почв и порозности, которые приобрели отрицательные свойства на рисовых полях.

Гумус – основной показатель почвенного плодородия. Содержание гумуса в южных черноземах в верхнем слое 0–40 см составляет от 3,2 до 3,5 % (таблица 3.10).

В рисовых почвах при длительном использовании, несмотря на введение в севооборот многолетних трав (люцерны), происходит снижение содержания гумуса. По сравнению с неорошаемыми черноземами, его потери в слое 0–40 см составляют 37 %. Поэтому, прежде чем перейти к разработке агромелиоративных мероприятий изменяющим свойствам почв, необходимо оценить их изменчивость в пространстве и экологическое состояние почв в рисовых чеках (таблица 3.11 и 3.12).

Изменчивость физико-химических свойств почв рисовых полей в ООО «Белозерное». Статистическая обработка показала значительную изменчивость почв по засолению и составу ППК (по обменным формам кальция и натрия), а по обменным формам магния и гумуса – средняя.

Таким образом, 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 потери гумуса.

Таблица 3.9 – Физические свойства почв в ООО «Белозерное»

Участок	Слой, см	Гранулометрический состав		Микрооструктуренность		Плотность сложения		Порозность	
		Физическая глина, %	Оценка	K _d	Оценка	т/м ³	Оценка	%	Оценка
Рисовые чеки	0–20	42	C _{ср}	25	удовлетворительная	1,28	уплотненная	49	неудовлетворительная
	20–40	43	C _{ср}	23	удовлетворительная	1,30	уплотненная	48	неудовлетворительная
	40–60	48	C _т	32	удовлетворительная	1,38	сильноуплотненная	50	удовлетворительная
	60–80	43	C _{ср}	35	удовлетворительная	не определялась	не определялась	не определялась	
	80–100	33	C _{ср}	34	удовлетворительная				
	0–60	42	C _{ср}	27	удовлетворительная	1,32	сильноуплотненная	49	неудовлетворительная
Неорошаемые	0–20	48	C _т	20	хорошая	1,15	слабоуплотненная	56	удовлетворительная
	20–40	47	C _т	19	хорошая	1,22	уплотненная	53	удовлетворительная
	40–60	42	C _{ср}	27	удовлетворительная	1,32	уплотненная	49	удовлетворительная
	60–80	43	C _{ср}	31	удовлетворительная	не определялась	не определялась	не определялась	
	80–100	45	C _т	32	удовлетворительная				
	0–60	46	C _т	22	удовлетворительная	1,25	уплотненная	53	удовлетворительная

Таблица 3.10 – Содержание гумуса в южных черноземах, %

Слой, см	Рисовые чеки	Неорошаемые участки	Потери, % отношение
0–20	2,45	3,57	31
20–40	1,68	2,97	43
40–60	1,54	1,77	13
60–80	1,28	1,40	9
80–100	0,94	0,97	3
0–40	2,07	3,27	37

Таблица 3.11 – Изменчивость физико-химических свойств почв рисовых полей ООО «Белозерное» в слое 0–40 см

Показатель	Х _{ср}	М _{max}	М _{min}	S	V	Изменчивость
Сумма солей, %	0,143	0,170	0,124	0,044	31	значительная
Обменный кальций, % от суммы ППК	51	57	46	15,78	30	значительная
Обменный магний, % от суммы ППК	38	42	34	6,26	17	средняя
Обменный натрий, % от суммы ППК	12	14	10	3,13	26	значительная
Гумус, %	2,07	2,42	1,62	0,32	15	средняя

Таблица 3.12 – Оценка экологического состояния полей ООО «Белозерное»

Показатели	Значения	Оценка
Превышение УГВ, % от критического	>50	экологическое бедствие
Увеличение плотности сложения почв по отношению к равновесной, %	5	удовлетворительная ситуация
Потери гумуса в относительных единицах, %	37	экологическое бедствие
Увеличение содержания легкорастворимых солей, %	0,170	удовлетворительная ситуация
Увеличение доли обменного натрия, % от $\sum$ ППК	до 11	экологическое бедствие
Увеличение доли обменного магния, % от $\sum$ ППК	до 37	экологическое бедствие
Уменьшение доли обменного кальция, % от $\sum$ ППК	до 52	Экологическое бедствие

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

3.3 Почвенно-мелиоративное состояние земель в ООО «Буденновский», расположенных в Пролетарском рисовом массиве

Обследование полей (чеки) ООО «Буденновский», представленных на рисунке 3.4 (8 чеков, выделены для обследования специалистами сельхозпредприятия), было проведено в 2022 г. Почвы данного хозяйства представлены солонцеватыми разновидностями каштановых почв и южных черноземов.

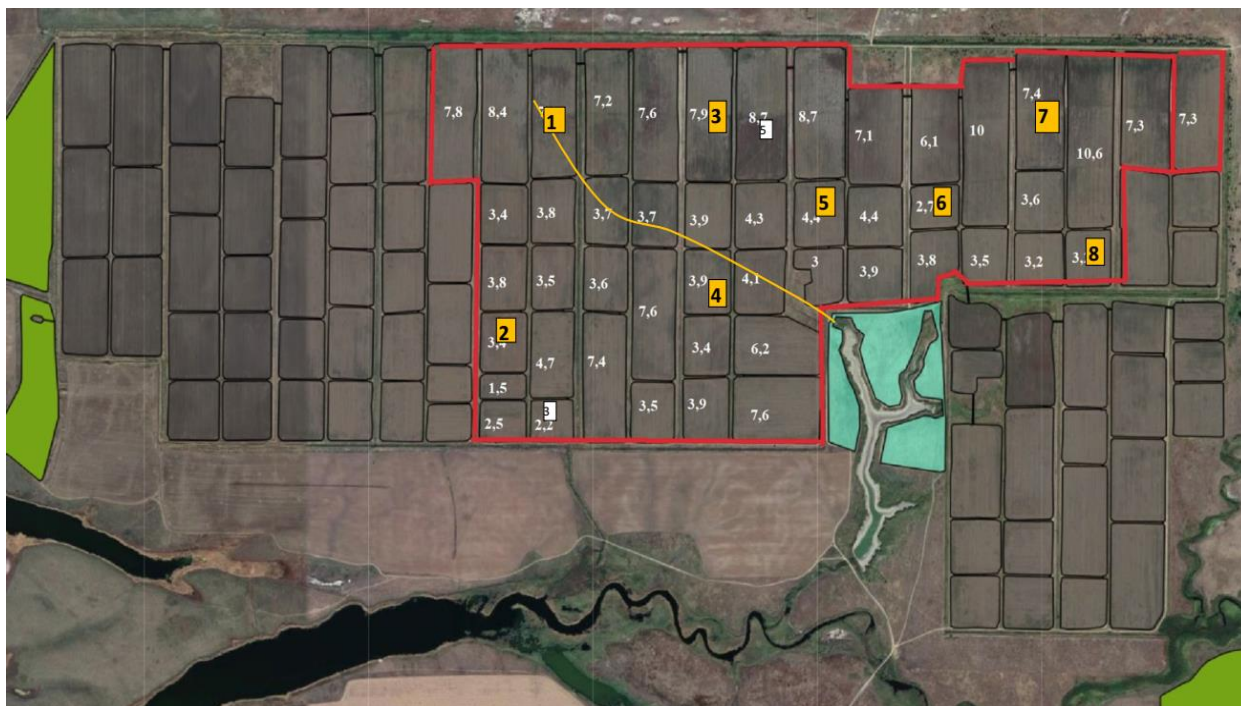


Рисунок 3.4 – План расположения скважин отбора почвенных образцов на полях ООО «Буденновский»

На каждом чеке пробурено по одной скважине. В чеках № 2, 4, 6 отбор образцов почв осуществлялся до 3-х метров по слоям 0–20, 20–40, 40–60, 60–80, 80–100, 100–130, 130–160, 160–200, 200–250, 250–300 см с целью установления расположения уровня грунтовых вод. В случае их отсутствия, по наличию капиллярной каймы с солями, определить на какую глубину они поднимаются в вегетационный период. Уровень грунтовых вод в весенний и вегетационный периоды располагается на глубине 1,25–2,0 м. Расположение скважин в этих чеках охватывают основной массив исследований.

На чеках 1, 3, 5, 7, 8 отбор почвенных образцов проведен в метровом слое – 0–20, 20–40, 40–60, 60–80, 80–100 см.

В 3-х шурфах в чеках 1, 4, 6 определялась плотность сложения почв (объемная масса) и ее оценка по Качинскому [24]. Плотность сложения определялась в 3-х кратной повторности по слоям 5–10, 15–20, 25–30, 35–40, 45–50, 55–60 см. Затем рассчитывалась по слоям 0–20, 20–40, 40–60 см и, в целом, в слое 0–60 см. По этой величине устанавливают степень уплотнения и глубину залегания уплотненных горизонтов.

Гранулометрический состав почв рисовых чеков разнообразен. Почвы чеков с номерами отбора 1, 3, 6–8 (см. схему на рисунке 1) представлены легким составом, а именно песком, связанным (Псв) – чек 7, супесями (С) и суглинком легким (Сл) (таблица 3.13).

В почве этих чеков очень мало содержится физической глины, в основном, до 30 %, а ее оптимальное содержание должно варьировать от 30 до 65 % [30]. Это свидетельствует о том, что данные почвы относятся к категории малоплодородных, так как они не способны удерживать питательные элементы и гумус. В этих почвах преобладает крупная пыль (0,1–0,01 мм), которая имеет низкую влагоемкость. Ее содержание по профилю этих почв составляет от 58 до 85 %. В них практически нет тонкой (0,005–0,001 мм) и средней (0,01–0,005 мм) пыли, но в то же время много крупной пыли.

Количество ила в этих почвах невысокое (не более 18 % и даже ниже), что также подтверждает их низкое плодородие, так как именно в нем сосредотачиваются гумусовые и органо-минеральные вещества. Кроме этого, ил в данных почвах бесструктурный, об этом свидетельствуют данные высокой плотности сложения почв, составляющие более 1,4 м³/га с глубины 15–20 см. Такой ил и наличие пыльной диспергированной пыли превращает почву в твердую сплошную массу, где нет места ни свободному доступу воздуху, ни доступной влаги. Это сплошная вязкая, липкая, набухающая при увлажнении и сильно растрескивающаяся при высыхании массы. В чеке 5 такие свойства характерны для 0–40-сантиметрового слоя, глубже преобладает глина легкая (Гл).

Таблица 3.13 – Гранулометрический состав почв рисовых чеков ООО «Буденновский»

Слой, см	Ил бесструктурный (менее 0,001 мм)	Тонкая пыль (0,001–0,005 мм)	Средняя пыль (0,005–0,01 мм)	Крупная пыль (0,01–0,05 мм)	Физическая глина (менее 0,01 мм)	Название почвы по гранулометрическому составу
1	2	3	4	5	6	7
Чек 1						
0–20	17,4	12,0	12,4	58,2	41,8	Сср
20–40	11,4	0,6	1,9	86,0	13,9	С
40–60	18,0	0,5	1,4	79,9	19,9	С
60–80	18,7	0,3	0,9	77,3	19,9	С
80–100	15,7	0,9	3,8	71,7	20,4	Сл
Чек 2						
0–20	18,4	16,3	13,2	51,7	47,9	Ст
20–40	20,7	16,8	13,2	48,1	50,7	Ст
40–60	25,4	16,7	12,8	45,0	54,9	Ст
60–80	34,0	15,1	10,1	40,7	59,2	Ст
80–100	36,0	15,7	8,6	39,5	60,3	Гл
100–130	34,0	17,9	10,2	37,9	62,1	Гл
130–160	28,9	20,9	11,2	38,1	61,0	Гл
160–200	27,4	19,3	10,1	42,3	56,8	Ст
200–250	26,6	17,8	8,2	47,2	52,6	Ст
250–300	28,3	17,4	8,5	45,5	54,2	Ст
Чек 3						
0–20	13,8	0,5	< 0,1	85,5	14,4	С
20–40	15,0	0,6	< 0,1	84,2	15,7	С
40–60	18,7	2,0	< 0,1	79,1	20,8	Сл
60–80	17,1	1,1	< 0,1	81,1	18,3	С
80–100	18,0	0,2	0,6	80,8	18,6	С

Продолжение таблицы 3.13

1	2	3	4	5	6	7
Чек 4						
0–20	8,8	9,4	6,2	75,2	24,4	Сл
20–40	33,3	7,0	4,6	44,8	44,9	Ст
40–60	36,6	16,5	0	45,9	53,1	Ст
60–80	34,5	24,8	0	40,1	59,3	Ст
80–100	39,5	21,4	12,1	26,5	73,0	Гср
100–130	17,0	10,5	13,8	58,4	41,3	Сср
130–160	18,8	14,4	14,7	51,8	47,9	Ст
160–200	36,0	11,7	12,5	39,5	60,2	Гл
200–250	42,1	15,9	9,6	32,2	67,6	Гл
250–300	38,7	13,7	10,0	37,4	62,4	Гл
Чек 5						
0–20	10,2	0,2	2,2	82,0	12,6	С
20–40	2,2	11,2	7,0	79,1	20,4	Сл
40–60	42,2	18,1	12,1	27,6	72,2	Гл
60–80	37,1	20,5	11,3	31,0	68,9	Гл
80–100	35,0	17,2	11,2	39,5	63,4	Гл
Чек 6						
0–20	5,3	7,1	7,8	79,8	20,2	Сл
20–40	11,8	1,0	2,0	85,2	14,8	С
40–60	16,6	2,3	0	81,1	18,9	С
60–80	16,1	4,4	0	79,5	20,5	Сл
80–100	14,3	2,4	0,5	82,8	17,2	С
100–130	1,6	3,3	4,1	91,0	9,0	Псв
130–160	7,8	0,3	1,8	90,1	9,9	Псв
160–200	15,7	0,9	1,7	81,7	18,3	С
200–250	12,8	0,4	3,0	83,8	16,2	С
250–300	12,2	0,6	3,0	84,2	15,8	С

Продолжение таблицы 3.13

1	2	3	4	5	6	7
Чек 7						
0–20	4,2	0,9	2,5	91,5	7,6	Псв
20–40	8,5	0,3	2,0	86,3	10,8	С
40–60	12,7	0,3	0,7	83,8	13,7	С
60–80	16,4	0,2	1,8	74,0	18,4	С
80–100	12,6	0,8	1,7	69,9	15,1	С
Чек 8						
0–20	5,8	1,9	3,0	79,9	10,7	С
20–40	6,5	0,8	2,8	81,2	10,1	С
40–60	5,4	0,7	4,8	81,4	10,9	С
60–80	3,4	16,1	14,7	64,5	34,2	Сср
80–100	30,8	15,2	12,6	41,3	58,6	Ст

Примечание: Псв – песок связный, С – супесь, Сл – суглинок легкий, Сср – суглинок средний, Ст – суглинок тяжелый, Гл – глина легкая, Гср – глина средняя

В чеках с номерами отбора 2 и 4 другая категория почв характеризуется более тяжелым гранулометрическим составом и представлена суглинком тяжелым (Ст) и глиной легкой (Гл) (чеки 2, 4).

В этих почвах гораздо больше бесструктурной илистой фракции и отмечено присутствие тонкой, средней и крупной пыли, составляющие около 75 % в слое 0–60 см. Именно присутствие фракций пыли способствует развитию явлений набухания, усадки, низкой водопроницаемости, липкости, трещиноватости, плотности сложения.

Таким образом, гранулометрический состав, представленный бесструктурным илом и пылью, во всех чеках способствует формированию уже с поверхностных горизонтов сплошной, липкой, набухающей при увлажнении и сильно растрескивающейся при высыхании массы. В связи с этим образуются сильноуплотненная почва, которая практически водонепроницаемая. На таких массивах вода, как оросительная, так и атмосферных осадков, не просачивается вглубь. Об этом свидетельствует определение плотности сложения почв – один из важнейших показателей почвенного плодородия.

От плотности сложения почв зависят поглощение влаги, воздухо- и теплообмен, жизнедеятельность микроорганизмов и развитие корневых систем растений. Плотность почвы, в целом, имеет большое агрономическое значение (таблица 3.14). При уплотнении почвы сокращается количество макропор и крупных капилляров, увеличивается доля горизонтально ориентированных пор. В результате этого снижается наименьшая влагоемкость (количество влаги, которое почва удерживает после увлажнения при свободном оттоке гравитационной воды), ухудшается газообмен, увеличивается содержание недоступной для растений влаги. Плотные почвы имеют неудовлетворительную водопроницаемость, в результате формируются переувлажненные почвы, а при наличии уклона образуется поверхностный сток, вызывая развитие эрозии почв. В плотных почвах при сильном увлажнении создаются анаэробные условия, способствующие развитию токсичных веществ (аммиак, метан, сероводород, муравьиная и пропионовые кислоты,

недоокисленные вещества и т. д.), отрицательно влияющих на развитие сельскохозяйственных культур и, в целом, на формирование урожая.

Таблица 3.14 – Плотность сложения почв рисовых чеков ООО «Буденновский»

Слой, см	Номер чека					
	1		2		6	
	т/м ³	оценка	т/м ³	оценка	т/м ³	оценка
0–20	1,17	Слабо уплотненная	1,42	Сильно уплотненная	1,18	Слабо уплотненная
20–40	1,41	Сильно уплотненная	1,41	Сильно уплотненная	1,42	Сильно уплотненная
40–60	1,51	Сильно уплотненная	1,51	Сильно уплотненная	1,43	Сильно уплотненная
0–60	1,37	Сильно уплотненная	1,45	Сильно уплотненная	1,35	Сильно уплотненная

Сильное уплотнение почв на чеках 1 и 6 отмечены с глубины 25 см и до 60 см. На чеке 2 сильное уплотнение уже обнаруживается с 5 см и весь 60-сантиметровый слой сильно уплотнен, а плотность сложения равняется 1,45 т/м³. На чеках 1 и 6 почва, в целом, в 0–60-сантиметровом слое сильно уплотнена, но составляет соответственно 1,37 и 1,35 т/м³ (см. таблицу 3.14).

Таким образом, результаты по определению плотности почв указывают на сильную уплотненность слоя 0–60 см.

Для почв Пролетарского рисового массива характерно засоление и осолонцевание. Обследуемые почвы отличаются как по химизму (типу), так и по степени засоления. Так в чеках 1, 3, 5–8 почвы по химизму засоления сульфатные, а степень засоления в слое 0–60 см средняя, глубже – сильная (таблица 3.15). По результатам водной вытяжки, содержащей свыше 30 ммоль/100 г ионов Са и SO₄, можно отметить, что данные почвы относятся к категории с гипсовым засолением [58, 90], так как гипсоносные почвы характеризуются наличием в водной вытяжке Са и Mg более 10 ммоль/100 г почвы.

Небольшое до 10 % содержание гипса исключает накопление натрия в почвенном растворе и почвенном поглощающем комплексе, что не допускает проявления процессов осолонцевания и ощелачивания, а также оказывает положительное влияние на физические свойства почв.

При высоком содержании в почве кристаллов гипса размером около 1 мм, а именно такие кристаллы при визуальном осмотре преобладали, происходит закупорка межагрегатных пор, что придает этим почвам водоупорные свойства. Полив значительными нормами, а также атмосферные сводки, на таких почвах вызывают образование верховодки в поверхностных слоях.

Сочетание гипса с легкорастворимыми солями, что характерно для почв чеков 1, 3, 5–8, еще более усугубляют негативные почвенно-мелиоративные свойства. Соли становятся нерастворимыми и не поддаются промывкам. Исследуемые в этих чеках почвы по всему метровому слою, кроме чека 5, имеют сульфатный (SO_4) тип засоления (таблица 3.15). В чеке 5 такой тип засоления присутствует в 0–40-сантиметровом слое, а глубже хлоридно-сульфатный (Cl-SO_4), но с сильной степенью засоления и с большим содержанием токсичных солей.

Несмотря на сульфатный тип засоления почвы чеков 1, 3, 6–8 также имеют среднюю и сильную степень засоления и большое количество токсичных водорастворимых солей, связанные с гипсом, которые практически не поддаются промывкам.

Почвы, представленные в чеках 2, 4 относятся к категории незасоленных в верхнем метровом слое почв. Их химизм по всему почвенному профилю до 3-х метров хлоридно-сульфатный (Cl-SO_4). Кроме верхнего 0–20-сантиметрового слоя, имеющего слабое сульфатное засоление. На глубине 200 см в чеке 2 отмечено среднее засоление (0,6 %), глубже почва незасолена. Эти отложения солей свидетельствуют о том, что капиллярная кайма грунтовых вод достигла 2 метров. В этом случае грунтовые воды не оказывают влияние на свойства основного корнеобитаемого слоя почв.

В чеке 4 слабое сульфатное засоление присутствует в слое 0–20 см, с глубины 20 см почвы незасолены, а с глубины 100 см проявляется слабое засоление, которое видимо, связано с поднятием солей из почвообразующих пород, которые сильно засолены, с грунтовыми водами.

Таблица 3.15 – Характеристика солевого состава почв по водной вытяжке (ООО «Буденновский»)

Слой, см	Cl:SO ₄	Химизм за- соления	Сумма со- лей, %	Степень за- соления	Сумма токсичных со- лей, %	pH	Щелочность, ммоль/100 г	Ca + SO ₄ , ммоль /100 г
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Чек 1								
0–20	0,25	Cl–SO ₄	0,448	Средняя	0,070	7,18	Ca > HCO ₃	10.79
20–40	0,18	SO ₄	1,370	Средняя	0,313	7,29	Ca > HCO ₃	33.07
40–60	0,05	SO ₄	1,352	Средняя	0,312	7,36	Ca > HCO ₃	34.34
60–80	0,15	SO ₄	1,529	Сильная	0,457	7,47	Ca > HCO ₃	39.06
80–100	0,15	SO ₄	1,489	Средняя	0,500	7,51	Ca > HCO ₃	34.36
Чек 2								
0–20	0,11	SO ₄	0,329	Слабая	0,163	7,44	Ca > HCO ₃	6,77
20–40	0,43	Cl–SO ₄	0,136	Незасолены	0,124	6,91	Ca > HCO ₃	1,50
40–60	0,35	Cl–SO ₄	0,102	Незасолены	0,092	7,21	Ca > HCO ₃	1,50
60–80	0,27	Cl–SO ₄	0,093	Незасолены	0,083	7,08	Ca > HCO ₃	1,50
80–100	0,43	Cl–SO ₄	0,131	Незасолены	0,092	7,87	0,60	0,04
100–130	0,51	Cl–SO ₄	0,313	Незасолены	0,100	8,05	0,36	1,50
130–160	0,31	Cl–SO ₄	0,113	Незасолены	0,085	7,96	0,52	1,50
160–200	0,62	Cl–SO ₄	0,169	Незасолены	0,129	8,11	0,60	1,51
200–250	0,59	Cl–SO ₄	0,600	Средняя	0,150	8,10	0,84	1,50
250–300	0,71	Cl–SO ₄	0,172	Незасолены	0,150	8,01	0,76	1,50
Чек 3								
0–20	0,09	SO ₄	1,240	Средняя	0,238	7,48	Ca > HCO ₃	31,18
20–40	0,07	SO ₄	1,346	Средняя	0,277	7,14	Ca > HCO ₃	34,13
40–60	0,11	SO ₄	1,309	Средняя	0,450	7,28	Ca > HCO ₃	32,14
60–80	0,12	SO ₄	1,530	Сильная	0,567	7,44	Ca > HCO ₃	35,14
80–100	0,16	SO ₄	1,946	Сильная	0,714	7,45	Ca > HCO ₃	37,74

Продолжение таблицы 3.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Чек 4								
0–20	0,08	SO ₄	0,521	Слабая	0,220	6,40	Ca > HCO ₃	11,6
20–40	0,45	Cl–SO ₄	0,151	Незасолены	0,075	7,36	Ca > HCO ₃	2,6
40–60	0,40	Cl–SO ₄	0,148	Незасолены	0,073	7,56	Ca > HCO ₃	2,16
60–80	0,40	Cl–SO ₄	0,174	Незасолены	0,114	7,86	Ca > HCO ₃	2,17
80–100	0,35	Cl–SO ₄	0,108	Незасолены	0,070	7,93	Ca > HCO ₃	1,92
100–130	0,25	Cl–SO ₄	0,300	Незасолены	0,10	7,24	Ca > HCO ₃	6,08
130–160	0,26	Cl–SO ₄	0,208	Незасолены	0,092	7,34	Ca > HCO ₃	4,07
160–200	0,39	Cl–SO ₄	0,234	Незасолены	0,121	7,29	Ca > HCO ₃	4,11
200–250	0,29	Cl–SO ₄	0,405	Средняя	0,220	7,39	Ca > HCO ₃	6,98
250–300	0,28	Cl–SO ₄	0,779	Сильная	0,469	7,44	Ca > HCO ₃	14,82
Чек 5								
0–20	0,09	SO ₄	1,594	Сильная	0,688	7,44	Ca > HCO ₃	34,98
20–40	0,25	Cl–SO ₄	1,357	Сильная	1,089	7,41	Ca > HCO ₃	20,11
40–60	0,69	Cl–SO ₄	1,376	Сильная	1,106	7,45	Ca > HCO ₃	11,79
60–80	0,49	Cl–SO ₄	1,444	Сильная	1,114	7,41	Ca > HCO ₃	17,75
80–100	1,00	Cl–SO ₄	0,934	Сильная	0,767	7,59	Ca > HCO ₃	8,54
Чек 6								
0–20	0,12	SO ₄	0,561	Слабая	0,123	7,55	Ca > HCO ₃	13,25
20–40	0,05	SO ₄	1,403	Средняя	0,438	7,44	Ca > HCO ₃	33,86
40–60	0,05	SO ₄	1,427	Средняя	0,446	7,55	Ca > HCO ₃	34,57
60–80	0,05	SO ₄	1,616	Сильная	0,713	7,58	Ca > HCO ₃	36,42
80–100	0,09	SO ₄	1,463	Средняя	0,607	7,53	Ca > HCO ₃	33,36
100–130	0,03	SO ₄	1,383	Средняя	0,498	7,57	Ca > HCO ₃	32,33
130–160	0,07	SO ₄	1,609	Сильная	0,735	7,52	Ca > HCO ₃	35,42

Продолжение таблицы 3.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9
160–200	0,06	SO ₄	1,758	Сильная	0,086	7,59	Ca > HCO ₃	37,54
200–250	0,09	SO ₄	1,929	Очень сильная	1,091	7,53	Ca > HCO ₃	38,80
250–300	0,11	SO ₄	1,562	Сильная	0,748	7,56	Ca > HCO ₃	33,99
Чек 7								
0–20	0,03	SO ₄	1,236	Средняя	0,283	7,72	Ca > HCO ₃	31,12
20–40	0,03	SO ₄	1,293	Средняя	0,297	7,72	Ca > HCO ₃	32,76
40–60	0,03	SO ₄	1,347	Средняя	0,365	7,69	Ca > HCO ₃	33,35
60–80	0,03	SO ₄	1,369	Средняя	0,381	7,64	Ca > HCO ₃	34,04
80–100	0,03	SO ₄	1,395	Средняя	0,435	7,62	Ca > HCO ₃	34,27
Чек 8								
0–20	0,04	SO ₄	1,491	Средняя	0,588	7,62	Ca > HCO ₃	34,82
20–40	0,06	SO ₄	1,628	Сильная	0,781	7,61	Ca > HCO ₃	35,84
40–60	0,09	SO ₄	1,599	Сильная	0,797	7,52	Ca > HCO ₃	15,05
60–80	0,17	SO ₄	1,335	Средняя	0,783	7,47	Ca > HCO ₃	16,13
80–100	0,25	Cl–SO ₄	1,176	Слабая	0,921	7,70	Ca > HCO ₃	17,95

Результаты определения состава солей по водной вытяжке указывают на отсутствие щелочности ($\text{Ca} > \text{HCO}_3$) в почвах всех обследуемых чеков. Это подтверждают данные по реакции pH.

Таким образом, состав водорастворимых солей по результатам водной вытяжки показал, что почвы чеков 1, 3, 5, 6–8 относятся к гипсоносным с высоким содержанием легкорастворимых солей в метровом слое, связанных с гипсом, которые практически не поддаются промывкам. Наличие таких почв обусловлено их генетическими особенностями и антропогенным воздействием.

Солонцеватость почв относится к негативным свойствам почв, влияющих на водно-физические свойства, физико-химические, агрохимические свойства почв и, в целом, на почвенное плодородие.

Солонцеватость характеризуется большим содержанием обменного натрия (Na) и обменного магния (Mg) при значительном снижении обменного кальция (Ca) в почвенном поглощающем комплексе (ППК) (таблица 3.16).

Практически во всех гипсоносных почвах (чеки 1, 3, 5–8) в составе ППК преобладает кальций, содержание которого составляет в 0–60-сантиметровом слое от 89 %.

Незагипсованные почвы чеков 2 и 4 в слое 0–60 см характеризуются недонасыщенностью кальцием (72 и 74 % от $\sum$ ППК). Соответственно вместо кальция в ППК внедряются магний и натрий. Содержание магния в этих почвах составляет соответственно 24–25 % от $\sum$ 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.

Таблица 3.16 – Состав почвенного поглощающего комплекса
обследуемых почв (ООО «Буденновский»)

Слой, см	% от Σ ППК		
	Ca	Mg	Na
1	2	3	4
Чек 1			
0–20	93	6	1
20–40	90	8	2
40–60	90	9	1
60–80	88	11	1
80–100	83	16	1
Чек 2			
0–20	77	21	1
20–40	70	28	2
40–60	71	26	3
60–80	63	36	1
80–100	54	43	3
100–130	49	48	3
130–160	52	42	6
160–200	43	50	7
200–250	42	49	9
250–300	42	49	9
Чек 3			
0–20	91	7	2
20–40	90	8	2
40–60	85	15	0
60–80	77	19	4
80–100	66	24	10
Чек 4			
0–20	83	16	1
20–40	73	26	1
40–60	68	31	1
60–80	59	34	7
80–100	58	41	1
100–130	88	11	1
130–160	79	16	5
160–200	69	24	7
200–250	62	32	6
250–300	66	31	3
Чек 5			
0–20	92	6	2
20–40	89	8	3
40–60	79	15	6
60–80	72	21	7
80–100	61	32	7

Продолжение таблицы 3.16

1	2	3	4
Чек 6			
0–20	94	5	1
20–40	90	9	1
40–60	82	17	1
80–100	89	8	3
100–130	72	25	3
130–160	84	13	3
160–200	78	20	2
200–250	77	20	3
250–300	67	25	8
Чек 7			
0–20	92	5	3
20–40	95	4	1
40–60	87	11	2
60–80	76	17	7
80–100	66	25	9
Чек 8			
0–20	91	7	2
20–40	90	7	3
40–60	83	9	8
60–80	70	19	11
80–100	65	23	12

Для обследуемого участка характерно наличие солонцеватости, а засоление – в виде гипсонакопления. Магниево-солонцеватостью обладают только почвы двух чеков – 2 и 4. Они нуждаются в проведении химической мелиорации, но расчет доз мелиорантов должен проводиться на содержание обменного магния и обменного натрия (при его наличии более 3 % от Σ ППК).

Почвы чеков 1, 3, 5–8 по составу водорастворимых солей и составу ППК относятся к гипсоносным. Содержание гипса по обследуемому участку 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. Традиционными способами химической мелиорации, включающей гипсование, улучшить гипсоносные почвы невозможно. Для них требуются новые подходы к их использованию (освоению).

Для разработки агро-мелиоративных мероприятий необходимо оценить изменчивость свойств почв (таблица 3.17) и экологическое состояние почв (таблица 3.18).

Таблица 3.17 – Изменчивость физико-химических свойств почв рисовых полей ООО «Буденновский» в слое 0–40 см

Показатель	Х _{ср}	М _{max}	М _{min}	S	V	Изменчивость
Сумма солей, %	0,908	1,560	0,236	0,474	52	значительная
Обменный кальций, % от суммы ППК	82	93	66	10,3	13	средняя
Обменный магний, % от суммы ППК	15	31	4	9,2	61	значительная
Обменный натрий, % от суммы ППК	2	4	1	1,22	55	значительная
Плотность сложения почв, т/м ³	1,39	1,45	1,35	0,05	4	незначительная
Гумус, %	1,93	1,86	1,03	0,12	6	незначительная

Из таблицы 3.17 видно, что значительная (V – более 20 %) изменчивость наблюдается по сумме солей (V = 52 %), по обмену магния (V = 61 %) и обмену натрия (V = 55 %). Коэффициент вариации (V) по обмену кальцием составил 13 %, что средней изменчивости, а по плотности сложения почв и содержанию гумуса незначительная.

Для оценки экологического состояния нами определены физико-химические свойства каштановых почв неорошаемых участков, а также общее содержание гумуса и плотность сложения почв (таблица 3.19).

Таблица 3.18 – Оценка экологического состояния полей ООО «Буденновский»

Показатели	Значения	Оценка
Превышение УГВ, % от критического	> 50	экологическое бедствие
Увеличение плотности сложения почв по отношению к равновесной, %	10	удовлетворительная ситуация
Потери гумуса в относительных единицах, %	24	чрезвычайная экологическая ситуация
Увеличение содержания легко-растворимых солей, %	0,980	экологическое бедствие
Увеличение доли обменного натрия, % от Σ ППК	до 2	удовлетворительная ситуация
Увеличение доли обменного магния, % от Σ ППК	до 15	удовлетворительная ситуация
Увеличение доли обменного кальция, % от Σ ППК	до 93	экологическое бедствие

Таблица 3.19 – Физико-химические свойства каштановых неорошаемых почв ООО «Буденновский»

Слой, см	Cl:SO ₄	Химизм засоления	Степень засоления		Щелочность		Солонцеватость				Плотность сложения почв, т/м ³	Содержание гумуса, %
			∑ со- лей, %	оценка	(HCO ₃ –Ca +Na+Mg) ммоль/100 г	оценка	% от ∑ ППК			Оценка по Na		
0–20	0,83	Cl-SO ₄	0,187	незасоленные	0,41	нещелочные	73	24	3	слабо	1,21	2,57
20–40	0,90	Cl-SO ₄	0,192	незасоленные	0,60	нещелочные	72	24	4	слабо	1,20	2,51
40–60	0,78	Cl-SO ₄	0,195	незасоленные	0,54	нещелочные	70	25	5	слабо	не опреде- лялось	не определя- лось
60–80	0,95	Cl-SO ₄	0,187	незасоленные	0,59	нещелочные	69	27	4	слабо		
80–100	0,97	Cl-SO ₄	0,198	незасоленные	0,45	нещелочные	70	26	4	слабо		
0–40	0,87	Cl-SO ₄	0,190	незасоленные	0,52	нещелочные	73	24	3	слабо	1,21	2,54

Из таблицы видно, 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.

Из результатов обследования выявлено, что почвы чеков 1, 3, 5–8 обладают неблагоприятными водно-физическими свойствами из-за наличия пыльной и илистой фракций. В чеках 2 и 4 сформировались почвы с преобладанием магниевой осолонцеватости, характерной для большинства рисовых систем Ростовской области. Проанализировав состав ППК, выявлено, что почвы чеков 1, 3, 6 и 7 не нуждаются в химической мелиорации, а почвы чеков 2, 4, 5 и 8 требуют ее проведения.

На основании данных показателей почвы был разработан алгоритм, обеспечивающий возможность расчета промывных норм и доз внесения мелиоранта для более эффективного использования мелиорируемых земель. Он предназначен для автоматизации обработки данных по показателям свойств почв с целью установления агромелиоративных мероприятий по воспроизводству почвенного плодородия (рисунок 3.5).

В разработанном алгоритме по определению проведения агромелиоративных мероприятий использованы основные показатели свойств почв:

- водная вытяжка, по которой определяется тип и степень засоления, а также наличие щелочности, позволяющие установить необходимость проведения промывки от солей и химической мелиорации гипсованием и кислованием для устранения щелочности;
- состав ППК – степень натриевой и магниевой солонцеватости для определения вида химической мелиорации;

- гидролитическая кислотность – степень кислотности для проведения известкования,
- наличие карбонатов кальция и гипса, указывает на необходимость проведения мелиоративных обработок (самомелиорация),
- плотность сложения почв – дифференцируются способы обработки почв,
- содержание гумуса – устанавливается необходимость обогащения почв органическим веществом.

Алгоритм предназначен для проектных, эксплуатационных и сельскохозяйственных организаций, а также непосредственно землепользователям различных форм собственности для обоснования необходимости проведения комплекса агро-мелиоративных мероприятий с целью восстановления, сохранения и воспроизводства почвенного плодородия.

На основании алгоритма была создана программа ЭВМ «Определение агро-мелиоративных мероприятий по показателям свойств почвы» (свидетельство о государственной регистрации № 2021668224).

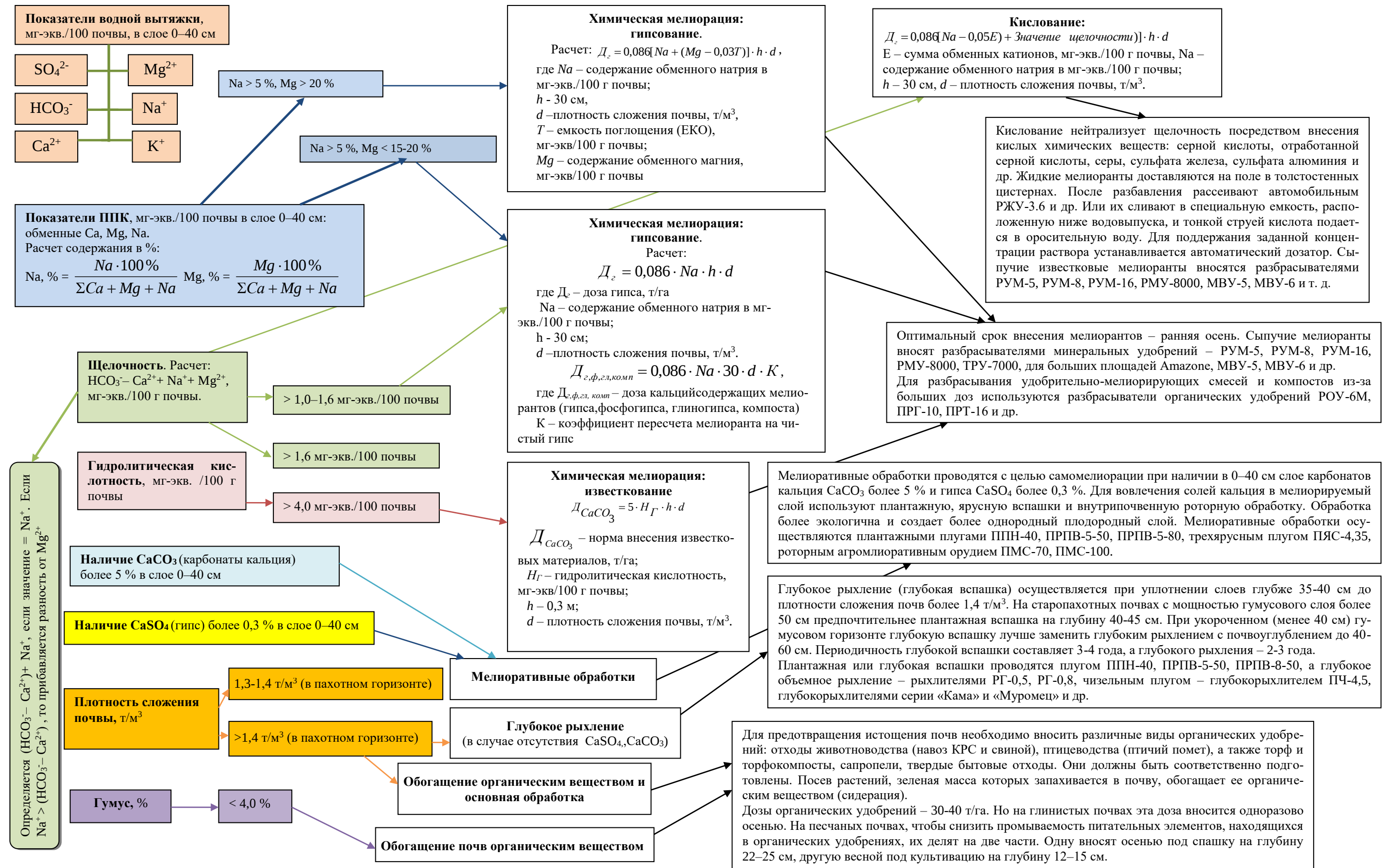


Рисунок 3.5 – Алгоритм по определению агромилиоративных мероприятий по показателям свойств почвы

Выводы по главе 3

1. 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, увеличением долей магния и натрия и уменьшением доли кальция в ППК.

Для таких почв требуется новый подход к поиску агромелиоративных приемов, включающих не только виды мелиорантов с более активной мелиорирующей основой, чем гипс, но и обоснованную глубину рыхления с применением различных видов органики, учитывая проявление анаэробных условий при затоплении рисовых чеков. Кроме того наличие магниевой солонцеватости предопределяет иной расчет доз мелиорантов, чем при натриевой солонцеватости.

2. Большая часть обследуемого участка в ООО «Буденовский» представлена гипсоносными почвами, которые особенно распространены на Пролетарском рисовом массиве. Их особенностью является наличие гипса в количестве от 5 до 25 % и большое содержание солей. Они связаны с гипсом, который практически не поддается растворению, а вместе с ним не промываются и соли.

Кроме этого, гранулометрический состав, представленный бесструктурным илом и пылью, способствует формированию с поверхности сплошной липкой массы, набухающей при увлажнении и сильно растрескивающейся при высыхании массы. В связи с этим образуется сильно уплотненная почва, которая практически водонепроницаемая. На таких участках вода как оросительная, так и атмосферных осадков не просачивается внутрь.

Учитывая особенности гипсоносных почв с большим содержанием солей, следует, в первую очередь, разработать приемы, усиливающие промывную способность таких почв.

ГЛАВА 4 ЛАБОРАТОРНЫЕ И ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ МЕЛИОРАЦИИ

4.1 Влияние доз химических мелиорантов и промывки на степень засоления почвы и состав почвенного поглощающего комплекса (лабораторный опыт)

После анализа результатов почвенно-мелиоративного обследования земель в ООО «Буденновский» расположенных в Пролетарском рисовом массиве для проведения лабораторного опыта взяты образцы почв с рисовых чеков с различным химизмом и степенью засоления и солонцеватостью, разным содержанием гипса (образец 1 – чек 2, образец 2 – чек 4, образец 3 – чек 8) (таблицы 4.1, 4.2).

Согласно данным таблиц 4.1 и 4.2 почвы образца 1 в исходном состоянии незасолены и характеризуются незначительным содержанием гипса и присутствием магниевой солонцеватости. Необходимо отметить, что при проведении комплексной 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. Содержание солей при внесении сочетаний этих же мелиорантов, но меньшими дозами возросло менее значительно – примерно в 2 раза. В вариантах с внесением фосфогипса и ЭТС стали в половинных дозах максимальное увеличение количества солей было в 2,5 раза выше, чем на контроле (вариант $\frac{1}{2}$ Фосфогипс + $\frac{1}{2}$ (ЭТС) 15 + 21 т/га) (таблица 4.3, приложение Б) [8].

Таблица 4.1 – Солевой состав почв для проведения лабораторного опыта

Вариант опыта		Cl	HCO ₃	SO ₄	Ca	Mg	Na+K	Сумма солей, %	pH	Гипс, %
Cl:SO ₄ – хлоридно сульфатный										
Образец 1	ммоль-экв/100Г	0,61	0,44	0,58	0,69	0,19	0,79	0,087	7,8	0,158
	г/100 Г(%)	0,022	0,029	0,028	0,014	0,002	0,018			
Cl:SO ₄ – хлоридно сульфатный										
Образец 2	ммоль-экв/100Г	0,46	0,60	0,39	0,88	0,12	0,45	0,09	7,9	0,276
	г/100 Г(%)	0,016	0,037	0,019	0,018	0,001	0,010			
Cl:SO ₄ – сульфатный										
Образец 3	ммоль-экв/100Г	0,76	0,44	15,67	14,25	0,69	1,89	1,243	7,7	19,668
	г/100 Г(%)	0,020	0,027	0,753	0,285	0,008	0,043			

Таблица 4.2 – Физико-химические свойства почв для лабораторного опыта

Вариант опыта	Гумус, %	Карбонаты, %	Обменные основания, мг-экв/100 г			ΣППК Моль/100 г	% от ΣППК		
			Ca	Mg	Na		Ca	Mg	Na
Образец 1	2,0	0	17,51	6,08	0,73	24,32	72	25	3
Образец 2	2,0	0	16,11	6,22	0,69	23,02	70	27	3
Образец 3	1,8	1,3	36,31	1,15	0,76	38,23	94	4	2

Таблица 4.3 – Изменения физико-химических свойств почвы после мелиоративного воздействия (образцы 1 и 2)

Варианты опыта	Содержание солей, %	рН водной суспензии	Σ ППК, ммоль (экв) / 100 г почвы	Гипс, %	% от Σ ППК		
					Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
Образец 1							
1 Контроль (без внесения мелиоранта)	0,087	7,9	24,32	0,158	72	25	3
2 Фосфогипс 10 т/га	0,099	7,8	27,72	0,196	79	19	2
3 Фосфогипс 20 т/га	0,212	7,8	29,26	0,420	81	17	2
4 Фосфогипс 30 т/га	0,495	7,6	30,8	0,980	85	13	2
5 Электролит травления стали (ЭТС) 14 т/га	0,10	7,8	22,49	0,186	76	21	3
6 ЭТС 26 т/га	0,213	7,7	23,77	0,272	77	20	3
7 ЭТС 42 т/га	0,497	7,6	24,96	0,403	80	17	3
8 Фосфогипс 5 т/га + ЭТС 7 т/га	0,095	7,8	24,59	0,164	77	20	3
9 Фосфогипс 10 т/га + ЭТС 13 т/га	0,198	7,8	25,96	0,237	80	18	2
10 Фосфогипс 15 т/га + ЭТС 21 т/га	0,228	7,7	27,26	0,321	82	16	2
Образец 2							
1 Контроль (без внесения мелиоранта)	0,090	8,0	23,02	0,276	70	27	3
2 Фосфогипс 10 т/га	0,096	8,0	24,14	0,375	77	20	3
3 Фосфогипс 20 т/га	0,240	7,9	25,52	0,504	83	15	2
4 Фосфогипс 30 т/га	0,290	7,7	26,8	0,598	84	14	2
5 Электролит травления стали (ЭТС) 14 т/га	0,047	8,0	21,26	0,266	78	18	4
6 ЭТС 26 т/га	0,112	8,0	22,48	0,271	82	14	4
7 ЭТС 42 т/га	0,138	7,9	23,60	0,287	83	14	3
8 Фосфогипс 5 т/га + ЭТС 7 т/га	0,077	7,9	23,51	0,237	77	20	3
9 Фосфогипс 10 т/га + ЭТС 13 т/га	0,165	7,8	24,85	0,254	82	15	3
10 Фосфогипс 15 т/га + ЭТС 21 т/га	0,204	7,8	26,09	0,276	84	14	2

Это подтверждают результаты определения содержания гипса. Наибольшее его количество 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 4.3, приложение Б). В остальных вариантах увеличение содержание гипса было незначительным.

Как видно из данных таблицы 4.3, комплексная мелиорация также способствовала оптимизации состава ППК. Во всех вариантах произошло увеличение обменного Са и снижение обменного Mg, это указывает на то, что применение фосфогипса и ЭТС способствует замещению Mg на Са в ППК. Особенно сильно замещение Mg на Са отмечено в варианте с внесением фосфогипса дозой 30 т/га. Внесение ЭТС дозой 42 т/га способствовало замещению Mg на Са в ППК до допустимого значения, внесение меньших доз ЭТС не принесло необходимого результата. Аналогичная ситуация просматривается и при внесении комбинации мелиорантов [8].

Данные опыта позволяют получить уравнение расчета внесения дозы мелиоранта в зависимости от содержания гипса, которая не будет отрицательно влиять на засоление почвы и способствующая оптимизации ППК (таблица 4.4).

Таблица 4.4 – Уравнения для расчета доз мелиорантов в зависимости от содержания гипса для оптимизации ППК и степени засоленности

Доза мелиоранта, т/га	Уравнение	R ²
Доза Ф при содержании гипса 0,15 %	$D_{\text{ф}} = 489,48 + 771,1x - 14,59y + 97,00x^2 - 9,57xy + 0,11y^2$	0,87
Доза ЭТС при содержании гипса 0,15 %	$D_{\text{эТС}} = -11462,93 - 3671,1x + 326,71y - 256,9x^2 + 50,45xy - 2,22y^2$	0,85
Доза Ф при содержании гипса 0,30 %	$D_{\text{ф}} = -871,05 - 19,1x + 17,84y + 723,8x^2 + 22,31xy - 0,15y^2$	0,84
Доза ЭТС при содержании гипса 0,30 %	$D_{\text{эТС}} = 263,08 - 7194,7x + 44,57y - 528,9x^2 + 96,59xy - 0,34y^2$	0,83

Примечание: x – содержание солей, %; y – содержание обменного кальция в ППК, %

На основе полученных данных по оценке свойств почвы установлены регрессивные зависимости для расчета доз мелиорантов в зависимости от содержания солей и обменного кальция в ППК при различном количестве гипса в почве. На рисунках 4.1 и 4.2 показаны трехмерные модели зависимости доз мелиорантов в почве от содержания солей и обменного кальция в ППК при содержании гипса 0,15 %.

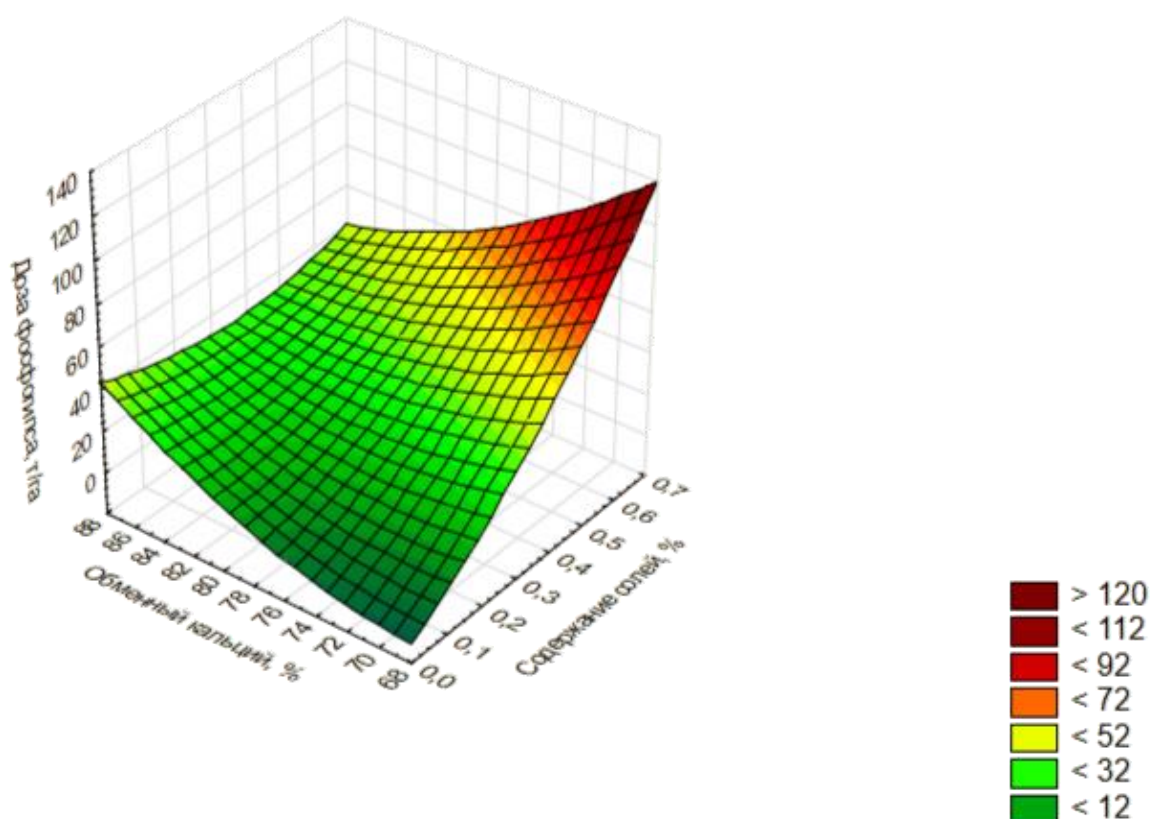


Рисунок 4.1 – Зависимость дозы фосфогипса от содержания солей и обменного кальция в ППК при содержании гипса 0,15 %

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 комплексной мелиорацией. 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 4.3) [8].

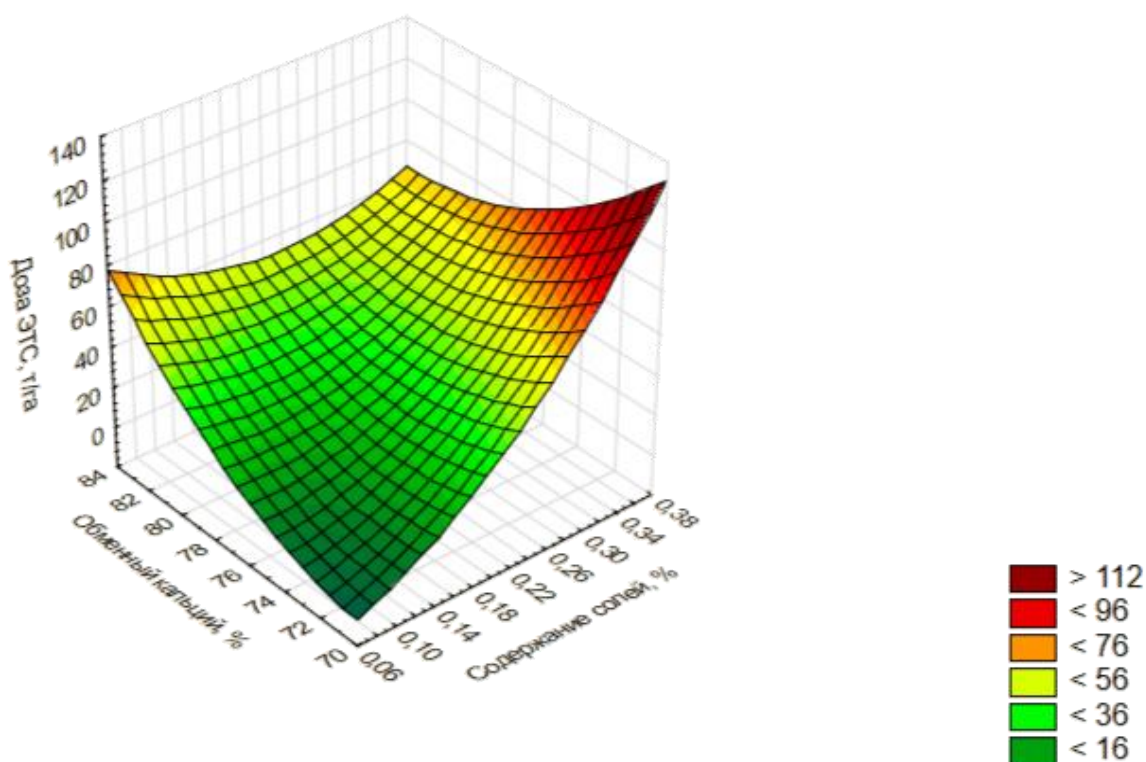


Рисунок 4.2 – Зависимость дозы ЭТС от содержания солей и обменного кальция в ППК при содержании гипса 0,15 %

В почвах образца 2 увеличение содержания гипса после внесения мелиорантов не столь существенно, как в образце 1. 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 (таблица 4.3) [8].

Мелиорирующий эффект, заключающийся в увеличении содержания Са и уменьшении Mg, от комплексных мелиораций проявляется в достаточной степени и в данном образце (таблица 4.3). 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.

Трехмерные модели зависимости внесения доз мелиорантов (Ф и ЭТС) при содержании гипса в почве 0,3 % от содержания солей и обменного кальция в ППК проиллюстрированы на рисунках 4.3 и 4.4.

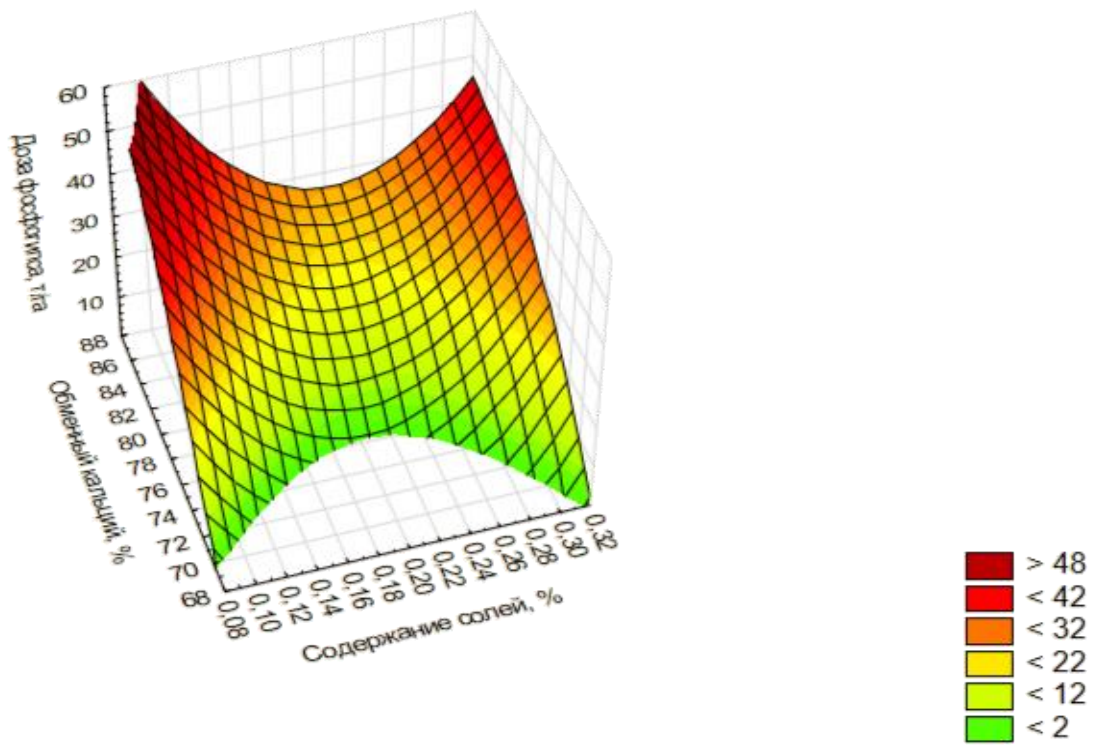


Рисунок 4.3 – Зависимость дозы фосфогипса от содержания солей и обменного кальция в ППК при содержании гипса 0,30 %

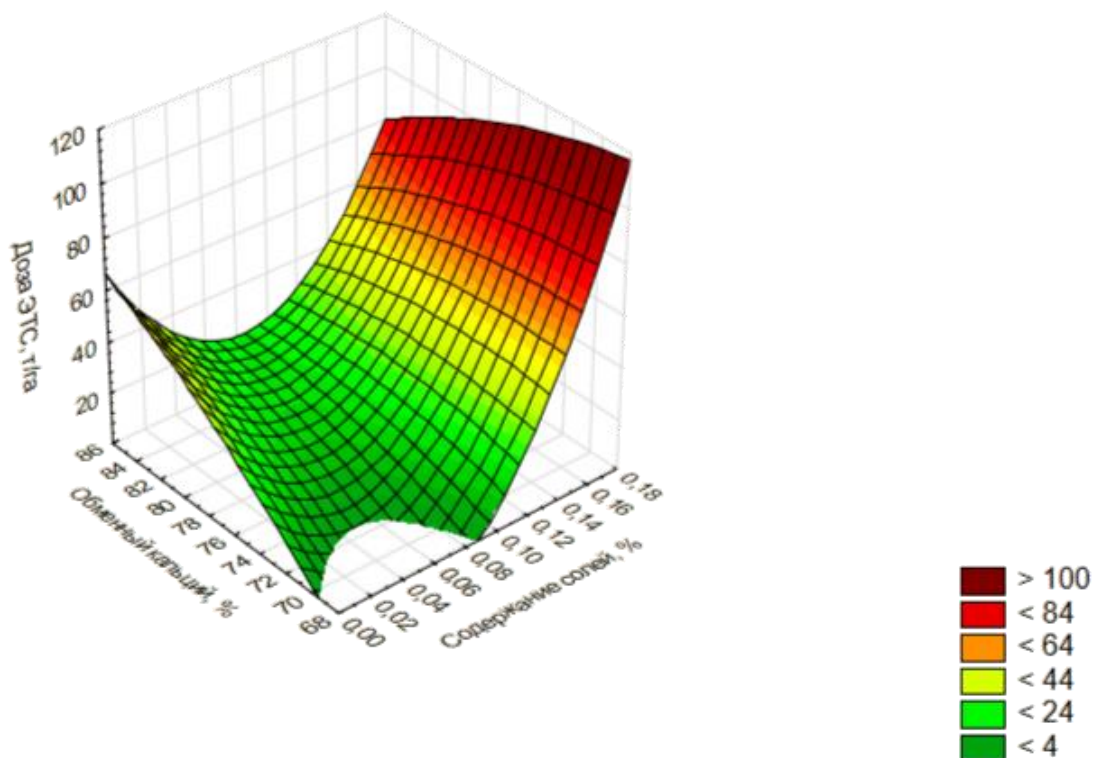


Рисунок 4.4 – Зависимость дозы ЭТС от содержания солей и обменного кальция в ППК при содержании гипса 0,30 %

Образец 3 представлен гипсоносными почвами, в которых содержание гипса составляет более 10 %, а на некоторых участках до 25 %. Для лабораторного опыта взяты 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.

В вариантах с внесением различных доз фосфогипса максимальное снижение содержания 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 % (рисунок 4.5, таблица 4.5). 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 (рисунок 4,6, таблица 4.5) [8].

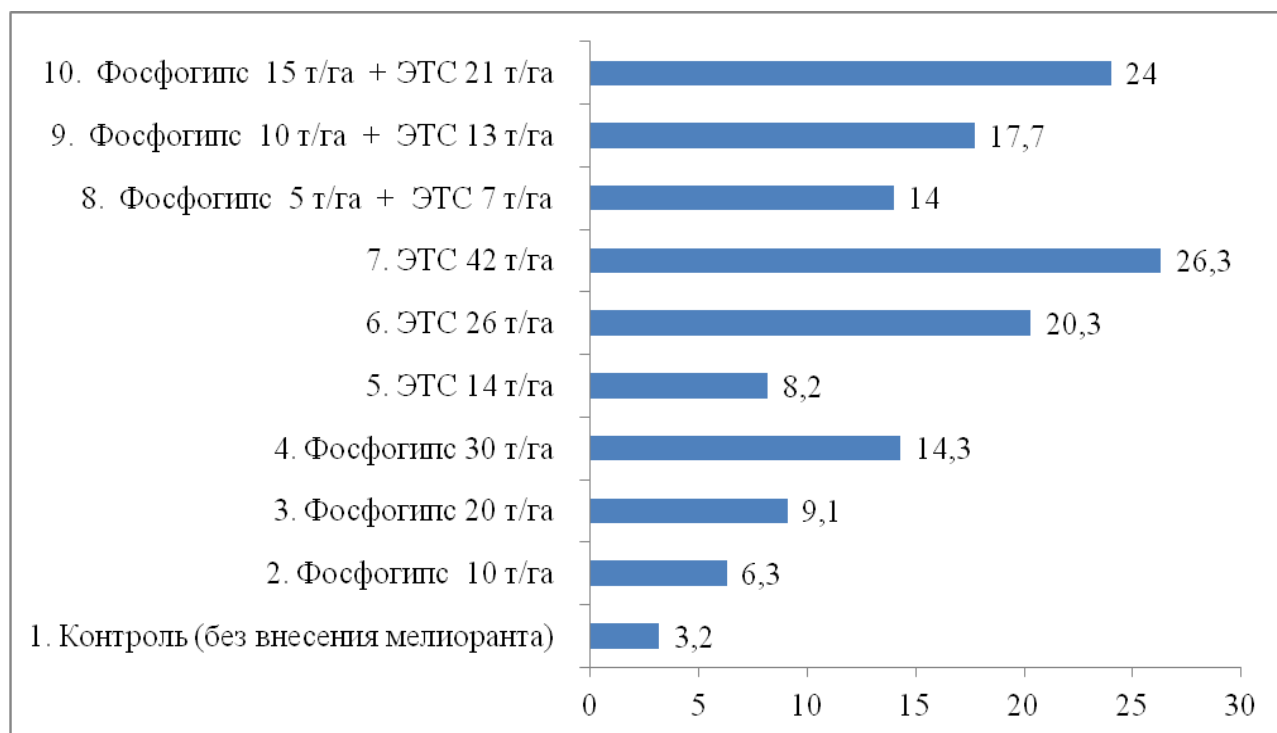


Рисунок 4.5 – Снижение содержания солей в почве образца 3 после комплексной мелиорации, %

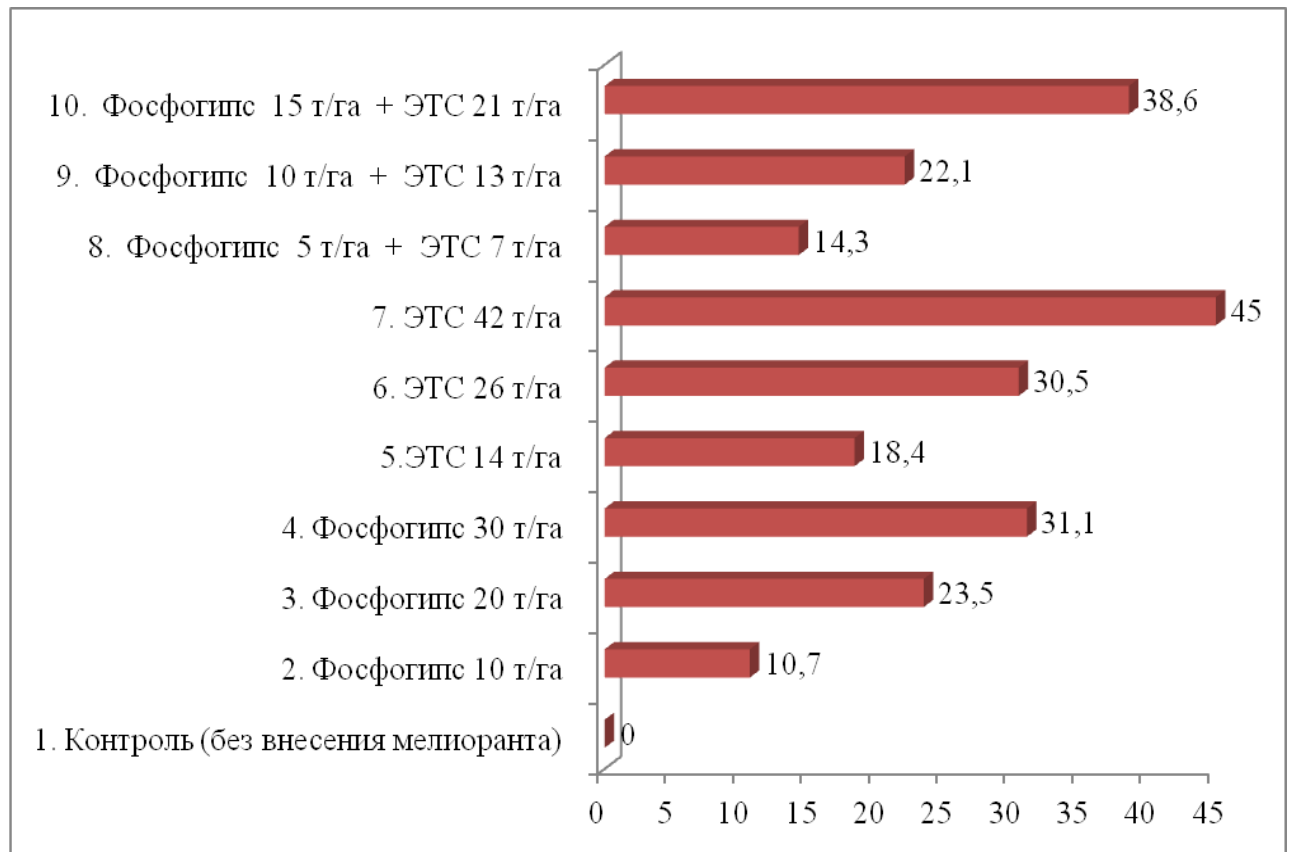


Рисунок 4.6 – Снижение содержания гипса в почве образца 3 после комплексной мелиорации, %

Таблица 4.5 – Изменение физико-химических свойства почвы после мелиоративного воздействия образца 3

Вариант опыта	Содержание солей, %	рН водной суспензии	Σ ППК, ммоль (экв) / 100 г почвы	Гипс, %	% от Σ ППК		
					Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
До промывки							
1 Контроль (без внесения мелиоранта)	1,243	7,7	38,23	19,668	94	4	2
2 Фосфогипс 10 т/га	1,269	7,7	38,96	20,02	94	4	2
3 Фосфогипс 20 т/га	1,290	7,7	39,53	20,45	94	4	2
4 Фосфогипс 30 т/га	1,34	7,6	40,29	20,61	95	3	2
5 Электролит травления стали (ЭТС) 14 т/га	1,289	7,7	38,55	19,83	94	4	2
6 ЭТС 26 т/га	1,32	7,7	38,01	19,95	94	4	2
7 ЭТС 42 т/га	1,400	7,7	37,51	20,06	95	3	2
8 Фосфогипс 5 т/га + ЭТС 7 т/га	1,282	7,7	38,68	19,89	94	4	2
9 Фосфогипс 10 т/га + ЭТС 13 т/га	1,303	7,7	39,15	20,08	94	4	2
10 Фосфогипс 15 т/га + ЭТС 21 т/га	1,371	7,7	39,62	20,22	94	4	2
После проведения промывки							
1 Контроль (без внесения мелиоранта)	1,203	7,7	38,23	19,326	94	4	2
2 Фосфогипс 10 т/га	1,189	7,7	38,40	17,885	94	4	2
3 Фосфогипс 20 т/га	1,172	7,7	38,53	15,647	94	4	2
4 Фосфогипс 30 т/га	1,149	7,6	38,69	14,213	95	3	2
5 Электролит травления стали (ЭТС) 14 т/га	1,183	7,7	38,55	16,180	94	4	2
6 ЭТС 26 т/га	1,052	7,7	38,01	13,874	94	4	2
7 ЭТС 42 т/га	1,032	7,7	37,51	11,039	95	3	2
8 Фосфогипс 5 т/га + ЭТС 7 т/га	1,103	7,7	38,42	17,046	94	4	2
9 Фосфогипс 10 т/га + ЭТС 13 т/га	1,072	7,7	38,55	15,652	94	4	2
10 Фосфогипс 15 т/га + ЭТС 21 т/га	1,042	7,7	38,69	12,422	94	4	2

4.2 Влияние комплексной мелиорации на физико-химические свойства почв рисовых чеков (полевой опыт)

На основании данных, полученных в результате лабораторного опыта, была осуществлена закладка полевого опыта на рисовых чеках по схемам, указанным в таблицах 2.3 и 2.4.

Исследование проводилось на опытных участках в 2023–2025 гг. Почвы опытного участка представлены черноземом южным, среднесуглинистые с содержанием гумуса 2,0 %, плотностью 1,35–1,45 т/м³. Реакция почвенного раствора слабощелочная. Климат зоны проведения исследований умеренно континентальный, степной, недостаточно влажный. Продолжительность безморозного периода составляет 180 дней, сумма температур выше плюс 15 °С находится в пределах 2900–3000 °С [113, 132].

На основании данных проведенного лабораторного опыта сразу после уборки риса сорта Боярин 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 (таблица 4.5). 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 [140].

Глубокое рыхление почвы проводилось глубокорыхлителем ГРТ-3-1 в агрегате с трактором К-7М. Фосфогипс вносили машиной РУМ-8, а ЭТС – машиной для внесения жидких органических удобрений МЖУ-25.

Солевой состав и физико-химические свойства почв исследуемых рисовых чеков приведены в таблицах 4.6 и 4.7.

Таблица 4.6 – Солевой состав почв до проведения мелиорации

№ поля	Cl	HCO ₃	SO ₄	Ca	Mg	Na+K	Сумма ионов, %	Плотный остаток, %	pH
	ммоль/%								
Cl: SO ₄ = сульфатный									
Опытный участок 1	<u>0,15</u> 0,005	<u>0,57</u> 0,037	<u>1,05</u> 0,016	<u>1,26</u> 0,017	<u>0,37</u> 0,005	<u>0,14</u> 0,005	0,085	0,086	7,9
Cl: SO ₄ = – хлоридно сульфатный									
Опытный участок 2	<u>0,19</u> 0,007	<u>0,73</u> 0,046	<u>0,30</u> 0,012	<u>0,76</u> 0,016	<u>0,27</u> 0,002	<u>0,19</u> 0,006	0,089	0,090	8,0
Cl: SO ₄ = – сульфатный									
Опытный участок 3	<u>0,20</u> 0,006	<u>0,64</u> 0,035	<u>14,47</u> 0,704	<u>14,52</u> 0,294	<u>0,49</u> 0,006	<u>0,30</u> 0,009	1,054	1,180	7,7

Таблица 4.7 – Физико-химические свойства почв до проведения мелиорации

№ поля	Гипс, %	Гумус, %	Карбонаты, %	Обменные основания, мг-экв/100 г			Σ ППК Моль/100 г	% от ΣППК		
				Ca	Mg	Na		Ca	Mg	Na
Опытный участок 1	0,162	1,9	0	20,01	8,83	0,51	29,44	71	27	2
Опытный участок 2	0,281	1,9	0	18,14	5,77	0,40	24,31	74	23	3
Опытный участок 3	19,68	1,75	1,3	37,74	0,77	0,39	38,9	94	4	2

Почвы опытного участка 1 (содержание гипса 0,16 %) незасолены с сульфатным химизмом засоления, содержание солей в них не превышало 0,85 %. В результате проведения комплексных мелиораций в варианте с фосфогипсом дозой 30 т/га произошло увеличение содержания солей до 0,533 %, что более чем в 6 раз больше контрольного варианта. При применении ЭТС дозой 42 т/га содержания солей возросло до 0,52 %. В варианте с совместным внесением по 50 % фосфогипса и электролита травления стали содержания солей возросло только до 0,242 % (таблица 4.8) [10].

При применении мелиорантов наблюдались изменения в почвенном поглощающем комплексе (ППК) и увеличилось содержание гипса. Наибольшее количество гипса зафиксировано в варианте с внесением фосфогипса дозой 30 т/га – 0,98 %, в варианте с внесением ЭТС дозой 42 т/га его содержание – 0,4 %, а в варианте с внесением максимального сочетания мелиорантов – 0,32 % (таблица 4.8).

После проведения комплексных мелиораций произошло незначительное изменение реакции почвенного раствора].

Самое значительное снижения содержания солей на второй год исследований отмечается в варианте с внесением фосфогипса дозой 30 т/га – на 30 % по сравнению с контрольным вариантом, в вариантах с внесением ЭТС дозой 42 т/га и сочетанием мелиорантов оно было примерно одинаковым и равнялось 25 % (рисунок 4.7).

На второй год исследований также наблюдается незначительное (до 12 %) снижение содержания гипса во всех вариантах опыта с применением мелиорантов, но показатели содержания гипса превосходят контрольный вариант. Так содержание гипса на второй год исследования в варианте с внесением фосфогипса превышает контрольный вариант в 5 раз, а в варианте с внесением ЭТС и сочетания мелиорантов – в 2 и 1,5 раза соответственно (таблица 4.8, рисунок 4.8).

Как в первый, так и во второй год исследований в вариантах с применением мелиорантов отмечена оптимизация ППК – произошло замещение обменного Mg на обменный Ca (таблица 4.8, рисунок 4.9) [10].

Таблица 4.8 – Влияние комплексной мелиорации на физико-химические свойства почвы опытного участка 1

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 Контроль (без внесения мелиоранта)	0,085	7,9	24,22	0,162	71	27	2
Перед промывкой (ПП) (2023 г.)							
2 Фосфогипс	0,533	7,8	30,77	0,978	74	24	2
3 ЭТС	0,520	7,8	24,92	0,400	73	25	2
4 ½ Фосфогипс + ½ ЭТС	0,242	7,8	27,19	0,320	73	25	2
1 год последствий (2024 г.)							
1 Контроль (без внесения мелиоранта)	0,085	7,9	24,22	0,157	71	27	2
2 Фосфогипс	0,070	7,8	23,07	0,913	85	13	2
3 ЭТС	0,073	7,8	23,51	0,380	81	17	2
4 ½ Фосфогипс + ½ ЭТС	0,076	7,8	23,32	0,301	82	16	2
2 год последствий (2025 г.)							
1 Контроль (без внесения мелиоранта)	0,087	7,9	24,22	0,156	71	27	2
2 Фосфогипс	0,059	7,7	24,71	0,835	86	12	2
3 ЭТС	0,064	7,7	24,46	0,329	82	16	2
4 ½ Фосфогипс + ½ ЭТС	0,065	7,7	24,62	0,267	83	15	2

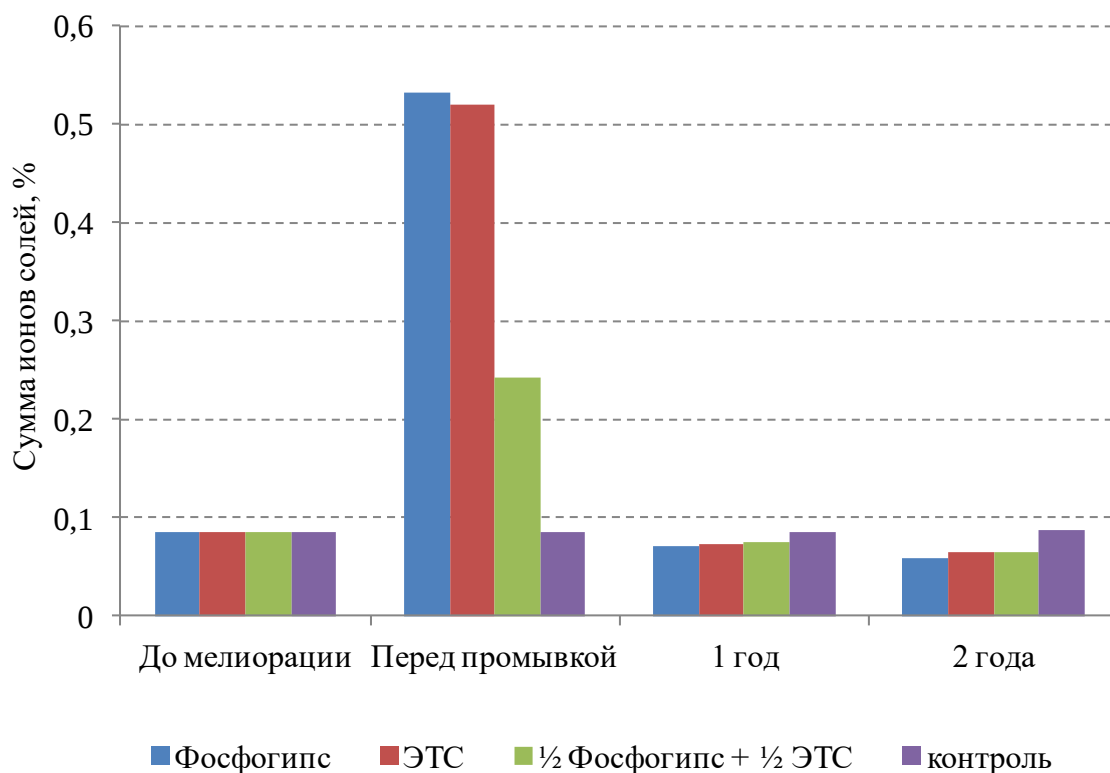


Рисунок 4.7 – Динамика содержания солей (опытный участок 1)

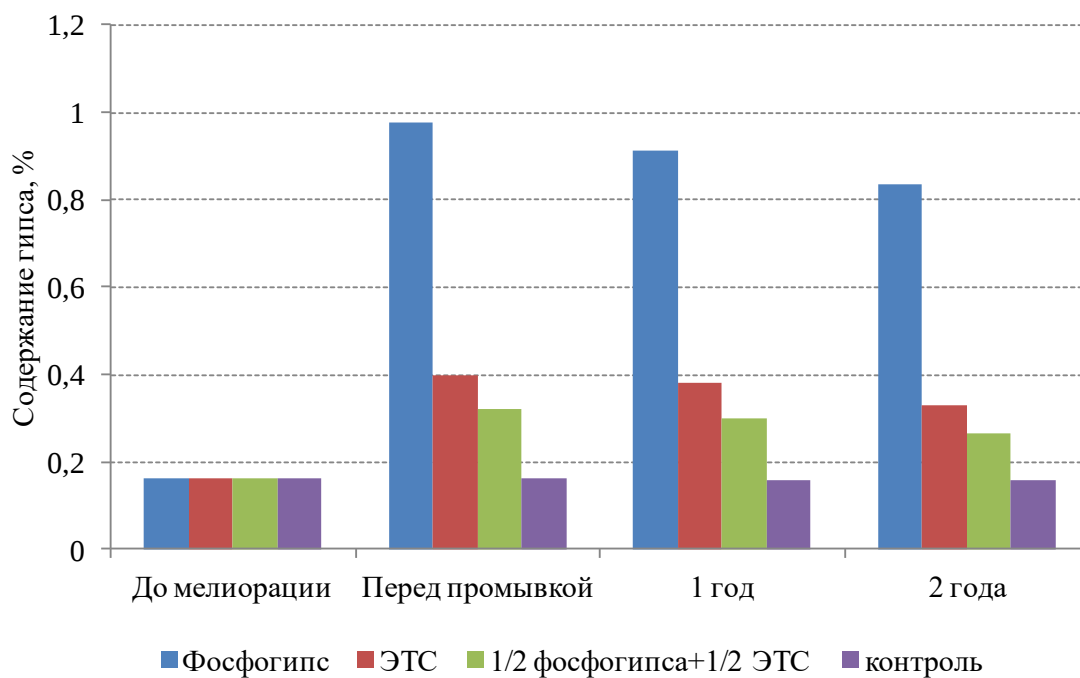


Рисунок 4.8 – Изменение содержания гипса (опытный участок 1)

Во всех вариантах снижение доли обменного Mg на обменный Ca произошло до допустимых параметров. Наилучшие показатели содержания обменного Ca отмечены в обоих годах исследования в варианте с внесением фосфогипса – составляет 85 и 86 % ППК и превышают контроль на 17 %.

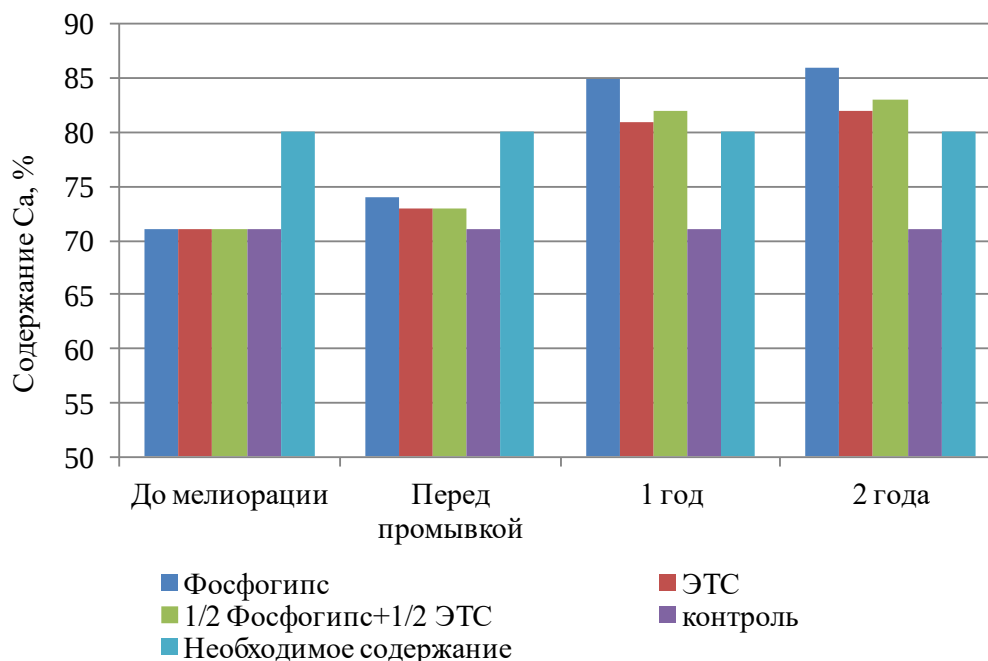


Рисунок 4.9 – Доля кальция в ППК (опытный участок 1)

В других вариантах с применением мелиорантов показатели содержания обменного Са в ППК также превышают контроль на 13 % и достигают необходимого содержания (НС) – 80 % [10].

Почвы опытного участка 2 (содержание гипса 0,28 %) в исходном состоянии также незасолены – содержание солей в них – 0,89 % и имеется хлоридно-сульфатный химизм засоления. После комплексных мелиораций в варианте с применением фосфогипса дозой 20 т/га содержание солей выше в 3 раза контрольного варианта, а на варианте с совместным применением мелиорантов содержание солей возросло в 1,5 раза. В варианте с внесением ЭТС дозой 26 т/га изменение содержания солей по сравнению с контрольным вариантом выше в 2 раза (таблица 4.9).

После использования мелиорантов произошли незначительные изменения в ППК и возросло содержание гипса. В варианте с внесением фосфогипса дозой 20 т/га количество гипса по сравнению с контрольным вариантом увеличилось почти в 2 раза, в вариантах с внесением ЭТС и с внесением сочетания мелиорантов – количество гипса увеличилось незначительно (таблица 4.9) [10].

Таблица 4.9 – Влияние комплексной мелиорации на физико-химические свойства почвы опытного участка 2

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 Контроль (без внесения мелиоранта)	0,089	8,0	22,91	0,281	74	23	3
Перед промывкой (ПП) (2023 г.)							
2 Фосфогипс	0,259	7,9	25,45	0,509	76	21	3
3 ЭТС	0,182	7,9	22,26	0,286	75	22	3
4 ½ Фосфогипс + ½ ЭТС	0,124	7,9	24,82	0,308	75	22	3
1 год последействия (2024 г.)							
1 Контроль (без внесения мелиоранта)	0,089	8,0	22,91	0,281	74	23	3
2 Фосфогипс	0,073	7,8	21,82	0,479	83	15	2
3 ЭТС	0,077	7,8	22,24	0,268	82	15	3
4 ½ Фосфогипс + ½ ЭТС	0,080	7,8	22,01	0,281	83	15	2
2 год последействия (2025 г.)							
1 Контроль (без внесения мелиоранта)	0,090	8,0	22,91	0,280	74	23	3
2 Фосфогипс	0,062	7,8	23,38	0,426	84	15	2
3 ЭТС	0,067	7,8	23,14	0,247	83	14	3
4 ½ Фосфогипс + ½ ЭТС	0,068	7,8	23,25	0,256	84	14	2

В варианте с внесением фосфогипса дозой 20 т/га снижение солей относительно контрольного варианта отмечалось в оба года наблюдений. Так в первый год последствия мелиоранта содержания солей было ниже контрольного варианта на 18 %, а во второй – на 32 %. В варианте с внесением ЭТС дозой 26 т/га в первый год наблюдений снижение содержание солей составило 13 %, а при сочетании мелиорантов оно равнялось 10 %. Во второй год исследования снижение солей относительно контрольного варианта в обоих вариантах показало 25 % (рисунок 4.10).

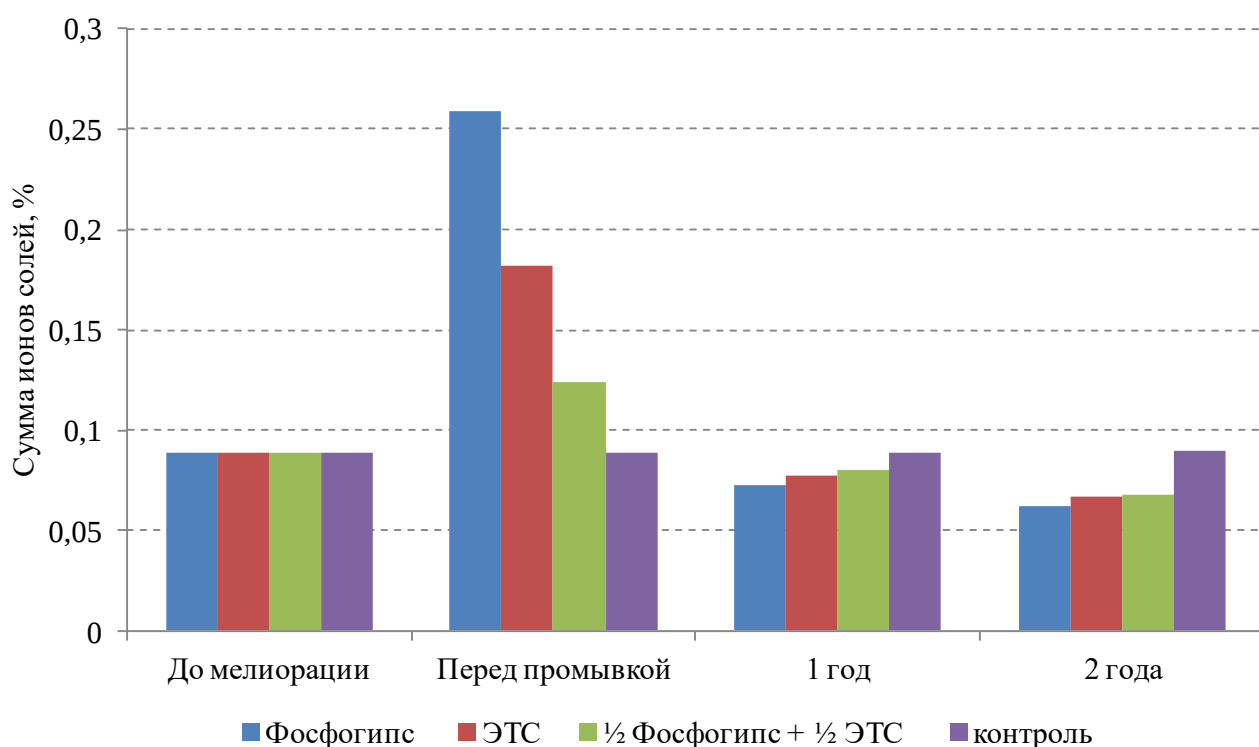


Рисунок 4.10 – Динамика содержания солей (опытный участок 2)

В варианте с внесением фосфогипса дозой 20 т/га наблюдается постепенное снижение содержания гипса за период проведения опыта, но показатели содержания гипса в данном варианте превосходят контрольный в 2 раза. А в вариантах с внесением ЭТС и сочетания мелиорантов содержание гипса незначительно ниже контрольного варианта и по временному отрезку демонстрировало постепенное уменьшение. Возможно, это связано с тем, что гипс был вымыт из почвы в результате промывки (таблица 4.9, рисунок 4.11).

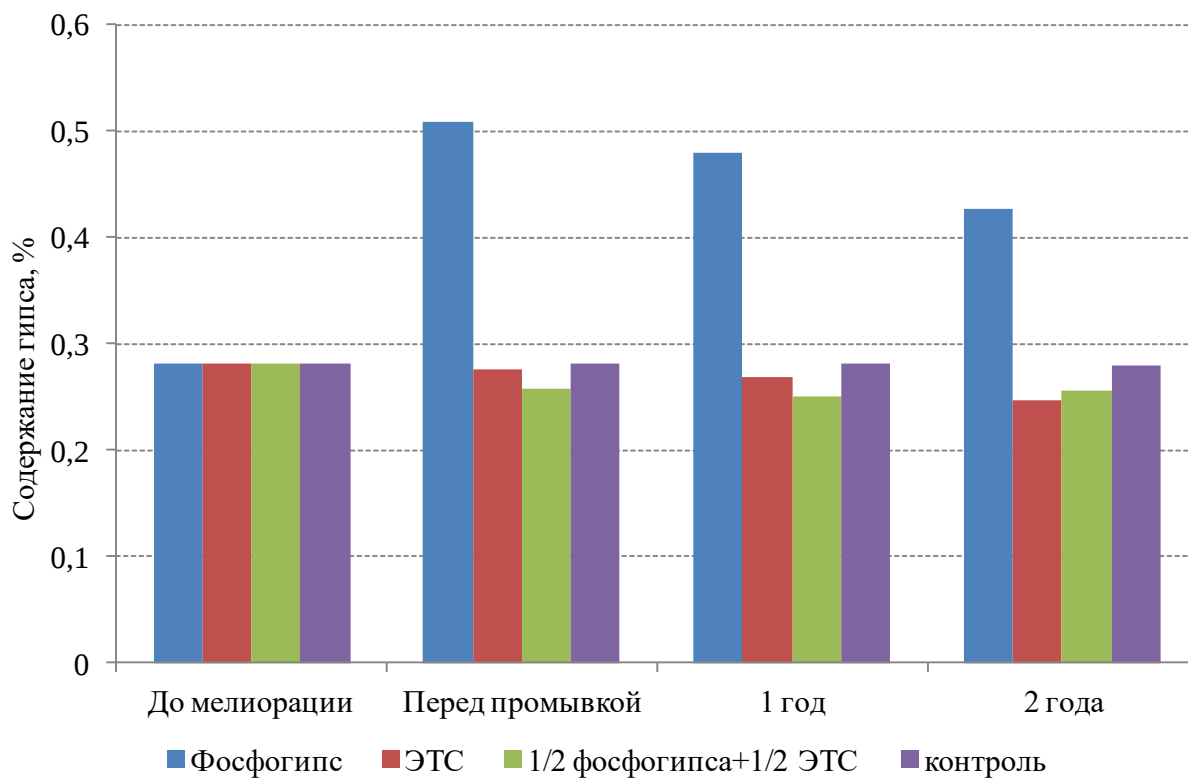


Рисунок 4.11 – Изменение содержания гипса (опытный участок 2)

В почвах опытного участка 2 во всех вариантах снижение доли обменного Mg на обменный Ca произошло до необходимого содержания (таблица 4.9, рисунок 4.12) [10].

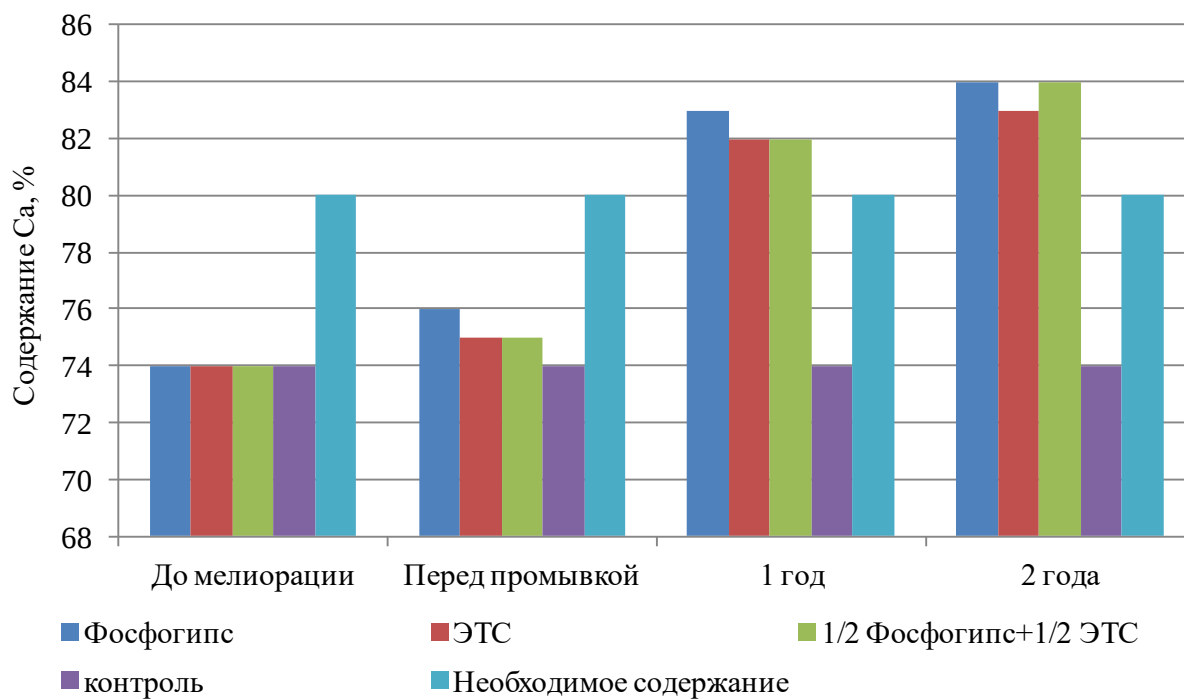


Рисунок 4.12 – Доля кальция в ППК (опытный участок 2)

Почвы опытного участка 3 (содержание гипса 19,68 %) засоленные с сульфатным химизмом засоления – содержание соли 1,054 %. После внесения мелиорантов на всех вариантах опыта содержание солей выросло незначительно – до 10 % (таблица 4.10). Содержание гипса увеличилось на 2–4 %, а в ППК изменения незначительные [10].

Снижение содержания солей в первый год наблюдений в варианте с внесением фосфогипса дозой 30 т/га по сравнению с контрольным вариантом произошло незначительное – менее 1 %. На второй год наблюдений содержание солей осталось прежним. В вариантах с внесением ЭТС и сочетанием мелиорантов содержание солей также снизилось незначительно в обоих годах исследования. Почвы при этом на всех вариантах опыта остались засоленными (рисунок 4.13).

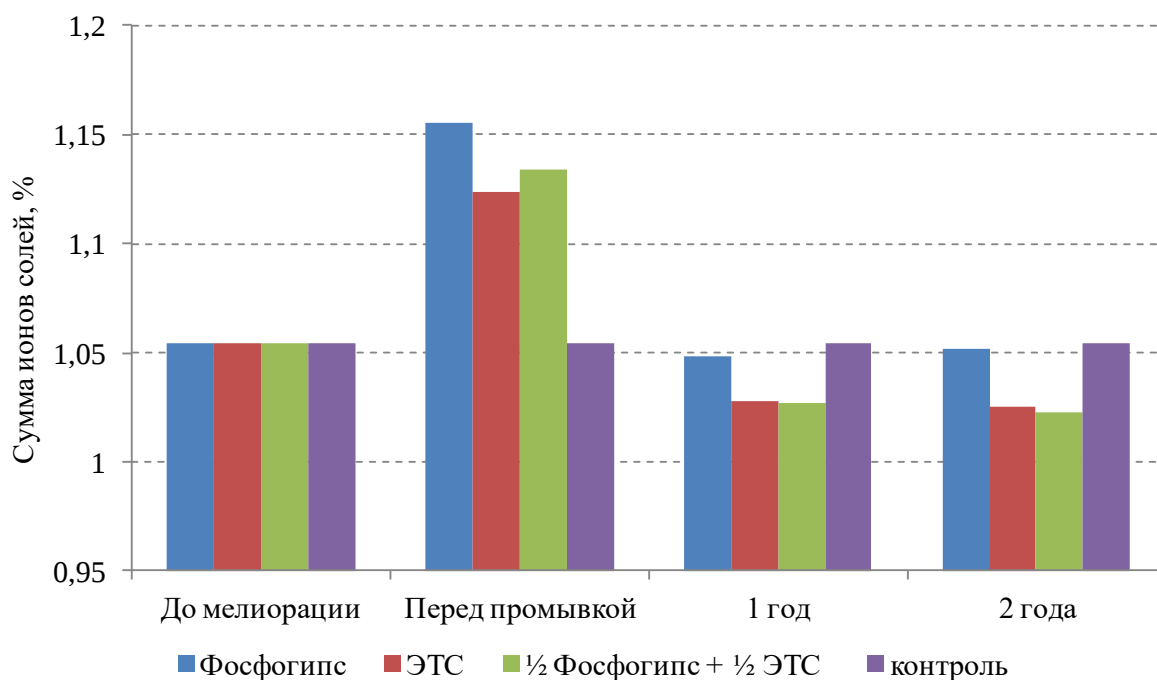


Рисунок 4.13 – Динамика содержания солей (опытный участок 3)

После внесения фосфогипса дозой 30 т/га и проведения промывки в первый год исследований в варианте наблюдается снижение содержания гипса на 30 %, а по сравнению с контрольным вариантом – на 27 %. Однако, в последующий год наблюдений отмечен рост содержания гипса в варианте на 9 %. В варианте с применением в качестве мелиоранта ЭТС содержания гипса уменьшилось почти на половину, и ниже контрольного варианта – на 43 %. Тенденция увеличения содержания гипса во второй год исследований отмечена и в этом варианте [10].

Таблица 4.10 – Влияние комплексной мелиорации на физико-химические свойства почвы опытного участка 3

Вариант опыта	Содержание солей, %	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 Контроль (без внесения мелиоранта)	1,054	7,7	38,22	19,68	94	4	2
Перед промывкой (ПП) (2023 г.)							
2 Фосфогипс	1,155	7,7	38,68	20,52	96	2	2
3 ЭТС	1,134	7,6	37,50	20,05	95	3	2
4 ½ Фосфогипс + ½ ЭТС	1,124	7,6	38,72	20,23	95	3	2
1 год последействия (2024 г.)							
1 Контроль (без внесения мелиоранта)	1,051	7,7	38,22	19,63	94	4	2
2 Фосфогипс	1,048	7,6	38,00	14,35	96	3	1
3 ЭТС	1,028	7,6	37,28	11,17	95	3	2
4 ½ Фосфогипс + ½ ЭТС	1,027	7,6	37,25	12,51	95	3	2
2 год последействия (2025 г.)							
1 Контроль (без внесения мелиоранта)	1,054	7,7	38,22	19,65	94	4	2
2 Фосфогипс	1,052	7,5	38,15	15,86	95	3	2
3 ЭТС	1,025	7,5	37,17	12,32	95	3	2
4 ½ Фосфогипс + ½ ЭТС	1,023	7,5	37,11	14,01	95	3	2

Аналогичные закономерности по содержанию гипса прослеживаются и в варианте с внесением сочетания мелиорантов (таблица 4.10, рисунок 4.14).

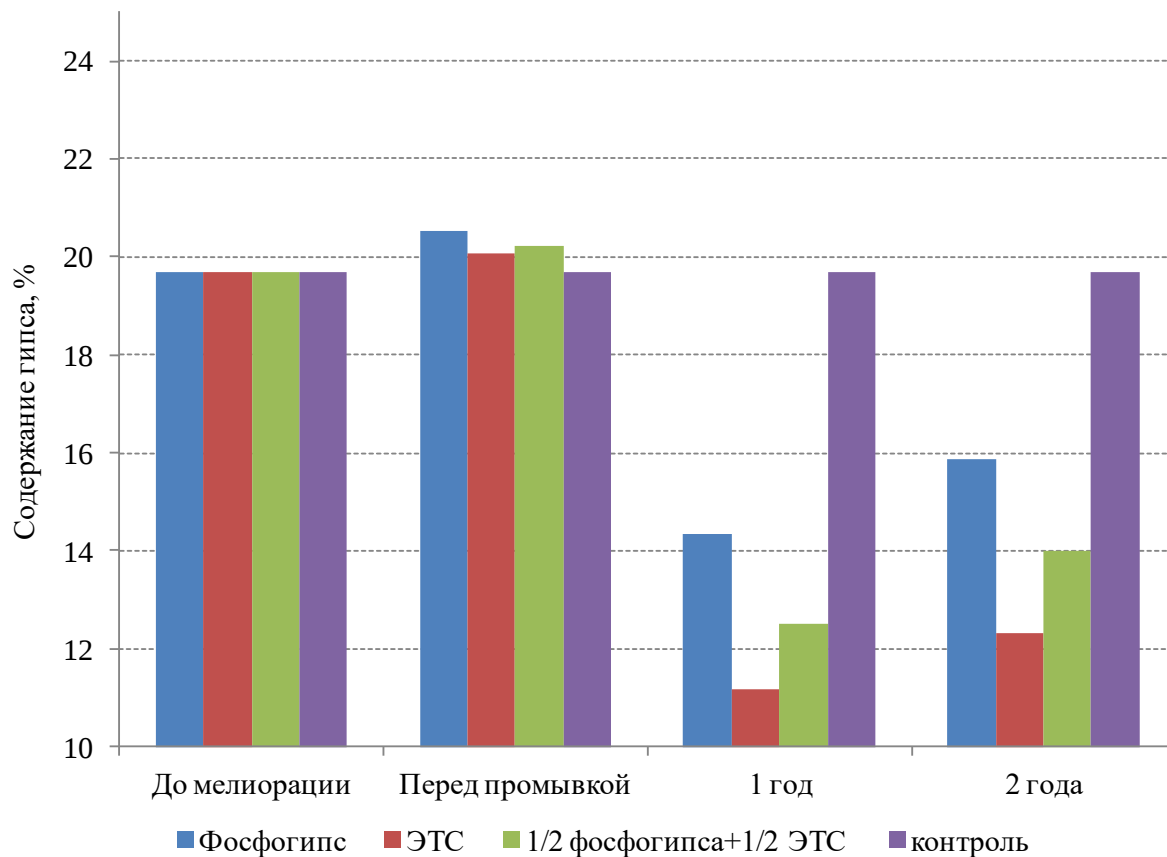


Рисунок 4.14 – Изменение содержания гипса (опытный участок 3)

Изменения в ППК, из-за изначально повышенного содержания обменного Са, от применения мелиорантов не произошли (таблица 4.10, рисунок 4.15).

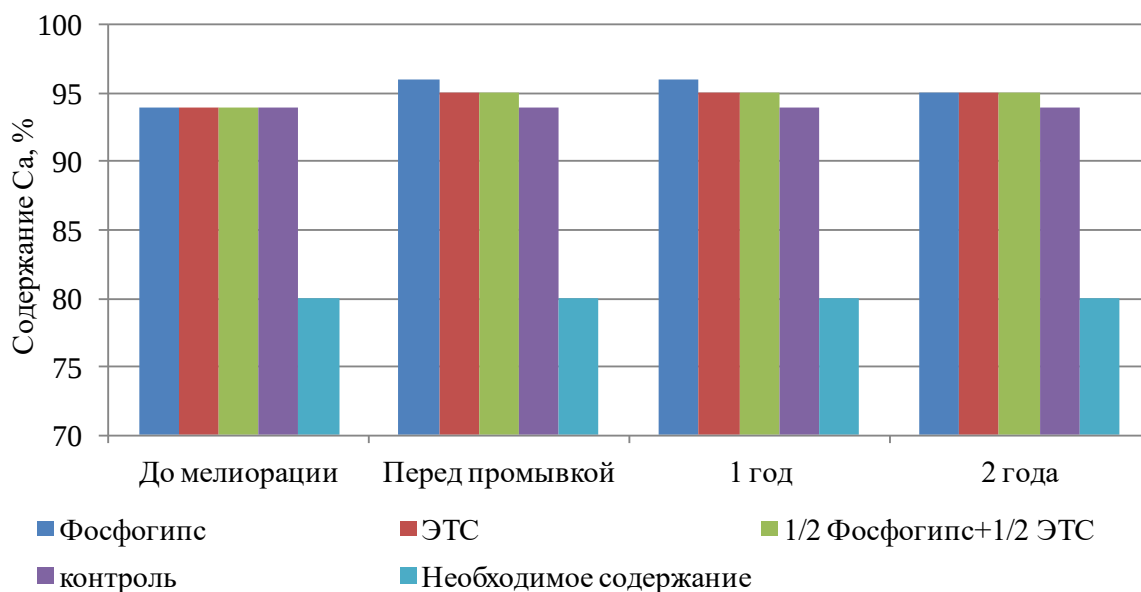


Рисунок 4.15 – Доля кальция в ППК (опытный участок 3)

Заключение после полевого опыта

1. Анализ результатов полевого опыта показал, что применение фосфогипса различными дозами на фоне глубокого рыхления и промывок в разных рисовых чеках с примерно одинаковой засоленностью и составом ППК, позволяет снизить содержание солей в этих чеках и оптимизировать состав ППК (произвести замещение обменного Mg на обменный Ca). Однако показатели ППК оптимальнее в чеке, где вносилась доза фосфогипса 30 т/га. Внесение фосфогипса дозой 30 т/га способствовало большему накоплению гипса в почве, чем при внесении дозы 20 т/га.

2. Использование в качестве мелиоранта ЭТС на фоне глубокого рыхления и промывок также способствовало снижению содержания солей в почве, но в меньшей мере, чем фосфогипс. При внесении ЭТС дозами 26 т/га и 42 т/га произошло замещение обменного Mg на обменный Ca до необходимых показателей. Изменения в содержании обменного Ca в ППК при различных дозах внесения ЭТС примерно одинаковые. При внесении ЭТС большей дозой произошло увеличение содержания гипса в почве, а при внесении дозы 26 т/га изменения в количестве гипса в почве не отмечались.

3. Внесение сочетаний электролитов половинными дозами на фоне глубокого рыхления и промывок в больших количествах способствовало повышению содержания гипса в почве, а также оптимизации ППК и снижению содержания солей. При внесении сочетания фосфогипса и ЭТС дозами 10 т/га + 13 т/га также отмечены снижение засоленности в почве и замещение обменного Mg на обменный Ca до необходимых показателей.

4. Гипсоносные почвы чека 8 с содержанием гипса более 10 % и количеством солей 1,054 % подвергались промывке с использованием фосфогипса и электролита травления стали. Солевой состав почв после проведения химической мелиорации и промывок изменился незначительно. Произошло снижение содержания гипса, но оно все равно осталось высоким. Изменения в ППК незначительные. Это обусловлено тем, что гипсовое засоление этих почв носит природный характер и представлено большим содержанием гипса с легкорастворимыми солями, которые из-за малой растворимости гипса не поддаются промывкам.

Выводы по главе 4

1. Лабораторный и полевой опыты показали, что почвы хлоридно-сульфатного и сульфатного засоления чеков 2 и 4, характеризующиеся магниевой солонцеватостью и недонасыщенностью обменным кальцием ППК, возможно улучшать, используя в качестве мелиоранта фосфогипс и электролит травления стали на фоне глубокого рыхления и промывок. Данные комплексные мелиорации способствовали процессам замены обменных магния и натрия на кальций. Увеличение количества обменного Са можно оценивать как положительное влияние мелиорантов на физико-химические свойства почвы.

2. Применение мелиорантов на высокозагипсованных почвах чека 8 с содержанием гипса более 10 % и легкорастворимых солей более 1,0 % не дало значимых результатов.. Результаты определения солевого состава почв после проведения химической мелиорации и промывок на фоне глубокого рыхления показали, что такие почвы не поддаются мелиорации, так как гипсовое засоление этих почв носит природный характер и представлено большим содержанием гипса с легкорастворимыми солями, которые из-за малой растворимости гипса не поддаются промывкам. Видимо такие почвы целесообразно переводить под другие угодья.

3. В результате анализа полученных данных была выявлена зависимость влияния доз мелиорантов на солеобразование и ППК и получено расчетное уравнение количества доз мелиорантов. Данное уравнение позволяет рассчитать дозу химических мелиорантов в зависимости от содержания гипса, которая не будет отрицательно влиять на засоление почвы и способствующая оптимизации ППК.

4. Комплексная мелиорация засоленных почв рисовых оросительных систем позволяют устранят негативные последствия орошения, улучшать физико-химические свойства почв, оптимизируя состав ППК и регулируя процесс засоления.

ГЛАВА 5 ОЦЕНКА ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ КОМПЛЕКСНОЙ МЕЛИОРАЦИИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР РИСОВЫХ СЕВООБОРОТОВ

5.1 Продуктивность риса и сопутствующей культуры после комплексной ме- лиорации почв рисовых оросительных систем

Для изучения влияния комплексной мелиорации на биометрические показатели сои измерялись площадь листовой поверхности, линейный рост, динамика накопления сухой надземной биомассы в различные фазы развития растений. Полученные данные отражены в таблицах 5.1 – 5.3.

Таблица 5.1 – Линейный рост сои по фазам развития в зависимости
от комплексной мелиорации

Вариант опыта	Высота растений, см		
	Ветвление	Цветение	Налив бобов
Опытный участок 1			
1 Контроль (без внесения мелиоранта)	28,8	69,8	109,2
2 Фосфогипс 30 т/га	39,7	93,7	132,5
3 ЭТС 42 т/га	34,2	81,1	127,3
4 ½ Фосфогипс + ½ ЭТС 15 т/га + 21 т/га	31,1	76,5	117,8
Опытный участок 2			
1 Контроль (без внесения мелиоранта)	26,4	66,2	105,6
2 Фосфогипс 20 т/га	37,0	89,7	128,3
3 ЭТС 26 т/га	32,7	79,5	125,8
4 ½ Фосфогипс + ½ ЭТС 10 т/га + 13 т/га	28,2	72,3	114,5
Опытный участок 3			
1 Контроль (без внесения мелиоранта)	18,9	46,5	84,7
2 Фосфогипс 30 т/га	26,3	64,0	122,6
3 ЭТС 42 т/га	22,7	54,6	100,8
4 ½ Фосфогипс + ½ ЭТС 15 т/га + 21 т/га	21,1	51,4	93,4

Измерения показали, что линейный рост растений сои на опытном участке 1 наибольший по значению на варианте с применением полной дозы фосфогипса и превышает контроль на 37 % в фазу ветвления, на 34 % в фазу цветения и на 21% в фазу налива бобов. На вариантах с применением ЭТС и комбинации половинных доз мелиорантов также отмечается преимущество линейного роста над контролем на 18 и 8 % в фазу ветвления, 16 и 10 % в фазу цветения и 11 и 8 % в фазу налива бобов соответственно (таблица 5.1) [10].

Показатели линейного роста сои на опытном участке 2 на исследуемых ва-

риантах примерно аналогичные показателям опытного участка 1. Высота растений сои в фазу ветвления на исследуемых вариантах опытного участка 3 ниже аналогичных показателей при применении фосфогипса в опытных участках 1 и 2 на 10–13 см, при применении ЭТС – на 10–12 см, а при комбинации половинных доз мелиорантов – на 7–10 см. Закономерность отставания в росте наблюдается на всех вариантах и в фазах цветения и налива бобов.

Показатели нарастания площади листовой поверхности по этим же фазам показывают, что они аналогичны закономерностям линейного роста, но различия между вариантами менее значительные. На опытном участке 1 нарастание площади листовой поверхности на вариантах с применением мелиорантов выше, чем на контроле на 5–14 % в фазу ветвления, в фазу цветения на 12–22 %, а при наливе бобов на 11–16 %. На опытном участке 2 в фазу ветвления больше на 11–23 %, цветения на 12–23 %, в фазу налива бобов – 10–16 %. На опытном участке 3 в фазу ветвления превышение площади листовой поверхности над контрольным вариантом колеблется от 5 до 15 %, в фазу цветения составляет 11–26 %, а при наливе бобов – 9–16 % (таблица 5.2).

Таблица 5.2 – Нарастание площади листовой поверхности по фазам развития в зависимости от комплексной мелиорации

Вариант опыта	Площадь листовой поверхности, тыс. м ² /га		
	Ветвление	Цветение	Налив бобов
Опытный участок 1			
1 Контроль (без внесения мелиоранта)	24,5	35,6	67,0
2 Фосфогипс 30 т/га	28,2	43,6	77,6
3 ЭТС 42 т/га	27,2	42,2	75,4
4 ½ Фосфогипс + ½ ЭТС 15 т/га + 21 т/га	25,9	40,1	74,1
Опытный участок 2			
1 Контроль (без внесения мелиоранта)	21,1	33,7	65,1
2 Фосфогипс 20 т/га	25,9	41,4	75,8
3 ЭТС 26 т/га	25,0	39,9	73,1
4 ½ Фосфогипс + ½ ЭТС 10 т/га + 13 т/га	23,6	37,8	71,8
Опытный участок 3			
1 Контроль (без внесения мелиоранта)	16,3	23,8	55,2
2 Фосфогипс 30 т/га	18,7	29,9	64,3
3 ЭТС 42 т/га	18,0	28,2	61,4
4 ½ Фосфогипс + ½ ЭТС 15 т/га + 21 т/га	17,1	26,5	60,5

Накопление сухой надземной биомассы в фазу налива бобов на опытном участке 1 лучше всего происходило на варианте с применением полной дозы

фосфогипса – превышение контроля на 3,93 т/га или 32 %. Варианты с внесением ЭТС и комбинации мелиорантов были на 19 и 9 % соответственно выше контрольного варианта. Накопление сухой надземной биомассы в фазу налива бобов. На опытном участке 2 примерно соответствовало показателям аналогичных вариантов опытного участка 1 (28, 18 и 8 % соответственно). На опытном участке 3 показатели накопления сухой надземной биомассы были примерно одинаковы на всех вариантах опыта – разница около 7 % (таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Накопление сухой надземной биомассы по фазам развития сои в зависимости от комплексной мелиорации, т/га

Вариант опыта	Надземная биомасса		
	Ветвление	Цветение	Налив бобов
Опытный участок 1			
1 Контроль (без внесения мелиоранта)	2,93	7,21	12,44
2 Фосфогипс 30 т/га	4,57	10,07	16,37
3 ЭТС 42 т/га	3,63	8,94	14,80
4 ½ Фосфогипс + ½ ЭТС 15 т/га + 21 т/га	3,09	8,05	13,52
Опытный участок 2			
1 Контроль (без внесения мелиоранта)	2,64	7,0	12,43
2 Фосфогипс 20 т/га	4,12	9,56	15,87
3 ЭТС 26 т/га	3,39	8,68	14,62
4 ½ Фосфогипс + ½ ЭТС 10 т/га + 13 т/га	2,87	7,91	13,38
Опытный участок 3			
1 Контроль (без внесения мелиоранта)	1,97	4,83	10,26
2 Фосфогипс 30 т/га	2,17	5,07	11,07
3 ЭТС 42 т/га	2,08	4,96	10,90
4 ½ Фосфогипс + ½ ЭТС 15 т/га + 21 т/га	2,05	4,92	10,35

Влияние комплексной мелиорации на урожайность сои отражено в таблице 5.4 и на рисунке 5.1.

Таблица 5.4 – Урожайность сои в зависимости от комплексной мелиорации

Вариант опыта	Урожайность	Прибавка	
		т/га	%
1	2	3	4
Опытный участок 1			
1 Контроль (без внесения мелиоранта)	2,25	–	–
2 Фосфогипс 30 т/га	4,19	1,94	86
3 ЭТС 42 т/га	3,90	1,65	74
4 ½ Фосфогипс + ½ ЭТС 15 т/га + 21 т/га	3,75	1,50	67
НСР ₀₅	0,28	–	
Опытный участок 2			
1 Контроль (без внесения мелиоранта)	1,82	–	–
2 Фосфогипс 20 т/га	4,02	2,2	120

Продолжение таблицы 5.4

1	2	3	4
3 ЭТС 26 т/га	3,43	1,61	88
4 ½ Фосфогипс + ½ ЭТС 10 т/га + 13 т/га	3,29	1,47	81
НСР ₀₅	0,21	—	
Опытный участок 3			
1 Контроль (без внесения мелиоранта)	1,52	—	—
2 Фосфогипс 30 т/га	1,76	0,24	16
3 ЭТС 42 т/га	1,72	0,20	13
4 ½ Фосфогипс + ½ ЭТС 15 т/га + 21 т/га	1,63	0,11	7
НСР ₀₅	0,13	—	

Анализ полученных данных показал, что урожайность сои на опытном участке 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 на опытном участке 2 при внесении фосфогипса 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 опытном участке 3 прибавка урожая на вариантах с применением мелиорантов превышала контрольный вариант незначительно, а максимальная – 16 % при внесении фосфогипса дозой 30 т/га (рисунок 5.1) [10].

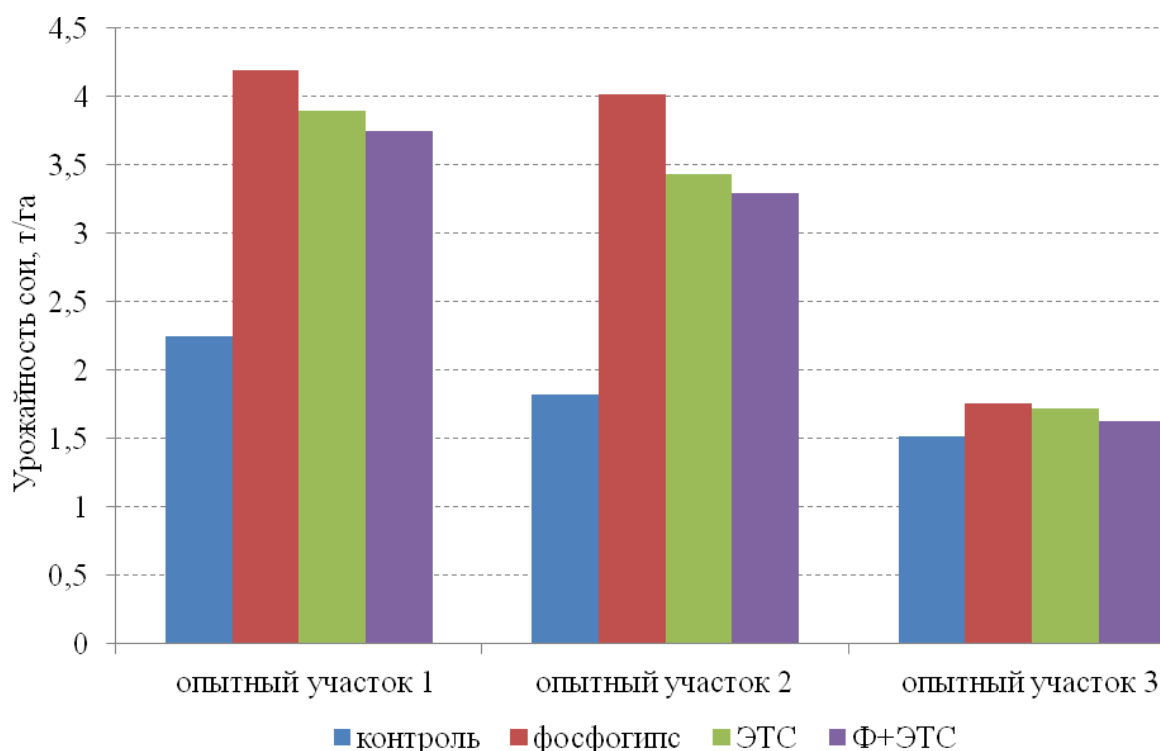


Рисунок 5.1 – Урожайность сои после комплексной мелиорации, 2024 г

Также изучалось влияние химических мелиорантов на фоне глубокого рыхления и промывки на урожайность риса сорта «Боярин» (таблица 5.5).

Полученные результаты исследования по влиянию комплексной мелиорации на урожайность риса показали, что они обеспечивают прибавку урожая риса от 16 до 63 %. Максимальная прибавка урожая риса (около 1 т/га) на сильно гипсоносных почвах получена от внесения фосфогипса дозой 30 т/га (рисунок 5.2).

Таблица 5.5 – Урожайность риса в зависимости от комплексной мелиорации

Вариант опыта	Урожайность	Прибавка	
		т/га	%
Опытный участок 1			
1 Контроль (без внесения мелиоранта)	4,12	–	–
2 Фосфогипс 30 т/га	6,67	2,55	62
3 ЭТС 42 т/га	5,68	1,56	37
4 ½ Фосфогипс + ½ ЭТС 15 т/га + 21 т/га	4,88	0,76	18
НСР ₀₅	0,43		
Опытный участок 2			
1 Контроль (без внесения мелиоранта)	4,37	–	–
2 Фосфогипс 20 т/га	6,77	2,40	54
3 ЭТС 26 т/га	6,13	1,76	40
4 ½ Фосфогипс + ½ ЭТС 10 т/га + 13 т/га	5,22	0,85	19
НСР ₀₅	0,44		
Опытный участок 3			
1 Контроль (без внесения мелиоранта)	3,24	–	–
2 Фосфогипс 30 т/га	4,16	0,92	28
3 ЭТС 42 т/га	3,84	0,6	19
4 ½ Фосфогипс + ½ ЭТС 15 т/га + 21 т/га	3,55	0,31	10
НСР ₀₅	0,24		

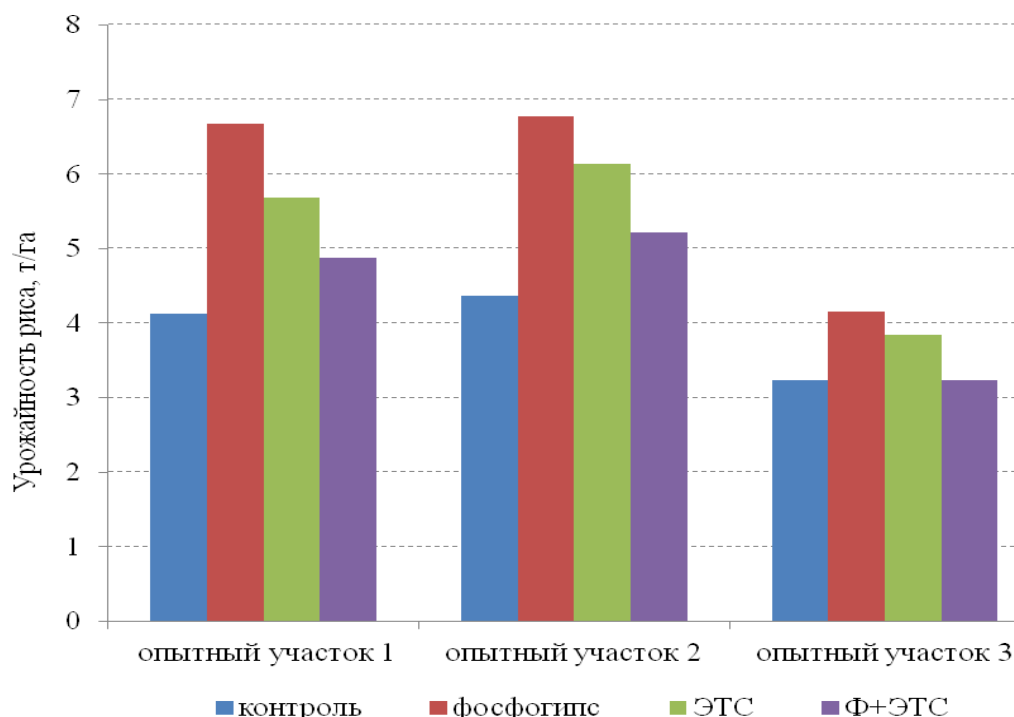


Рисунок 5.2 – Урожайность риса после комплексной мелиорации, 2025 г

5.2 Экономическая эффективность комплексной мелиорации почв рисовых оросительных систем

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 (таблица 5.6) [142].

Результаты урожайности сои в первый год исследований показал положительное влияние комплексных мелиораций на ее урожайность. Прибавка урожайности сои на опытных участках 1 и 2 составила от 1,47 до 2,2 т/га. Незначительная прибавка урожая сои отмечалась только в сильно гипсоносных почвах, где, в общем, отмечалась сама низкая урожайность (таблица 5.4).

Прибавка урожайности риса во второй год исследований на опытном участке 1 в зависимости от применяемого мелиоранта составила от 0,76 до 2,55 т/га. Прирост

урожая риса на опытном участке 2 составил от 0,85 до 2,4 т/га. Прибавка урожая риса отмечалась также в сильно гипсоносных почвах (таблица 5.5).

Результаты урожайности сои свидетельствуют, что в первый год последствия комплексных мелиораций наиболее эффективным является фосфогипс. При внесении его в дозе 30 т/га прибавка урожая сои составила почти 2 т/га и 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 5.7).

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 5.7).

В сильно гипсоносных почвах после проведения комплексных мелиораций прибавка урожая сои и риса составила от 0,11 до 0,24 т/га и 0,31 до 0,92 т/га соответственно. Прибыль от стоимости дополнительной продукции не окупает затраты на проведение комплексной мелиорации.

Для оценки эффективности действия комплексной мелиорации проведена сравнительная характеристика в зерновых единицах урожайности риса и сои (таблица 5.8).

Коэффициенты перевода в зерновые единицы представлены в Приказе Минсельхоза РФ от 11 января 2013 г. № 6 «Об утверждении коэффициентов перевода в зерновые единицы сельскохозяйственных культур» [105].

Таблица 5.6 – Затраты на проведение химической мелиорации в зависимости от дозы мелиоранта, тыс. руб/га

Элемент технологии	Фосфогипс, 30 т/га	ЭТС, 42 т/га	½ Ф. + ½ (ЭТС), 15 т/га + 21 т/га	Фосфогипс, 20 т/га	ЭТС, 26 т/га	½ Ф. + ½ (ЭТС), 10 т/га + 13 т/га
Стоимость мелиоранта	5	1	3	3	1	2
Доставка мелиоранта	45	45	45	30	30	30
Приготовление, внесение	15	5	20	10	5	15
Промывка (400/5700 м³/га)	1/15,5	1/15,5	1/15,5	1	1	1
Глубокое рыхление	10	12	12	12	12	12
Стоимость проектно-сметной документации	2	2	2	2	2	2
Итого	80	66	83	58	51	62

Таблица 5.7 – Экономическая эффективность проведения химической мелиорации, тыс. руб/га

Вариант опыта	Прибавка урожая от химической мелио- рации, т/га соя/рис	Затраты на мелиора- цию	Стоимость дополнительной продукции сои	Стоимость дополнительной продукции риса	Дополнительная прибыль при воз- делывании сои	Дополнительная прибыль при воз- делывании риса
Опытный участок 1						
Фосфогипс (30 т/га)	1,94/2,55	80	97	63,8	17	63,8
Электролит травления стали (ЭТС) 42 т/га	1,65/1,56	66	82,5	31,5	16,5	31,5
½ Фосфогипс + ½ (ЭТС) 15 /га + 21 т/га	1,5/0,76	83	75	19	–	11
Опытный участок 2						
Фосфогипс (20 т/га)	2,2/2,4	58	110	60	52	60
Электролит травления стали (ЭТС) 26 т/га	1,61/1,76	51	80,5	44	29,5	44
½ Фосфогипс + ½ (ЭТС) 10 /га + 13т/га	1,47/0,85	62	73,5	21,30	11,5	21,3
Опытный участок 3						
Фосфогипс (30 т/га)	0,24/0,92	80	12	23	–	–
Электролит травления стали (ЭТС) 42 т/га	0,2/0,6	66	10	15	–	–
½ Фосфогипс + ½ (ЭТС) 15 /га + 21 т/га	0,11/0,31	83	5,5	7,8	–	–

Таблица 5.8 – 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

Выводы по главе 5

1. Прибавка урожая сои и риса отмечалась на всех вариантах исследований. Максимальная прибавка урожая сои наблюдалась на ОУ 2 при внесении 20 т/га фосфогипса и превышала контрольный вариант почти на 120 %, а максимальная прибавка урожая риса 62 % получена на ОУ 1 при внесении 30 т/га фосфогипса. Внесение мелиорантов на сильно гипсоносных почвах не принесло существенной прибавки урожайности сои и риса.

2. Наибольшая дополнительная прибыль на посевах сои за первый год последействия отмечена на ОУ 2 на вариантах с внесением фосфогипса 20 т/га – 52 тыс. руб. Дополнительная прибыль возделывания сои от внесения химических мелиорантов наблюдалась во всех вариантах этого ОУ. Дополнительная прибыль от проведения мелиоративных мероприятий наблюдалась на всех вариантах опыты ОУ 1, кроме варианта с комбинацией внесения мелиорантов. Срок окупаемости затрат по вариантам исследований составляет один год.

3. Дополнительная прибыль от возделывания риса на ОУ 1 и 2 максимальная при внесении различных доз фосфогипса и равняется 60–64 тыс. руб., а при внесении комбинаций мелиорантов она составляет от 19 до 21 тыс. руб.

4. В сильно гипсоносных почвах внесение химических мелиорантов является экономически неэффективным из-за больших затрат на проведение комплексной мелиорации и незначительных прибавок урожая сои и риса.

5. Урожайность риса после проведения комплексной мелиорации по всем вариантам опыта превышает показатели до ее проведения от 26 до 73 % на опытном участке 1, от 25 до 62 % на опытном участке 2 и то 17 до 37 % на опытном участке 3.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследования сформулированы следующие выводы.

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

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

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

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

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

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 агро-мелиоративных мероприятий по показателям свойств почвы и программа ЭВМ (свидетельство о государственной регистрации № 2021668224).

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

При низком содержании гипса в почве для расчета доз химических мелиорантов (фосфогипс, ЭТС и их сочетаний) рекомендуется использовать полученные зависимости влияния доз мелиорантов на солеобразование, состав и свойства 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 является нецелесообразным, и такие сельскохозяйственные земли рекомендуется переводить в другие категории земель.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

заключается в:

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

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

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аветов, Н. А. Национальный атлас почв Российской федерации / Н. А. Аветов [и др.]; под ред. С. А. Шоба. – М.: Изд-во Астрель, 2011. – 632 с.
2. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: метод. руководство. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. 784 с.
3. Аканова, Н. И. Фосфогипс нейтрализованный – перспективное агрохимическое средство интенсификации земледелия / Н. И. Аканова // Плодородие. – 2013. – №1. – С. 2–7
4. Аманбаева, Б. Ш. Комплексная мелиорация деградированных орошаемых земель юга Казахстана / Б. Ш. Аманбаева, Р. К. Бекбаев, Р. А. Джайсамбекова // Наука и мир. – 2017. – Т. 1. № 11 (51). – С. 56–59.
5. Амелин, В. П. Эколого-ландшафтные основы устойчивого рисоводства: монография / В. П. Амелин, С. А. Владимиров. – Краснодар: КубГАУ. – 2008. – 447 с.
6. Атакулов, Т. Агробиологический способ улучшения деградированных орошаемых земель Акдалинского массива орошения / Т. Атакулов, Ж. Оспанбаев, К. Ержанова // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: сб. науч. тр. по материалам V Международ. науч. эколог. конф., посвященной 95-летию Кубанского ГАУ. – 2017. – С. 183–184.
7. Бабаев, М. П. Основные виды деградации почв в Кура-Аразской низменности Азербайджана / М. П. Бабаев, Э. А Гурбанов, Ф. М. Рамазанова // Почвоведение [Электронный ресурс]. – 2015. – № 4. – С 501–512. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_23103172_72760445.pdf (дата обращения: 14.01.2025). DOI: 10.7868/S0032180X15040024
8. 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

9. 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

10. 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.

11. 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.

12. 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.

13. 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.

14. 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.

15. 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
16. Баженов, М. Г. Статистические закономерности миграции солей при промывки засоленной почвы / М. Г. Баженов // Почвоведение. – 1983. – №4. – с. 189–192.
17. Байшанова, А. Е. Проблемы деградации почв. Анализ современного состояния плодородия орошаемых почв Республики Казахстан / А. Е. Байшанова, Б. Ш. Кедельбаев // Научное обозрение. Биологические науки. – 2016. – № 2. – С. 5–13.
18. Балакай, Г. Т. Мелиоративное состояние рисовых оросительных систем и необходимые мероприятия по увеличению производства риса на юге России / Г. Т. Балакай, О. А. Борешевская, М. С. Миронченко // Вестник аграрной науки Дона. – 2010. – № 3. – С 113–119.
19. Бигараев, О. К. Глубокое рыхление почвы в хлопкосеющей зоне юга Казахстана / О. К. Бигараев // Наука и мир. – 2015. – № 4-3 (20). – С. 90–91.
20. Болдырев, В. В. Химическая мелиорация солонцов в условиях орошения / В. В. Болдырев // Орошаемое земледелие. – 2020. – № 4. – С. 33–35.
21. Борешевская, О. А. Восстановление плодородия почв при мелиорации засоленных почв на рисовых оросительных системах Ростовской области / О. А. Борешевская // Зерновое хозяйство России [Электронный ресурс]. – 2011. – № 2(14). – С 49–53. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16544830> (дата обращения: 20.01.2025).
22. Боровой, Е. П. Влияние мелиоративных приемов обработки почвы и способов посева на урожайность риса в условиях Сарпинской низменности / Е. П. Боровой, А. А. Душкина, Дедова Э. Б. // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 3(39). – С 37–43.

23. Борьба с засолением земель. / Под ред. В. А. Ковды – М.: Колос, 1981. – 320 с.
24. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
25. Вальков, В. Ф. Засоление почв. Вторичное засоление / В. Ф. Вальков, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников // Почвоведение: учебник для вузов. – М.: ИКЦ МарТ, Ростов-на-Дону: Издательский центр МарТ, 2004. 496 с.
26. Воеводина, Л. А. Магний для почвы и растений / Л. А. Воеводина, О. В. Воеводин // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2015. – № 2(18). С. 70–81. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=334&id=339>. (дата обращения: 10.02.2026).
27. Волобуев, В. Р. О закономерности выщелачивания солей из почвы / В. Р. Волобуев // Гидротехника и мелиорация. – 1983. – №7. – С. 66–68.
28. Воронин, Б. А. Проблемы организации рационального использования и охраны земель сельскохозяйственного назначения / Б. А. Воронин // Аграрный вестник Урала. – 2013. – № 12 (118). – С. 73–75.
29. Вяль Ю. А. Особенности генезиса гипсоносных луговых почв в условиях Пензенской области / Ю. А. Вяль, Л. А. Новикова, Г. А. Карпова, С. В. Лойко // Нива Поволжья. – 2013. – № 2(27). – С. 21–27.
30. Генетическое и экологическое значение гранулометрического состава. URL: <https://helpiks.org/7-36076.html> (дата обращения 15.01.2024).
31. Гогмачадзе, Г. Д. Деградация почв: причины, следствия, пути снижения и ликвидации / Г. Д. Гогмачадзе; предисл. и общ. ред. Д.М. Хомякова. – М.: Издательство Московского университета, 2011. – 272 с.
32. Годельман, Я. М. Неоднородность почвенного покрова и использование земель / Я. М. Годельман. – М.: Наука, 1981. – 200 с.
33. Годунова, Е. И. Состояние и пути повышения продуктивности орошаемых земель в Ставропольском крае / Е. И. Годунова, Н. Н. Шаповалова, С. Н. Шкабарда, А. И. Хрипунов // Плодородие. – 2017. – № 5(98). – С. 44–47.

34. ГОСТ 26950–86. Метод определения обменного натрия [Электронный ресурс]. Введ. 1987-07-01. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

35. ГОСТ Р 58330.2–2018. Мелиорация. Виды мелиоративных мероприятий и работ. Классификация. [Электронный ресурс]. Введ. 2019–07–01. М.: Стандартиформ, 2019. 23 с. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

36. ГОСТ Р 58595–2019 Почвы. Отбор проб. [Электронный ресурс]. URL: <https://fsvps.gov.ru/files/gost-r-58595-2019-nacionalnyj-standart-rossi/?ysclid=m1iw396zgp630013741> (дата обращения: 10.01.2025).

37. ГОСТ 26423–85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. Введ. 1986-01-01. М.: Стандартиформ, 2011. 4 с.

38. ГОСТ 26424–85. Почвы. Метод определения ионов карбоната и бикарбоната в водной вытяжке [Электронный ресурс]. Введ. 1986-01-01. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

39. ГОСТ 26425–85. Почвы. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке [Электронный ресурс]. Введ. 1986-01-01. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

40. ГОСТ 26426–85. Почвы. Методы определения иона сульфата в водной вытяжке [Электронный ресурс]. Введ. 1986-01-01. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

41. ГОСТ 26427–85. Почвы. Метод определения натрия и калия в водной вытяжке [Электронный ресурс]. Введ. 1986-01-01. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

42. ГОСТ 26428–85. Почвы. Методы определения кальция и магния в водной вытяжке [Электронный ресурс]. Введ. 1986-01-01. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

43. ГОСТ 26487–85. Почвы. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО [Электронный ресурс]. Введ. 1986-07-01. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

44. ГОСТ 58820-2020. Фосфогипс для сельского хозяйства. Технические условия [Электронный ресурс]. Введ. 2020-07-01. URL: <http://gostassistant.ru/doc/d56102e9-43b3-4f20-9b00-38dacfa95860?ysclid=lpwid0q2kt296178225> (дата обращения: 18.12.2024).

45. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2023 году» [Электронный ресурс]. – URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2023/ (дата обращения 12.01.2023).

46. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году» [Электронный ресурс]. – URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2017_/2018 (дата обращения 12.01.2023).

47. Гринь, В. Г. Агромелиоративные мероприятия по улучшению засоленных земель и повышению урожая риса / В. Г. Гринь, И. А. Литвяхова // VII Международная научно-практическая конференция «Вызовы современности и стратегии развития общества в условиях новой реальности», г. Махачкала, 28 апреля 2022. – Махачкала, 2022. – С. 91–94.

48. Гурбанова, З. Р. Мелиорация, включенных в севооборот солонцовых почв Прикаспийской низменности сернокислыми отходами / З. Р. Гурбанова, С. К. Ибрагимов // Экология и строительство [Электронный ресурс]. – 2018. – № 4. – С. 25–33. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36921144&ysclid=m4mnq20173200204065> (дата обращения: 18.12.2024). DOI: 10.24411/2413-8452-2018-10017.

49. Дедова, Э. Б. Комплексная мелиорация засоленных почв рисовых полей в Калмыкии / Э. Б. Дедова, Г. Н. Кониева, Б. Г. Пюрбеев, Р. М. Шабанов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 3. – С. 36–38.

50. Дедова, Э. Б. Технология возделывания риса на засоленных почвах Сарпинской низменности / Э. Б. Дедова, Г. Н. Кониева, С. Н. Чимидов, Р. М. Шабанов, А. А. Дедов // Научная жизнь [Электронный ресурс]. – 2019. – Т. 14, № 4. – С. 423–

429. URL: http://www.sced.ru/ru/ru/index.php?option=com_content&view=article&id=849 (дата обращения: 06.02.2025). DOI: 10.26088/INOV.2019.92.30081

51. Джураев, А. М. Засоление почв и меры по борьбе с этим явлением / А. М. Джураев, А. И. Бийбосунов // Известия ВУЗов Кыргызстана. – 2017. – № 1. – С. 3–6.

52. Докучаева, Л. М. Изменчивость и экологическое состояние рисовых почв Ростовской области (на примере рисовой системы ООО «Маньч-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>.

53. Докучаева, Л. М. О правилах проведения мероприятий по химической мелиорации почв / Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, О. Ю. Шалашова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2016. № 4(64). С. 177–182.

54. Докучаева, Л. М. Эффективность использования фосфогипса с органикой для почв комплексного покрова при орошении / Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, А. Н. Бабичев // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. – 2022. – Т. 12, № 4. – С. 1–19. URL: <https://rosniipmsm.ru/article?n=1309> (дата обращения: 16.01.2025). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-4-1-19>.

55. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: кн. по требованию, 2012. – 352 с.

56. Доспехов, Б. А. Практикум по земледелию / Б. А. Доспехов, И. П. Васильев, А. М. Туликов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 383 с.

57. Жумабеков, Э. Ж. Засоленные почвы Кыргызстана и пути их мелиорации / Э. Ж. Жумабеков, Б. Ы. Саипов, Ж. Талгарбек. // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К. И. Скрябина. – 2018. – № 2(47). С. 114–121.

58. Зайдельман, Ф. Р. Деградация мелиорированных почв России и сопредельных стран в результате изменения их водного режима и способы защиты / Ф. Р. Зайдельман. – Воронеж: Кварта, 2014. – 69 с.

59. Зайдельман, Ф. Р. Мелиорация почв. 3-е издание., 312 испр. и доп. / Ф. Р. Зайдельман. – М.: Изд-во МГУ, 2003. – 448 с.

60. Зунгруева, С. Н. Технологии фитомелиорации деградированных орошаемых земель в республике Калмыкия растениями солодки голой и пырея солончакового / С. Н. Зунгруева // Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения: материалы междунар. науч.-практ. конф., г. Москва, 29–30 марта 2016. – Москва, 2016. – С. 237–241.

61. Ибрагимов, С. К. Влияние различных доз гипса на рассоление почв зимних пастбищ Прикаспийской низменности привлеченных к севообороту / С. К. Ибрагимов, О. Г. Керимова // Azərbaycan aqrar elmi. – 2017. – № 4. – С. 122–127.

62. Ибрагимов, С. К. Действие органоминерального мелиоранта при промывках на оздоровление солонцеватых почв Азербайджана / С. К. Ибрагимов, Р. Х. Джамалова, М. Г. Мустафаев // Мелиорация и гидротехника. [Электронный ресурс]. – 2023. – Т. 13, № 1. – С. 73–86. URL: <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-1-73-86>. (дата обращения: 14.01.2025).

63. Ибрагимов, С. К. Мелиоративные средства длительного действия и изучение их эффективности при улучшении почв / С. К. Ибрагимов, О. У. Керимова, Э. М. Мусаева // Азербайджанский Аграрный научный журнал – 2018. – №4. – С.82–84.

64. Иванищев, В. В. Засоление почвы и его влияние на растения / В. В. Иванищев, Т. Н. Евграшкина, О. И. Бойкова, Н. Н. Жуков // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2020. – № 3. – С. 28-42.

65. Иванов, А. С. Эрозия почв на орошаемых землях в Краснодарском крае и меры борьбы с ней / А. С. Иванов, А. Д. Качан, Э. Н. Цораева // Colloquium-journal. – 2019. – № 10–2 34. – С. 32–34.

66. Икромов, И. И. Влияние дифференцированного глубокого рыхления на водно-физические свойства почвы / И. И. Икромов // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири (в пяти томах). Том 4 Оптимизация сельскохозяйственных ландшафтов / под ред. академика РАН

В. Г. Сычева, Л. Мюллера. – М.: изд-во ФГБНУ «ВНИИ агрохимии», 2018. – С. 139–144.

67. Искендеров, М. Я. Влияние химических мелиорантов на работу дренажа при промывке засоленных почв / М. Я. Искендеров // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – № 3(19). – 2015 г. – С. 32–39.

68. Казакова, Л. А. Комплексная мелиорация орошаемых солонцовых и засоленных почв Нижнего Поволжья: дис. ... д-ра с.-х. Наук: 06.01.02. / Казакова Любовь Александровна – Волгоград, 2007. – 319 с.

69. Калиниченко, В. П. Природные антропогенные факторы происхождения и эволюции структуры почвенного покрова / В. П. Калиниченко. – М.: Изд-во МСХА, 2003. – 376 с.

70. Калиниченко, В. П. Эффективное использование фосфогипса в земледелии / В. П. Калиниченко // Питание растений. – 2017. – № 1. – С. 2–33.

71. Каллас, Е. В. Мелиорация засоленных почв и методы их изучения: учеб.-метод. пособие / Е. В. Каллас, Т. А. Марон. – Томск: Изд. дом Том. гос. ун-та, 2018. – 138 с.

72. Карабаев, Н. А. Мелиорация засоленных почв на орошаемых землях Кыргызстана и перспективы ее заимствования / Н. А. Карабаев, М. А. Ахматбеков, З. Сунь, Т. Ян, С. Ван // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К. И. Скрябина. – 2014. – № 3 (32). – С. 102–106.

73. Карпенко, Н. П. Регулирование водно-солевого режима почв на засоленных землях хозяйств «Туймекен» и «Дихан» Жамбылской области / Н. П. Карпенко, А. С. Сейтказиев, А. К. Маймакова // Природообустройство. – 2017. – № 3. – С. 70–76.

74. Кизинек, С. В. Особенности солевого режима почв мелиоративной зоны в дельте Кубани // С. В. Кизинек, В. С. Белоусов, А. Я. Ачканов, В. В. Тараненко, Р. С. Шарифуллин // Рисоводство. – 2020. – № 3 (48). – С. 78–83.

75. Кизяев, Б. М. Водосберегающие технологии промывки засоленных земель / Б. М. Кизяев, В. П. Максименко, В. К. Губин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2016. – № 4. – С. 38–43.

76. Кизяев, Б. М. Пути реабилитации засоленных орошаемых земель / Б. М. Кизяев, Э. Я. Пулатов, Х. У. Юлдашев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2017. – № 1. – С. 36–38.

77. Клименко, А. И. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2022–2026 годы / А. И. Клименко [и др.]. – Ростов н/Д., 2022. – 736 с.

78. Ковда, В. А. Научные и производственные проблемы мелиорации почв: Доклад на Всесоюзном мелиоративном совещании 6.10.1969. – М.: АН СССР, 1969. – 43 с.

79. Ковда, И. В. Рисовые почвы и некоторые результаты их изучения в Китае / И. В. Ковда, М. П. Лебедева, Г.-Л. Чжан, З.-Т. Гон, Д.-Ц. Ли, В. И. Васенев // Бюллетень Почвенного института имени В.В.Докучаева. – 2019. – № 63. – С 50–62.

80. Кольцов, С. А. Трансформация плодородия солонцовых почв крымского Присивашья под влиянием рисосеяния и оптимизация его параметров: монография / С. А. Кольцов, А. А. Титков. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2019. – 420 с.

81. Кониева, Г. Н. Влияние химического мелиоранта на урожайность риса в засоленных почвах Республики Калмыкия / Г. Н. Кониева, Б. Г. Пюрбеев // Комплексные мелиорации – средство повышения продуктивности сельскохозяйственных земель: материалы юбилейной международ. науч.-практ. конф., г. Москва, 26–27 ноября 2014. ФГБНУ «ВНИИМиГ имени А. Н. Костякова». – Москва, 2014, Т 1, – С 85–88.

82. Кононенко, Т. Н. Методика проведения полевых опытов в условиях орошения / Т. Н. Кононенко. – Ставрополь: СКУС, 1993. – 130 с.

83. Корсак, В. В. Проблемы орошения сельскохозяйственных угодий и их засоления в XXI веке / В. В. Корсак [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2016. – № 8 – С. 19–24

84. Котенко, М. Е. Изменение засоления почв во времени и пространстве / М. Е. Котенко, А. Е. Сорокин, В. И. Савич, Г. Б. Подволоцкая, Мохаммади Шима // Плодородие. – 2020. – № 1. – С. 43–48.

85. Кремзин, Н. М. Удобрение и химическая мелиорация солонцовых почв Кубани, используемых под рис: автореф. дис. канд. с.-х. наук:06.01.04. Москва, 1990. 23 с.

86. Кремзин, Н. М. Химическая мелиорация солонцов при возделывании риса / Н. М. Кремзин, И. Е. Белоусов // Рисоводство. – 2008. – № 13. – С. 50–53.

87. Кружилин, И. П. Влияние агромелиоративных приемов на водно-физические свойства светло-каштановой тяжелосуглинистой почвы при возделывании риса на фоне дождевания в условиях Нижнего Поволжья / И. П. Кружилин, М. А. Ганиев, К. А. Родин, А. Б. Невежина, А. А. Новиков // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. – 2024. – Т. 14, № 1. – С. 155–166. – URL: <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2024-14-1-155-166> (дата обращения: 27.01.2025).

88. Куликова, Е. В. Влияние мелиорации фосфогипсом на экологическое состояние черноземов Каменной степи / Е. В. Куликова, Н. С. Горбунова, Ю. А. Куликов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2023. – Т. 16, № 2(77). – С 81–89

89. Кушнарера, А. В. Влияние орошения на свойства почв. Обзор / А. В. Кушнарера, О. С. Безуглова // Живые и биокосные системы [Электронный ресурс]. – 2023. – № 46. – URL: <https://jbks.ru/archive/issue-46/article-4> (дата обращения: 10.04.2025). DOI: 10.18522/2308-9709-2023-46-4

90. Лопатовская, О. Г. Мелиорация почв. Засоленные почвы: учеб. пособие / О. Г. Лопатовская, А. А. Сугаченко. – Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2010. – 101 с.

91. Лунева, Е. Н. Совершенствование средств и технологий комплексной мелиоративной обработки засоленных орошаемых земель / Е. Н. Лунева, А. П. Суровикина // Мелиорация и водное хозяйство: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Шумаковские чтения) с междунар. участием, г. Новочеркасск, 06–23 ноября 2018. – Новочеркасск, 2018. – С. 42–48.

92. Максименко, В. П. Глубокое рыхление как способ повышения эффективности ресурсосберегающего земледелия / В. П. Максименко, Т. Л. Волчкова, С. А. Меньшикова // Мелиорация и водное хозяйство. – 2018. – № 3. – С. 38-42.

93. Малышева, Н. Н. Анализ мелиоративного состояния орошаемых земель на Темрюкской и Азовской оросительных системах Краснодарского края / Н. Н. Малышева, А. В. Настаченко, А. Ю. Галкин // World science: problems and innovations: сб. статей XXXVII Международ.науч.-практ. конф., Пенза, 30 ноября 2019. – Пенза, 2019. – С. – 84–87.

94. Малышева, Н. Н. Эффективность агромелиоративных мероприятий на засоленных почвах рисовых оросительных систем Краснодарского края / Н. Н. Малышева, И. Е. Ольшевский // Прорывные научные исследования: проблемы, закономерности, перспективы: сб. статей XIII Международ. науч.-практ. конф., Пенза, 17 июня 2019. – Пенза, 2019. – С 124–126.

95. Масный, Р. С. Выбор приемов воспроизводства плодородия солонцовых почв при орошении / Р. С. Масный, С. М. Васильев, Г. Т. Балакай, А. Н. Бабичев, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова. – Новочеркасск: Рос. НИИ проблем мелиорации, 2021. – 20 с.

96. Масный, Р. С. Орошение и почвенное плодородие в различных климатических зонах / Р. С. Масный, Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева, А. Н. Бабичев, Р. Е. Юркова, В. А. Монастырский, В. И. Ольгаренко. – ФГБНУ «РосНИИПМ». Новочеркасск, 2023. – 225 с. – Деп. В ВИНТИ РАН 03.04.23, № 9-B2023.

97. Мельник, Т. В. Роль глубокого рыхления в восстановлении деградированных орошаемых земель / Т. В. Мельник // Актуальные вопросы управления производством растениеводческой и животноводческой продукции АПК и здоровьем сельскохозяйственных животных: материалы всеросс. (националь.) науч. – практ. конф. «Инновационные пути решения актуальных проблем АПК России» 20 декабря 2019. – Персиановский: Донской ГАУ, 2019. – 455 с.

98. Минашина, Н. Г. Гипсоносные почвы, распространение, генезис, классификация / Н. Г. Минашина, Л. Л. Шишов // Почвоведение. – 2002. – № 3. – С 273–281.

99. Мирсаитов, Р. Г. Снижение эффективности использования орошаемых земель вследствие ухудшения их мелиоративного состояния / Р. Г. Мирсаитов // Наука и мир. – 2017. – Т. 2. № 12 (52). – С. 33–37.

100. Михайлин, А. А. Глубокое рыхление мелиорируемых земель как способ повышения продуктивности сельскохозяйственных культур / А. А. Михайлин // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2012. – № 4(8). – С. 20–31.

101. Михайлин, А. А. Применение глубокого рыхления глубокорыхлителем ГНЧ-0,6 в зоне орошения / А. А. Михайлин // Научный журнал КубГАУ. – 2006. – № 24(8). – С. 1–6.

102. Михеев, Н. В. Глубокое рыхление почв – основа их плодородия и продуктивности / Н. В. Михеев, Д. П. Триполев // Мелиорация как драйвер модернизации АПК в условиях изменения климата. материалы II междунар. науч.-практ. конф., г. Новочеркасск, 21–23 апреля 2021. – Новочеркасск, 2021. – С 17–22.

103. Некрасов, Р. В. Перспективы применения фосфогипса как химического мелиоранта в земледелии Российской Федерации / Р. В. Некрасов, Н. И. Аканова, А. Х. Шеуджен, М. М. Визирская // Международный сельскохозяйственный журнал [Электронный ресурс]. – 2019. – № 6(372). – С. 93–98. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-primeneniya-fosfogipsa-kak-himicheskogo-melioranta-v-zemledelii-rossiy-skoy-federatsii/viewer> DOI: 10.24411/2587-6740-2019-16115 (дата обращения: 18.12.2024).

104. Об утверждении доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации [Электронный ресурс]: Указ президента Рос. Федерации от 21 января 2020 г. № 20. Доступ из справ. Правовой системы «Гарант».

105. Об утверждении коэффициентов перевода в зерновые единицы сельскохозяйственных культур: приказ Минсельхоза РФ от 11.01.2013 № 6 // Гарант Эксперт 2015 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2015.

106. Овчаренко, М. М. Приемы повышения плодородия почв (известкование, фосфоритование, гипсование): науч.-метод. реком. / М. М. Овчаренко, Р. В. Некрасов, Н. И. Аканова, П. В. Прудников, А. И. Осипов. – М.: ФГБНУ «Росинформгротех», 2021. – 116 с.

107. О землеустройстве [Электронный ресурс]: Федер. закон Рос. Федерации от 18 июня 2001 г. № 78-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 24

мая 2001 г.: одобрен Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 6 июня 2001 г. (с изм. на 30 дек. 2021 г.). Доступ из справ. правовой системы «Гарант».

108. Олейник, О. А. Основные принципы расселения земель в процессе эксплуатации рисовых оросительных систем Ростовской области / О. А. Олейник // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2011. – № 3(03). – URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=463> (дата обращения: 20.01.2025).

109. Ольшевский, И. Е. Изучение мелиоративного состояния почв Кубанской оросительной системы / Ольшевский И. Е., Малышева Н. Н. // Open innovation: сб. статей IX Международ. науч.-практ. конф. в 2 ч., Пенза, 23 июня 2019. – Пенза, 2019. – С. 165–169.

110. О мелиорации земель [Электронный ресурс]: Федер. закон от 10 января 1996 г. N 4-ФЗ (с изм. на 28. 11. 2025г.). Доступ из справ. правовой системы «Гарант»

111. Панкова, Е. И. Засоленные почвы России: монография / Е. И. Панкова и др.; отв. ред. Л. Л. Шишов, Е. И. Панкова. – М.: «Академкнига», 2006. – 854 с.

112. Панкова, Е. И. О проблеме оценки засоленности почв и методике крупномасштабного цифрового картографирования засоленных почв / Е. И. Панкова, М. В. Конюшкова, И. Н. Горохова // Экосистемы: экология и динамика. [Электронный ресурс]. – 2017. – Т. 1, № 1. – С. 26–54. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29650052&ysclid=larfff4aib194998882> (дата обращения: 15.11.2025).

113. Панов, В. Д. Климат Ростовской Области: вчера, сегодня, завтра / В. Д. Панов, П. М. Лурье, Ю. А. Ларионов. – Ростов н/Д: ООО «Донской издательский дом», 2006. – 488 с.

114. Плешаков, В.Н. Методика полевого опыта в условиях орошения / В. Н. Плешаков. – Волгоград: ВНИИОЗ, 1983. – 148 с.

115. Пономаренко, Т. С. Повышение эффективности использования водных ресурсов на рисовых оросительных системах Ростовской области на основе геоинформационных технологий: дис. канд. техн. наук: 4.1.5, Новочеркасск, 2023, 20 с.

116. Попандопулос, Д. К. К вопросу определения промывных норм / Д. К. Попандопулос // Гид мелиорация. – 1973. – №7. – с.71–74

117. Пуртова, Л. Н. Влияние фитомелиорации на гумусное состояние, микрофлору и агрофизические показатели агрообразцов приморья / Л. Н. Пуртова, Л. Н. Щапова, А. Н. Емельянов, С. Н. Иншакова // Аграрный вестник Урала. – 2016. – № 9(151). – С. 51–56.

118. Пуртова, Л. Н. Влияние фитомелиорации на показатели плодородия и интегральное отражение агрогенных почв приморья / Л. Н. Пуртова, И. В. Киселева // Вестник Дальневосточного отделения РАН. – 2019. – № 1(203). С. 51–57.

119. Радевич, Е. В. Влияние внесения различных доз фосфогипса на свойства орошаемых темно-каштановых почв Ростовской области / Е. В. Радевич, А. И. Баранов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2015. – № 1(17). – С. 72–87. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=793> (дата обращения: 20.01.2025).

120. Разумов, В. В. К проблеме изучения воздействия деградиционных и опасных природных процессов на сельскохозяйственные земли России / В. В. Разумов, Э. Н. Молчанов, Н. В. Разумова, В. В. Братков // Бюллетень почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2015. – Вып. 80. – С. 50–70.

121. Рахмонов, И. Фитомелиорация засоленных почв с помощью посевов солодкового корня (*glycyrrhiza glabra*) / И. Рахмонов, У. Ташбеков // Владимирский земледелец. – 2020. – № 2(92). – С. 33–39.

122. Ростовская область. Хозяйство. Сельское хозяйство [Электронный ресурс]. URL: <https://bigenc.ru/c/rostovskaia-oblast-khoziaistvo-sel-skoe-khoziaistvo-02930a?ysclid=lzgl2go1vv468993157> (дата обращения 18.07.2024).

123. Руководство по управлению засоленными почвами / под ред. Р. Варгас, Е. И. Панкова, С. А. Балюк, П. В. Красильников, Г. М. Хасанханова. – Рим: 2017. – 144 с.

124. Савич, В. И. Агроэкологическая оценка засоления почв / В. И. Савич, Ш. Ш. Нафетдинов, Х. Т. Артыкова // Science and Innovation [Электронный ре-

сурс]. С. 551–555. URL: <https://ilmiyanjumanlar.uz/uploads/conferences/001/101.pdf> (дата обращения: 16.10.2024).

125. Савич, В. И. Оптимизация развития растений при засолении почв / В. И. Савич, А. Е. Сорокин, Ш. А. А. Мохаммади, Р. Ахмад, Ш. Ш.Нафетдинов // Вестник Хорезмской академии Маъмуна. [Электронный ресурс]. – 2020. – № 8. – С. 50–53. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45642065&ysclid=m4qkq7nhgz853629545> (дата обращения: 16.01.2025).

126. Садиев Ф. Ф. О методах восстановления гипсоносных и сильногипсоносных почв Сырдарьинской области в современных условиях / Ф. Ф. Садиев, М. З. Юлдашев, Ю. И. Широкова, Г. К. Полуашова, М. А. Якубов // Irrigation and Melioration. – 2019. – № 4(18). – С. 7–13.

127. Сатторова, М. М. Влияние засоления почв на экологическое состояние орошаемых земель и физиологические процессы, протекающие в растениях / М. М. Сатторова, Ф. А. Ганиева // Вестник науки и образования. – 2020. – № 21–2 (99). – С. 127–129.

128. Сельское хозяйство и АПК [Электронный ресурс]. URL: <https://www.donland.ru/activity/193/?ysclid=lzgolkeeqo178779443> (дата обращения 16.07.2024).

129. Семендяева, Н. В. Вторичное засоление химически мелиорированных солонцов и его последствия / Н. В. Семендяева, Н. И. Добротворская, Н. В. Елизаров // Почвоведение. – 2019. – № 11. – С. 1373-1382.

130. Слюсарев, В. Н. Мелиоративное почвоведение: учеб. пособие / В. Н. Слюсарев, А. В. Осипов. – Краснодар: КубГАУ, 2019. – 134 с.

131. Хожиев, А. А. К вопросу промывных норм при дефиците оросительной воды / А. А. Хожиев // Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса: Сборник материалов междунар. науч.-практ. конф., с. Соленое Займище, 18–19 июля 2018 года / ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия». – Соленое Займище, 2018. – С 387–391

132. Хрусталеv, Ю. П. Климат и агроклиматические ресурсы Ростовской области / Ю. П. Хрусталеv, В. Н. Василенко, И. В. Свисюк, В. Д. Панов, Ю. А. Ларионов [и др]. – Ростов н/Д.: Бат. кн. изд-во, 2002. – 183 с.

133. Чебанова, Е. Ф. Динамика мелиоративного состояния дельты Кубани при трансформации в рисовые агроландшафты / Е. Ф. Чебанова, К. Н. Орлов // Символ науки: международный научный журнал. – 2016. – № 5–3 (17). – С. 89–93.

134. Цзя, Д. Теоретические и экспериментальные исследования промывки засоленных почв: автореферат дис. ... канд. техн. наук: / Цзя Да-лин. – М., 1960 – 24 с.

135. Шеуджен, А. Х. Использование фосфогипса нейтрализованного на посевах риса в качестве поликомпонентного удобрения. Сообщение 11 / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – №113(09). – С. 876–902.

136. Шеуджен, А. Х. Научные основы применения фосфогипса нейтрализованного в качестве поликомпонентного удобрения в рисовом севообороте / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, О. А. Гуторова, П. Н. Хачмамук, В. П. Кашиц, Н. С. Галай // Плодородие. – 2018. – № 1(100). – С. 38–42.

137. Шеуджен, А. Х. Эффективность применения фосфогипса нейтрализованного в рисовом севообороте / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, П. Н. Хачмамук, Н. С. Галай, О. В. Зоз // Межнарод. Научн. исслед. журнал. – 2016. – № 12 (54). – С. 163–167.

138. Щедрин В. Н. Комплекс мероприятий, направленных на сохранение и восстановление почвенного плодородия при циклическом орошении сельскохозяйственных культур в Волгоградской области / [В. Н. Щедрин и др.] – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – 75 с.

139. Щедрин, В. Н. Негативные почвенные процессы при регулярном орошении различных типов почв / В. Н. Щедрин, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова // Науч. журн. Рос. НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2018. – № 2(30). – С. 1–21. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=542&id=543> / (дата обращения: 06.02.2025).

140. Щедрин, В. Н. Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева, Р.

Е. Юркова, О. Ю. Шалашова, Г. И. Табала; под общ. ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2017. – 137 с.

141. Щедрин, В. Н. Свойства лугово-черноземных почв после ротации севооборотов с различной водной нагрузкой при циклическом орошении рисовых полей / В. Н. Щедрин, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2020. – № 2(38). – С. 1–17. – URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=660&id=661>. (дата обращения: 08.04.2025). – DOI: 10.31774/2222-1816-2020-2-1-17

142. Юркова, Р. Е. Загрязнение почв тяжелыми металлами и приемы их инактивации в условиях орошения: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.03, 06.01.02. Новочеркасск, 2006. 151 с.

143. Юркова, Р. Е. Изменения физико-химических свойств почв с комплексным покровом при различных способах и дозах внесения фосфогипса / Р. Е. Юркова, Л. М. Докучаева // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2016. № 4(24). С. 100–117. URL: http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec1116-field12.pdf (дата обращения: 16.01.2025).

144. Ямнова, И. А. Гипсовые образования и формирующие их элементарные почвообразовательные процессы / И. А. Ямнова, Е. И. Панкова // Почвоведение. – 2013. – № 12. – С 14–23.

145. Azevedo, R. P. Deep Tillage Strategies in Perennial Crop Installation: Structural Changes in Contrasting Soil Classes / R. P. Azevedo, L. M. Corinto, D. S. Peixoto, N. Curi, B. M. Silva // Plants [Электронный ресурс]. – 2022. – Vol. 1, iss. 17. – URL: <https://www.mdpi.com/2223-7747/11/17/2255/htm> (дата обращения: 22.11.2024).

146. Alsamin, B. Integrating Tillage and Mulching Practices as an Avenue to Promote Soil Water Storage, Growth, Production, and Water Productivity of Wheat under Deficit Irrigation in Arid Countries / B. Alsamin, S. El-Hendawy, Y. Refay, E. Tola, M. A. Mattar, S. Marey // Agronomy [Электронный ресурс]. – 2022. – Vol. 12, iss. 9. – URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/9/2235> (дата обращения: 22.11.2024).

147. Boudiar, R. Influence of Tillage and Cropping Systems on Soil Properties and Crop Performance under Semi-Arid Conditions / R. Boudiar, K. S. Alshallash, K. Alharbi, E. Mansour, M. Mekhlouf, S. A. Okasha, M. Fenni, A. Mekhlouf, B. Fortas, K. Hamsi, K. Nadjem, A. Belagrouz // Sustainability [Электронный ресурс]. – 2022. – № 14. – URL: <https://doi.org/10.3390/su141811651> (дата обращения: 25.11.2024).

148. Chen, S. Effect of tillage management on the wind erosion of arable soil in the Chinese Mollisol region / S. Chen, X. Zhang, J. Li, M. Guo, W. Hu // Frontiers in Environmental Science. [Электронный ресурс]. – 2022. – URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2022.954004/full>. (дата обращения: 24.11.2024).

149. Getahun, G. T. Short-term effects of loosening and incorporation of straw slurry into the upper subsoil on soil physical properties and crop yield / G. T. Getahun, T. Kätterer, L. J. Munkholm, M. M. Parvage, K. Rychel, H. Kirchman // Soil and Tillage Research [Электронный ресурс]. – 2018. – № 184. – С. 62–67. URL: <https://daneshyari.com/article/preview/6772886.pdf> (дата обращения: 29.11.2022).

150. Huang, L. Long-term combined effects of tillage and rice c minerals, and heavy metals of saline-sodic paddy fields in Northeast China / L. Huang, Y. Liu, Jorge F.S. Ferreira, M. Wang, J. Na, J. Huang, Z. Liang // Soil & Tillage Research [Электронный ресурс]. – 2022. – № 215(4). – URL: https://www.ars.usda.gov/arsuserfiles/20361500/pdf_pubs/P2738.pdf. (дата обращения: 28.01.2025).

151. Li, S. Potential Application of Alternate Tillage (AT) in a Rice–Wheat Rotation System–Based on Soil Physical Properties, Wheat Growth and Yield / S. Li, Y. Zhang, L. Guo, X. Li // Soil Systems [Электронный ресурс]. – 2022. – № 6(70). – URL: <https://doi.org/10.3390/soilsystems6030070> (дата обращения: 28.11.2024).

152. Lu, X. Evolutionary overview and prediction of themes in the field of land degradation / X. Lu, Y. Zhang, C. Lin, F. Wu // Land [Электронный ресурс]. Eng. – 2021. – Vol. 10, iss. 3. – P. 1–23. – DOI: 10.3390/land 10030241

153. Misebo, A. M. Effects of natural rehabilitation of degraded land by enclosure on selected soil physicochemical properties in eastern Ethiopia / A. M. Misebo, S. F. Ayano, M. Pietrzykowski // Agronomy [Электронный ресурс]. Eng. – 2021. – Vol. 11,

iss. 8. – DOI: 10.3390/agronomy11081628

154. Pravalie, R. Exploring the multiple land degradation pathways across the planet / R. Pravalie // *Earth-Science Reviews* [Электронный ресурс]. Eng. – 2021. – Vol. 220. – DOI: 10.1016/j.earscirev.2021.103689.

155. Raducu, D. A saline soil between melioration and renaturation / D. Raducu, S. Dumitru, P. Ignat, A. Anghel, V. Petre // *IMSG Conf. SGEM* [Электронный ресурс]. Eng. – 2018. – Vol. 18, iss. 3.2 – DOI: 10.5593/sgem2018/3.2/s13.001.

156. Sharma, S. Tillage, green manure and residue retention improves aggregate-associated phosphorus fractions under rice–wheat cropping / S. Sharma, S. Kaur, O. P. Choudhary, M. Singh, A. A. Al-Huqail, H. M. Ali, R. Kumar, M. H. Siddiqui // *Scientific Reports* [Электронный ресурс]. – 2022. – № 12(1). URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-11106-x> (дата обращения: 25.11.2022).

157. Trotsenko, I. Agronomic and economic efficiency of chemical reclamation of Solonets land areas / I. Trotsenko, Y. Korchevskaya // *E3S Web of Conf. INTERAGROMASH 2020* [Электронный ресурс]. Eng. – 2020. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017512003>.

158. Yin, X. An interplay of soil salinization and groundwater degradation threatening coexistence of oasis-desert ecosystems / X. Yin, Q. Feng, Y. Li, R. C. Deo, W. Liu, M. Zhu, X. Zheng, R. Liu // *Science of the Total Environment* [Электронный ресурс]. Eng. – 2022. – Vol. 1, iss 806:150599. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34592278> (дата обращения: 16.10.2024). DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.150599.

159. Zhurba, V. Efficiency of chemical ameliorants for reclamation of bore mud and solonetzic soils of Siberia and Ural / V. Zhurba, Y. Chayka, N. Gucheva, D. Ushakov, N. Ugrekhelidze, N. Kulikova, M. Egyan // *E3S Web of Conf. ITESE-2019*. [Электронный ресурс]. Eng. 2019. – URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913501087> (дата обращения: 20.11.2024).

Акты внедрения результатов НИР

Утверждаю:

Директор ООО «Агропредприятие
«Бессергеновское» Октябрьского района
Ростовской области

« 23 » _____ 2022 г.

В. М. Козлов

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

1. Наименование организации и объекта, где внедрено мероприятие:
ООО «Агропредприятие «Бессергеновское» Октябрьского района Ростовской области.

2. Шифр работы, наименование мероприятия, по какому плану внедрялось:
Внедрялось по плану научно-исследовательских работ федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (ФГБНУ «РосНИИПМ») по теме «Исследования и оценка уровня изменения плодородия почв при длительном орошении с использованием ресурсосберегающих технологий и разработка мероприятий по повышению почвенного плодородия», выполняемой по государственному заданию Минсельхоза России в 2022 г.

3. Наименование научной организации, проводившей научную разработку и опытное освоение внедряемого мероприятия: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (ФГБНУ «РосНИИПМ»).

4. Сроки внедрения: 2022 г.

5. Краткая характеристика и новизна внедряемого мероприятия: внедрялась программа ЭВМ для установления необходимости проведения агромелиоративных мероприятий для повышения почвенного плодородия (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021668224 «Определение агромелиоративных мероприятий по показателям свойств почв»), позволяющая автоматизировать обработку данных анализов почв с целью установления необходимости проведения агромелиоративных мероприятий по показателям свойств почв.

6. Основные показатели внедряемого мероприятия:

а) фактический объем внедрения

Расчеты производились на площади – 240 га;

б) на основании автоматизированной обработки данных анализов водной вытяжки, почвенного поглощающего комплекса и др. показателей свойств почв разработан план необходимых агромелиоративных мероприятий, способствующих восстановлению, сохранению и воспроизводству плодородия почв и увеличению урожайности возделываемых культур на 50–70 %.

Разработчики
ФГБНУ «РосНИИПМ»:

Подпись
И.Д. Дюжнев
И.Д. Дюжнев
Белых

Р. С. Масный
А. Н. Бабичев
Л. М. Докучаева
Р. Е. Юркова
А. А. Бабенко
А. Б. Белоусов

Утверждаю:

Директор ООО «Агропредприятие
«Бессергеновское» Октябрьского района
Ростовской области

« 3 » _____ 2024 г. В. М. Козлов

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

1. Наименование организации и объекта внедрения: ООО «Агропредприятие «Бессергеновское» Октябрьского района Ростовской области.

2. Шифр работы, наименование мероприятия, по какому плану внедрялось: результаты научно-исследовательской работы по повышению плодородия деградированных орошаемых земель внедрялись в рамках тематического плана ФГБНУ «РосНИИПМ» за счет средств Федерального бюджета, по заказу Минсельхоза России «Провести исследования и разработать рекомендации по использованию удобрений в органо-минеральных системах земледелия на орошаемых землях».

3. Наименование научной организации, проводившей научную разработку и опытное освоение внедряемого мероприятия: ФГБНУ «РосНИИПМ».

4. Срок внедрения: 2024 г.

5. Краткая характеристика и новизна внедряемого мероприятия: внедряется доза химического мелиоранта для оптимизации состава почвенного поглощающего комплекса в зависимости от содержания гипса в почве под посев сои.

6 Основные показатели внедряемого мероприятия:

а) фактический объем внедрения

в натуральных показателях – 10 га;

б) урожайность сои:

- по внедряемому мероприятию – 3,9 т/га;

- по заменяемому мероприятию – 2,8 т/га;

в) затраты на возделывание:

- по новому, внедряемому мероприятию – 159,3 тыс. руб/га;

- по заменяемому мероприятию – 127,4 тыс. руб/га;

г) себестоимость 1 т продукции:

- новый вариант 20,59 тыс. руб.;

- базовый вариант – 27,6 тыс. руб.;

д) экономический эффект от внедрения мероприятия – 231 тыс. руб. (расчет годового эффекта прилагается).

Разработчики

ФГБНУ «РосНИИПМ»:

Бабичев

А. Н. Бабичев

Бабенко

А. А. Бабенко

Экономист

Васильева

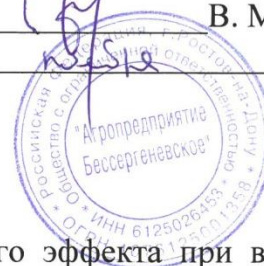
Е. В. Васильева

Утверждаю:

Директор ООО «Агропредприятие
«Бессергеновское» Октябрьского района
Ростовской области

В. М. Козлов

« 3 » _____ 2024 г.



РАСЧЕТ

Фактического годового экономического эффекта при внесении дозы химического мелиоранта для оптимизации состава почвенного поглощающего комплекса в зависимости от содержания гипса в почве под посев сои:

Расчет экономического эффекта вели по формуле:

$$\mathcal{E} = [(Ц_2 - З_2) - (Ц_1 - З_1)] \times A,$$

где $\mathcal{E}$ – годовой экономический эффект, тыс.руб.;

$Ц_1$ – стоимость валовой продукции базового варианта, тыс.руб./га;

$Ц_2$ – стоимость валовой продукции внедряемого варианта, тыс.руб./га;

$З_1$ – затраты на производство продукции базового варианта, тыс.руб./га;

$З_2$ – затраты на производство продукции внедряемого варианта, тыс.руб./га;

A – объем внедрения, га.

Для сравнимости результатов, стоимость продукции и затраты на возделывание культур, рассчитанных по технологическим картам разработанным в хозяйстве, приведены в ценах по состоянию на 1.10.2024 г.

Разработчики

ФГБНУ «РосНИИПМ»:

Бабичев

А. Н. Бабичев

Бабенко

А. А. Бабенко

Экономист

Васильева

Е. В. Васильева

Исходные данные для расчета экономической эффективности при внедрении дозы химического мелиоранта для оптимизации состава почвенного поглощающего комплекса под посев сои.

Показатели	Обозначения	Ед. измерения	Базовый вариант	Новый вариант
Площадь внедрения	A	га	10	10
Средний урожай	У	т/га	2,8	3,9
Валовая продукция	B	т	28	39
Производственные затраты, – базовый вариант – новый вариант	$З_1$ $З_2$	тыс.руб. /га	127,4	159,3
Себестоимость 1 т, – базовый вариант – новый вариант	C_1 C_2	тыс. руб.	27,6	20,59
Стоимость валовой продукции* – базовый вариант – новый вариант	$Ц_1$ $Ц_2$	тыс.руб. /га	140,0	195,0

Примечание: Реализационная цена сои составила в среднем 50,0 тыс.руб./т.

Расчет экономического эффекта:

$$\mathcal{E} = [(Ц_2 - З_2) - (Ц_1 - З_1)] \times A,$$

$$\mathcal{E} = [(195 - 159,3) - (140,0 - 127,4)] \times 10 = 231,0 \text{ тыс. руб.}$$

Экономический эффект от внедрения технологии на общей площади 10 га составил 231,0 тыс.руб.

Разработчики
ФГБНУ «РосНИИПМ»:

Бабичев

А. Н. Бабичев

Бабенко

А. А. Бабенко

Экономист

Васильева

Е. В. Васильева



1. Наименование организации и объекта внедрения: ООО «Буденовский» Пролетарского района Ростовской области.

2. Шифр работы, наименование мероприятия, по какому плану внедрялось: результаты научно-исследовательской работы по повышению плодородия деградированных орошаемых земель внедрялись в рамках договора № Д-111 от 10.11.2021, за счет внебюджетных средств по заказу ООО «Буденовская» «Провести исследования почвенно-мелиоративного состояния земель в рисовом севообороте ООО «Буденовский» Пролетарского района Ростовской области и дать предложения по дальнейшему их использованию».

3. Наименование научной организации, проводившей научную разработку и опытное освоение внедряемого мероприятия: ФГБНУ «РосНИИПМ».

4. Срок внедрения: 2024 г.

5. Краткая характеристика и новизна внедряемого мероприятия: внедряется внесение расчетной нормы химического мелиоранта для оптимизации состава почвенного поглощающего комплекса в рисовых чеках с гипсовым типом засоления.

6. Основные показатели внедряемого мероприятия:

а) фактический объем внедрения:

в натуральных показателях – 10 га;

б) урожайность риса:

- по внедряемому мероприятию – 7,9 т/га;

- по заменяемому мероприятию – 5,2 т/га;

в) затраты на возделывание:

- по новому, внедряемому мероприятию – 179,3 тыс. руб/га;

- по заменяемому мероприятию – 133,4 тыс. руб/га;

г) себестоимость 1 т продукции:

- новый вариант 22,69 тыс. руб.;

- базовый вариант – 25,6 тыс. руб.;

д) экономический эффект от внедрения мероприятия – 42,5 тыс. руб./га (расчет годового эффекта прилагается).

Работотехники

ФГБНУ «РосНИИПМ»:

Засимов

А. Н. Бабинчев

А

А. А. Бабенко

Васильева

Е. В. Васильева

Экономист

Утверждаю:
Зам. Исполнительного директора
по производству ООО «Булешиновский»
Пролетарского района
Ростовской области



А. А. Кулишов
2024 г.

РАСЧЕТ

Фактического годового экономического эффекта при внесении расчетной нормы химического мелиоранта для оптимизации состава почвенного поглощающего комплекса в рисовых чеках с гипсовым типом засоления:

Расчет экономического эффекта вели по формуле:

$$\mathcal{E} = [(Ц_2 - З_2) - (Ц_1 - З_1)] \times A,$$

где $\mathcal{E}$ – годовой экономический эффект, тыс.руб.;

$Ц_1$ – стоимость валовой продукции базового варианта, тыс.руб./га;

$Ц_2$ – стоимость валовой продукции внедряемого варианта, тыс.руб./га;

$З_1$ – затраты на производство продукции базового варианта, тыс.руб./га;

$З_2$ – затраты на производство продукции внедряемого варианта, тыс.руб./га;

A – объем внедрения, га.

Для сравнимости результатов, стоимость продукции и затраты на возделывание культур, рассчитанных по технологическим картам разработанным в хозяйстве, приведены в ценах по состоянию на 1.10.2024 г.

Разработчики
ФГБНУ «РосНИИПМ»:

Бабинцев

А. Н. Бабинцев

Бабенко

А. А. Бабенко

Васильева

Экономист

Е. В. Васильева

Исходные данные

для расчета экономической эффективности при внесении растительной нормы химического мелиоранта для оптимизации состава почвенного плодотворяющего комплекса в рисовых чеках с гипсовым типом засоления.

Показатели	Обозначения	Ед. измерения	Базовый вариант	Новый вариант
Площадь внедрения	A	га	10	10
Средняя урожайность	У	т/га	5,2	7,9
Валовая продукция	B	т	52	79
Производственные затраты, – базовый вариант – новый вариант	$З_1$ $З_2$	тыс. руб./га	133,4	+34,3= 167,7 179,3
Себестоимость 1 т, – базовый вариант – новый вариант	C_1 C_2	тыс. руб.	25,6	22,69
Стоимость валовой продукции* – базовый вариант – новый вариант	$Ц_1$ $Ц_2$	тыс. руб./га	166,4	252,8

Примечание: Реализационная цена риса-сырца составила в среднем 32,0 тыс. руб. т.

Расчет экономического эффекта:

$$\mathcal{E} = [(Ц_2 - З_2) - (Ц_1 - З_1)] \times A,$$

$$\mathcal{E} = [(252,8 - 179,3) - (166,4 - 133,4)] \times 10 = 425,0 \text{ тыс. руб.}$$

Экономический эффект от внедрения технологии на общей площади 10 га составил 425,0 тыс. руб.

Разработчики
ФГ БНУ «РосНИИПМ»:

Экономист

Завитов

А. Н. Бабичев

А

А. А. Бабенко

Васильева

Е. В. Васильева

Протокол испытаний



УТВЕРЖДАЮ:

Зам. директора по науке
ФГБНУ «РосНИИПМ»

Г.Т. Балакай

«5» июля 2023 г.

федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»
(ФГБНУ «РосНИИПМ»)

ЭКОЛОГО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский 190,
тел.(86352) 69480; e-mail: agrohimia2012@yandex.ru

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ

№ 87-23 П/1-17-ВН от 05.07.2023

Заказчик: ФГБНУ «РосНИИПМ» отдел СхМ

Юридический адрес: 346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский 190

Объект испытаний: почва

Место отбора проб: №№ 87-23 П/1-5-ВН ст. Буденовская, Пролетарский р-н РО

№№ 87-23 П/6-17-ВН лабораторный опыт

Организация, осуществившая отбор проб: ФГБНУ «РосНИИПМ» отдел СхМ

Акт приёма-передачи на пробу, полученную от Заказчика: 87-23 П/1-17-ВН от 19.06.2023

Цель проведения испытаний: научные исследования по т. 2.1.5, 2.1.8

Дата и время отбора проб: №№ 87-23 П/1-5-ВН 16.06.2023 12:00; №№ 87-23 П/6-17-ВН 02.06.2023 10:00

Дата и время поступления проб: 19.06.2023 14:00

Период проведения испытаний: 22.06.2023 - 05.07.2023

Дополнительные сведения: пробы предоставлены заказчиком. Эколого-аналитическая лаборатория не несёт ответственности за стадию отбора образцов. Полученные результаты относятся к образцам, прошедшим испытания.

№ п/п	Шифр пробы	Номер выработки, глубина отбора образца грунта, м	Определяемый показатель	Результаты исследования, единицы измерения	Величина допустимого уровня, единицы измерения	НД на методы исследования
1	2	3	4	5	6	7
1	87-23 П/1-ВН	0-0,2	Кальций в водной вытяжке	0,75 ммоль/100 г 0,015 г/100 г	—	ГОСТ 26428-85
			Магний в водной вытяжке	0,25 ммоль/100 г 0,003 г/100 г	—	ГОСТ 26428-85
			Натрий + калий в водной вытяжке	0,03 ммоль/100 г 0,001 г/100 г	—	расчетный
			Ионы бикарбоната в водной вытяжке	0,58 ммоль/100 г 0,035 г/100 г	—	ГОСТ 26424-85

Протокол испытаний № 87-23 П/1-17-ВН от 05.07.2023 составлен в 2-х экземплярах

Отчёт не может быть частично воспроизведен без письменного разрешения эколого-аналитической лаборатории ФГБНУ «РосНИИПМ»

№ п/п	Шифр пробы	Номер выработки, глубина отбора образца грунта, м	Определяемый показатель	Результаты исследования, единицы измерения	Величина допусти мого уровня, единицы измерения	НД на методы исследования
1	2	3	4	5	6	7
	87-23 П/1-ВН		Ионы хлорида в водной вытяжке	$\frac{0,16 \text{ ммоль/100 г}}{0,006 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26425-85
			Ионы сульфата в водной вытяжке	$\frac{0,29 \text{ ммоль/100 г}}{0,014 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26426-85
			Водородный показатель (рН) водной вытяжки	$(7,9 \pm 0,1)$ ед.рН	—	ГОСТ 26423-85
			Плотный остаток водной вытяжки	0,072 %	—	ГОСТ 26423-85
			Кальций, обменная форма	$(18,3 \pm 1,8)$ ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2
			Магний, обменная форма	$(1,44 \pm 0,22)$ ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2
			Натрий, обменная форма	$(0,60 \pm 0,10)$ ммоль/100 г		Руководство по эксплуатации спектрометра атомно- абсорбционного «Квант-2А»
			Органическое вещество (гумус)	$(0,3 \pm 0,1) \%$	—	ГОСТ 26213-21
2	87-23 П/2-ВН	0,2-0,4	Кальций в водной вытяжке	$\frac{0,63 \text{ ммоль/100 г}}{0,013 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26428-85
			Магний в водной вытяжке	$\frac{0,13 \text{ ммоль/100 г}}{0,002 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26428-85
			Натрий + калий в водной вытяжке	$\frac{0,17 \text{ ммоль/100 г}}{0,004 \text{ г/100 г}}$	—	расчетный
			Ионы бикарбоната в водной вытяжке	$\frac{0,60 \text{ ммоль/100 г}}{0,037 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26424-85
			Ионы хлорида в водной вытяжке	$\frac{0,16 \text{ ммоль/100 г}}{0,006 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26425-85
			Ионы сульфата в водной вытяжке	$\frac{0,17 \text{ ммоль/100 г}}{0,008 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26426-85
			Водородный показатель (рН) водной вытяжки	$(7,9 \pm 0,1)$ ед.рН	—	ГОСТ 26423-85

Протокол испытаний № 87-23 П/1-17-ВН от 05.07.2023 составлен в 2-х экземплярах
Отчёт не может быть частично воспроизведен без письменного разрешения эколого-аналитической лаборатории ФГБНУ «РосНИИПМ»

№ п/п	Шифр пробы	Номер выработки, глубина отбора образца грунта, м	Определяемый показатель	Результаты исследования, единицы измерения	Величина допусти мого уровня, единицы измерения	НД на методы исследования
1	2	3	4	5	6	7
	87-23 П/2-ВН		Плотный остаток водной вытяжки	0,072 %	—	ГОСТ 26423-85
			Кальций, обменная форма	(19,2±1,9) ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2
			Магний, обменная форма	(1,38±0,21) ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2
			Натрий, обменная форма	(0,47±0,08) ммоль/100 г		Руководство по эксплуатации спектрометра атомно- абсорбционного «Квант-2А»
			Органическое вещество (гумус)	(0,4±0,1) %	—	ГОСТ 26213-21
3	87-23 П/3-ВН	0,4-0,6	Кальций в водной вытяжке	$\frac{0,75 \text{ ммоль/100 г}}{0,015 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26428-85
			Магний в водной вытяжке	$\frac{0,13 \text{ ммоль/100 г}}{0,002 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26428-85
			Натрий + калий в водной вытяжке	$\frac{0,04 \text{ ммоль/100 г}}{0,001 \text{ г/100 г}}$	—	расчетный
			Ионы бикарбоната в водной вытяжке	$\frac{0,60 \text{ ммоль/100 г}}{0,037 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26424-85
			Ионы хлорида в водной вытяжке	$\frac{0,16 \text{ ммоль/100 г}}{0,006 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26425-85
			Ионы сульфата в водной вытяжке	$\frac{0,16 \text{ ммоль/100 г}}{0,008 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26426-85
			Водородный показатель (рН) водной вытяжки	(8,0±0,1) ед.рН	—	ГОСТ 26423-85
			Плотный остаток водной вытяжки	0,070 %	—	ГОСТ 26423-85
			Кальций, обменная форма	(15,3±1,5) ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2

Протокол испытаний № 87-23 П/1-17-ВН от 05.07.2023 составлен в 2-х экземплярах
 Отчёт не может быть частично воспроизведен без письменного разрешения эколого-аналитической лаборатории ФГБНУ «РосНИИПМ»

№ п/п	Шифр пробы	Номер выработки, глубина отбора образца грунта, м	Определяемый показатель	Результаты исследования, единицы измерения	Величина допусти мого уровня, единицы измерения	НД на методы исследования
1	2	3	4	5	6	7
	87-23 П/3-ВН		Магний, обменная форма	(2,88±0,29) ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2
			Натрий, обменная форма	(0,42±0,07) ммоль/100 г		Руководство по эксплуатации спектрометра атомно- абсорбционного «Квант-2А»
			Органическое вещество (гумус)	(0,3±0,1) %	—	ГОСТ 26213-21
4	87-23 П/4-ВН	0,6-0,8	Кальций в водной вытяжке	$\frac{1,00 \text{ ммоль/100 г}}{0,020 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26428-85
			Магний в водной вытяжке	$\frac{0,25 \text{ ммоль/100 г}}{0,003 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26428-85
			Натрий + калий в водной вытяжке	$\frac{0,05 \text{ ммоль/100 г}}{0,001 \text{ г/100 г}}$	—	расчетный
			Ионы бикарбоната в водной вытяжке	$\frac{0,52 \text{ ммоль/100 г}}{0,032 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26424-85
			Ионы хлорида в водной вытяжке	$\frac{0,14 \text{ ммоль/100 г}}{0,005 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26425-85
			Ионы сульфата в водной вытяжке	$\frac{0,64 \text{ ммоль/100 г}}{0,031 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26426-85
			Водородный показатель (рН) водной вытяжки	(7,9±0,1) ед.рН	—	ГОСТ 26423-85
			Плотный остаток водной вытяжки	0,098 %	—	ГОСТ 26423-85
			Кальций, обменная форма	(13,9±1,4) ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2
			Магний, обменная форма	(2,25±0,23) ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2
			Натрий, обменная форма	(0,35±0,06) ммоль/100 г		Руководство по эксплуатации спектрометра атомно- абсорбционного «Квант-2А»
			Органическое вещество	(0,5±0,1) %	—	ГОСТ 26213-21

Протокол испытаний № 87-23 П/1-17-ВН от 05.07.2023 составлен в 2-х экземплярах
Отчёт не может быть частично воспроизведен без письменного разрешения эколого-аналитической лаборатории ФГБНУ «РосНИИПМ»

№ п/п	Шифр пробы	Номер выработки, глубина отбора образца грунта, м	Определяемый показатель	Результаты исследования, единицы измерения	Величина допусти мого уровня, единицы измерения	НД на методы исследования
1	2	3	4	5	6	7
			(гумус)			
5	87-23 П/5-ВН	0,8-1,0	Кальций в водной вытяжке	$\frac{13,50 \text{ ммоль/100 г}}{0,270 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26428-85
			Магний в водной вытяжке	$\frac{1,00 \text{ ммоль/100 г}}{0,012 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26428-85
			Натрий + калий в водной вытяжке	$\frac{0,22 \text{ ммоль/100 г}}{0,005 \text{ г/100 г}}$	—	расчетный
			Ионы бикарбоната в водной вытяжке	$\frac{0,60 \text{ ммоль/100 г}}{0,037 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26424-85
			Ионы хлорида в водной вытяжке	$\frac{0,16 \text{ ммоль/100 г}}{0,006 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26425-85
			Ионы сульфата в водной вытяжке	$\frac{13,96 \text{ ммоль/100}}{\text{г}} \text{ г/100 г}$	—	ГОСТ 26426-85
			Водородный показатель (рН) водной вытяжки	(7,7±0,1) ед.рН	—	ГОСТ 26423-85
	87-23 П/5-ВН		Плотный остаток водной вытяжки	1,042 %	—	ГОСТ 26423-85
			Кальций, обменная форма	(31,4±3,1) ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2
			Магний, обменная форма	(5,25±0,53) ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2
			Натрий, обменная форма	(0,40±0,07) ммоль/100 г		Руководство по эксплуатации спектрометра атомно- абсорбционного «Квант-2А»
			Органическое вещество (гумус)	(0,3±0,1) %	—	ГОСТ 26213-21
			Кальций в водной вытяжке	$\frac{1,25 \text{ ммоль/100 г}}{0,025 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26428-85
			Магний в водной вытяжке	$\frac{0,38 \text{ ммоль/100 г}}{0,005 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26428-85

№ п/п	Шифр пробы	Номер выработки, глубина отбора образца грунта, м	Определяемый показатель	Результаты исследования, единицы измерения	Величина допустимого уровня, единицы измерения	НД на методы исследования
1	2	3	4	5	6	7
6	87-23 П/6-ВН		Натрий + калий в водной вытяжке	$\frac{0,12 \text{ ммоль/100 г}}{0,003 \text{ г/100 г}}$	—	расчетный
			Ионы бикарбоната в водной вытяжке	$\frac{0,56 \text{ ммоль/100 г}}{0,034 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26424-85
			Ионы хлорида в водной вытяжке	$\frac{0,16 \text{ ммоль/100 г}}{0,006 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26425-85
			Ионы сульфата в водной вытяжке	$\frac{1,03 \text{ ммоль/100 г}}{0,049 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26426-85
			Водородный показатель (рН) водной вытяжки	(7,9±0,1) ед.рН	—	ГОСТ 26423-85
			Плотный остаток водной вытяжки	0,118 %	—	ГОСТ 26423-85
			Кальций, обменная форма	(19,3±1,9) ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2
			Магний, обменная форма	(4,38±0,44) ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2
			Натрий, обменная форма	(0,64±0,11) ммоль/100 г		Руководство по эксплуатации спектрометра атомно-абсорбционного «Квант-2А»
			Гипс	0,158 %		По Пфефферу в модификации Молодцова
7	87-23 П/7-ВН		Карбонаты	0 мг/100г		По Пфефферу в модификации Молодцова
			Кальций в водной вытяжке	$\frac{0,75 \text{ ммоль/100 г}}{0,015 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26428-85
			Магний в водной вытяжке	$\frac{0,25 \text{ ммоль/100 г}}{0,003 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26428-85
			Натрий + калий в водной вытяжке	$\frac{0,20 \text{ ммоль/100 г}}{0,005 \text{ г/100 г}}$	—	расчетный
			Ионы бикарбоната в водной вытяжке	$\frac{0,72 \text{ ммоль/100 г}}{0,044 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26424-85

Протокол испытаний № 87-23 П/1-17-ВН от 05.07.2023 составлен в 2-х экземплярах
 Отчёт не может быть частично воспроизведен без письменного разрешения эколого-аналитической лаборатории ФГБНУ «РосНИИПМ»

№ п/п	Шифр пробы	Номер выработки, глубина отбора образца грунта, м	Определяемый показатель	Результаты исследования, единицы измерения	Величина допусти мого уровня, единицы измерения	НД на методы исследования
1	2	3	4	5	6	7
	87-23 П/7-ВН		Ионы хлорида в водной вытяжке	$\frac{0,20 \text{ ммоль/100 г}}{0,007 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26425-85
			Ионы сульфата в водной вытяжке	$\frac{0,28 \text{ ммоль/100 г}}{0,013 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26426-85
			Водородный показатель (рН) водной вытяжки	(8,0±0,1) ед.рН	—	ГОСТ 26423-85
			Плотный остаток водной вытяжки	0,090 %	—	ГОСТ 26423-85
			Кальций, обменная форма	(18,1±1,8) ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2
			Магний, обменная форма	(4,19±0,42) ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2
			Натрий, обменная форма	(0,73±0,12) ммоль/100 г		Руководство по эксплуатации спектрометра атомно- абсорбционного «Квант-2А»
			Гипс	0,276 %		По Пфефферу в модификации Молодцова
			Карбонаты	243 мг/100г		По Пфефферу в модификации Молодцова
8	87-23 П/8-ВН		Кальций в водной вытяжке	$\frac{14,50 \text{ ммоль/100 г}}{0,290 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26428-85
			Магний в водной вытяжке	$\frac{0,50 \text{ ммоль/100 г}}{0,006 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26428-85
			Натрий + калий в водной вытяжке	$\frac{0,29 \text{ ммоль/100 г}}{0,007 \text{ г/100 г}}$	—	расчетный
			Ионы бикарбоната в водной вытяжке	$\frac{0,62 \text{ ммоль/100 г}}{0,038 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26424-85
			Ионы хлорида в водной вытяжке	$\frac{0,18 \text{ ммоль/100 г}}{0,006 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26425-85
			Ионы сульфата в водной вытяжке	$\frac{14,49 \text{ ммоль/100}}{\text{г}}$ 0,696 г/100 г	—	ГОСТ 26426-85

Протокол испытаний № 87-23 П/1-17-ВН от 05.07.2023 составлен в 2-х экземплярах
Отчёт не может быть частично воспроизведен без письменного разрешения эколого-аналитической лаборатории ФГБНУ «РосНИИПМ»

№ п/п	Шифр пробы	Номер выработки, глубина отбора образца грунта, м	Определяемый показатель	Результаты исследования, единицы измерения	Величина допусти мого уровня, единицы измерения	НД на методы исследования
1	2	3	4	5	6	7
	87-23 П/8-ВН		Водородный показатель (рН) водной вытяжки	(7,7±0,1) ед.рН	—	ГОСТ 26423-85
			Плотный остаток водной вытяжки	1,082 %	—	ГОСТ 26423-85
			Кальций, обменная форма	(35,9±3,4) ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2
			Магний, обменная форма	(1,63±0,24) ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2
			Натрий, обменная форма	(0,70±0,12) ммоль/100 г		Руководство по эксплуатации спектрометра атомно- абсорбционного «Квант-2А»
			Гипс	19,668 %		По Пфефферу в модификации Молодцова
			Карбонаты	1913 мг/100г		По Пфефферу в модификации Молодцова
9	87-23 П/9-ВН		Кальций в водной вытяжке	<u>6,13 ммоль/100 г</u> 0,123 г/100 г	—	ГОСТ 26428-85
			Магний в водной вытяжке	<u>1,00 ммоль/100 г</u> 0,012 г/100 г	—	ГОСТ 26428-85
			Натрий + калий в водной вытяжке	<u>0,23 ммоль/100 г</u> 0,005 г/100 г	—	расчетный
			Ионы бикарбоната в водной вытяжке	<u>0,48 ммоль/100 г</u> 0,028 г/100 г	—	ГОСТ 26424-85
			Ионы хлорида в водной вытяжке	<u>0,18 ммоль/100 г</u> 0,006 г/100 г	—	ГОСТ 26425-85
			Ионы сульфата в водной вытяжке	<u>6,69 ммоль/100 г</u> 0,321 г/100 г	—	ГОСТ 26426-85
			Водородный показатель (рН) водной вытяжки	(7,6±0,1) ед.рН	—	ГОСТ 26423-85
			Плотный остаток водной вытяжки	0,504 %	—	ГОСТ 26423-85

Протокол испытаний № 87-23 П/1-17-ВН от 05.07.2023 составлен в 2-х экземплярах
Отчёт не может быть частично воспроизведен без письменного разрешения эколого-аналитической лаборатории ФГБНУ «РосНИИПМ»

№ п/п	Шифр пробы	Номер выработки, глубина отбора образца грунта, м	Определяемый показатель	Результаты исследования, единицы измерения	Величина допусти мого уровня, единицы измерения	НД на методы исследования
1	2	3	4	5	6	7
	87-23 П/9-ВН		Кальций, обменная форма	(26,2±2,6) ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2
			Магний, обменная форма	(4,00±0,40) ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2
			Натрий, обменная форма	(0,60±0,10) ммоль/100 г		Руководство по эксплуатации спектрометра атомно- абсорбционного «Квант-2А»
			Гипс	0,980 %		По Пфефферу в модификации Молодцова
			Карбонаты	0 мг/100г		По Пфефферу в модификации Молодцова
10	87-23 П/10-ВН		Кальций в водной вытяжке	<u>2,38 ммоль/100 г</u> 0,048 г/100 г	—	ГОСТ 26428-85
			Магний в водной вытяжке	<u>0,63 ммоль/100 г</u> 0,008 г/100 г	—	ГОСТ 26428-85
			Натрий + калий в водной вытяжке	<u>0,07 ммоль/100 г</u> 0,002 г/100 г	—	расчетный
			Ионы бикарбоната в водной вытяжке	<u>0,56 ммоль/100 г</u> 0,034 г/100 г	—	ГОСТ 26424-85
			Ионы хлорида в водной вытяжке	<u>0,16 ммоль/100 г</u> 0,006 г/100 г	—	ГОСТ 26425-85
			Ионы сульфата в водной вытяжке	<u>2,36 ммоль/100 г</u> 0,113 г/100 г	—	ГОСТ 26426-85
			Водородный показатель (рН) водной вытяжки	(7,9±0,1) ед.рН	—	ГОСТ 26423-85
			Плотный остаток водной вытяжки	0,216 %	—	ГОСТ 26423-85
			Кальций, обменная форма	(21,1±2,1) ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2
			Магний, обменная форма	(3,75±0,38) ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2

Протокол испытаний № 87-23 П/1-17-ВН от 05.07.2023 составлен в 2-х экземплярах
Отчёт не может быть частично воспроизведен без письменного разрешения эколого-аналитической лаборатории ФГБНУ «РосНИИПМ»

№ п/п	Шифр пробы	Номер выработки, глубина отбора образца грунта, м	Определяемый показатель	Результаты исследования, единицы измерения	Величина допусти мого уровня, единицы измерения	НД на методы исследования
1	2	3	4	5	6	7
	87-23 П/10-ВН		Натрий, обменная форма	(0,67±0,11) ммоль/100 г		Руководство по эксплуатации спектрометра атомно- абсорбционного «Квант-2А»
			Гипс	0,504 %		По Пфефферу в модификации Молодцова
			Карбонаты	0 мг/100г		По Пфефферу в модификации Молодцова
11	87-23 П/11-ВН		Кальций в водной вытяжке	<u>15,75 ммоль/100 г</u> 0,315 г/100 г	—	ГОСТ 26428-85
			Магний в водной вытяжке	<u>1,00 ммоль/100 г</u> 0,012 г/100 г	—	ГОСТ 26428-85
			Натрий + калий в водной вытяжке	<u>0,21 ммоль/100 г</u> 0,005 г/100 г	—	расчетный
			Ионы бикарбоната в водной вытяжке	<u>0,48 ммоль/100 г</u> 0,029 г/100 г	—	ГОСТ 26424-85
			Ионы хлорида в водной вытяжке	<u>0,20 ммоль/100 г</u> 0,007 г/100 г	—	ГОСТ 26425-85
			Ионы сульфата в водной вытяжке	<u>16,28 ммоль/100</u> г 0,781 г/100 г	—	ГОСТ 26426-85
			Водородный показатель (рН) водной вытяжки	(7,6±0,1) ед.рН	—	ГОСТ 26423-85
			Плотный остаток водной вытяжки	1,214 %	—	ГОСТ 26423-85
			Кальций, обменная форма	(36,8±3,7) ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2
			Магний, обменная форма	(1,25±0,19) ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2
			Натрий, обменная форма	(0,64±0,11) ммоль/100 г		Руководство по эксплуатации спектрометра атомно- абсорбционного «Квант-2А»

Протокол испытаний № 87-23 П/1-17-ВН от 05.07.2023 составлен в 2-х экземплярах
Отчёт не может быть частично воспроизведен без письменного разрешения эколого-аналитической лаборатории ФГБНУ «РосНИИПМ»

№ п/п	Шифр пробы	Номер выработки, глубина отбора образца грунта, м	Определяемый показатель	Результаты исследования, единицы измерения	Величина допусти мого уровня, единицы измерения	НД на методы исследования
1	2	3	4	5	6	7
12			Гипс	14,213 %		По Пфефферу в модификации Молодцова
			Карбонаты	1791 мг/100г		По Пфефферу в модификации Молодцова
	87-23 П/12-ВН		Кальций в водной вытяжке	<u>1,00 ммоль/100 г</u> 0,020 г/100 г	—	ГОСТ 26428-85
			Магний в водной вытяжке	<u>0,13 ммоль/100 г</u> 0,002 г/100 г	—	ГОСТ 26428-85
			Натрий + калий в водной вытяжке	<u>0,03 ммоль/100 г</u> 0,001 г/100 г	—	расчетный
			Ионы бикарбоната в водной вытяжке	<u>0,56 ммоль/100 г</u> 0,034 г/100	—	ГОСТ 26424-85
			Ионы хлорида в водной вытяжке	<u>0,20 ммоль/100 г</u> 0,006 г/100 г	—	ГОСТ 26425-85
			Ионы сульфата в водной вытяжке	<u>6,69 ммоль/100 г</u> 0,321 г/100 г	—	ГОСТ 26426-85
			Водородный показатель (рН) водной вытяжки	(7,8±0,1) ед.рН	—	ГОСТ 26423-85
			Плотный остаток водной вытяжки	0,086 %	—	ГОСТ 26423-85
			Кальций, обменная форма	(20,0±2,0) ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2
			Магний, обменная форма	(4,25±0,43) ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2
			Натрий, обменная форма	(0,71±0,12) ммоль/100 г		Руководство по эксплуатации спектрометра атомно- абсорбционного «Квант-2А»
			Гипс	0,403 %		По Пфефферу в модификации Молодцова
			Карбонаты	0 мг/100г		По Пфефферу в модификации Молодцова

Протокол испытаний № 87-23 П/1-17-ВН от 05.07.2023 составлен в 2-х экземплярах
Отчёт не может быть частично воспроизведен без письменного разрешения эколого-аналитической лаборатории ФГБНУ «РосНИИПМ»

№ п/п	Шифр пробы	Номер выработки, глубина отбора образца грунта, м	Определяемый показатель	Результаты исследования, единицы измерения	Величина допусти мого уровня, единицы измерения	НД на методы исследования
1	2	3	4	5	6	7
13	87-23 П/13-ВН		Кальций в водной вытяжке	$\frac{1,00 \text{ ммоль/100 г}}{0,020 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26428-85
			Магний в водной вытяжке	$\frac{0,13 \text{ ммоль/100 г}}{0,002 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26428-85
			Натрий + калий в водной вытяжке	$\frac{0,28 \text{ ммоль/100 г}}{0,006 \text{ г/100 г}}$	—	расчетный
			Ионы бикарбоната в водной вытяжке	$\frac{0,68 \text{ ммоль/100 г}}{0,041 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26424-85
			Ионы хлорида в водной вытяжке	$\frac{0,16 \text{ ммоль/100 г}}{0,006 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26425-85
			Ионы сульфата в водной вытяжке	$\frac{0,57 \text{ ммоль/100 г}}{0,027 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26426-85
			Водородный показатель (рН) водной вытяжки	(8,0±0,1) ед.рН	—	ГОСТ 26423-85
			Плотный остаток водной вытяжки	0,102 %	—	ГОСТ 26423-85
	87-23 П/13-ВН		Кальций, обменная форма	(18,4±1,8) ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2
			Магний, обменная форма	(3,25±0,33) ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2
			Натрий, обменная форма	(0,83±0,14) ммоль/100 г		Руководство по эксплуатации спектрометра атомно- абсорбционного «Квант-2А»
			Гипс	0,271 %		По Пфефферу в модификации Молодцова
			Карбонаты	0 мг/100г		По Пфефферу в модификации Молодцова
14	87-23		Кальций в водной вытяжке	$\frac{14,75 \text{ ммоль/100 г}}{0,295 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26428-85
			Магний в водной вытяжке	$\frac{0,25 \text{ ммоль/100 г}}{0,003 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26428-85

Протокол испытаний № 87-23 П/1-17-ВН от 05.07.2023 составлен в 2-х экземплярах
 Отчёт не может быть частично воспроизведен без письменного разрешения эколого-аналитической лаборатории ФГБНУ «РосНИИПМ»

№ п/п	Шифр пробы	Номер выработки, глубина отбора образца грунта, м	Определяемый показатель	Результаты исследования, единицы измерения	Величина допусти мого уровня, единицы измерения	НД на методы исследования
1	2	3	4	5	6	7
	П/14-ВН		Натрий + калий в водной вытяжке	$\frac{0,22 \text{ ммоль/100 г}}{0,005 \text{ г/100 г}}$	—	расчетный
			Ионы бикарбоната в водной вытяжке	$\frac{0,52 \text{ ммоль/100 г}}{0,032 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26424-85
			Ионы хлорида в водной вытяжке	$\frac{0,20 \text{ ммоль/100 г}}{0,007 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26425-85
			Ионы сульфата в водной вытяжке	$\frac{14,50 \text{ ммоль/100}}{\text{г}}$ 0,696 г/100 г	—	ГОСТ 26426-85
			Водородный показатель (рН) водной вытяжки	(7,7±0,1) ед.рН	—	ГОСТ 26423-85
			Плотный остаток водной вытяжки	1,104 %	—	ГОСТ 26423-85
			Кальций, обменная форма	(35,7±3,4) ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2
			Магний, обменная форма	(1,13±0,17) ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2
			Натрий, обменная форма	(0,68±0,12) ммоль/100 г		Руководство по эксплуатации спектрометра атомно- абсорбционного «Квант-2А»
			Гипс	11,039 %		По Пфефферу в модификации Молодцова
15	87-23 П/15-ВН		Карбонаты	920 мг/100г		По Пфефферу в модификации Молодцова
			Кальций в водной вытяжке	$\frac{2,75 \text{ ммоль/100 г}}{0,055 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26428-85
			Магний в водной вытяжке	$\frac{0,50 \text{ ммоль/100 г}}{0,006 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26428-85
			Натрий + калий в водной вытяжке	$\frac{0,10 \text{ ммоль/100 г}}{0,002 \text{ г/100 г}}$	—	расчетный
			Ионы бикарбоната в водной вытяжке	$\frac{0,52 \text{ ммоль/100 г}}{0,032 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26424-85

Протокол испытаний № 87-23 П/1-17-ВН от 05.07.2023 составлен в 2-х экземплярах
Отчёт не может быть частично воспроизведен без письменного разрешения эколого-аналитической лаборатории ФГБНУ «РосНИИПМ»

№ п/п	Шифр пробы	Номер выработки, глубина отбора образца грунта, м	Определяемый показатель	Результаты исследования, единицы измерения	Величина допусти мого уровня, единицы измерения	НД на методы исследования
1	2	3	4	5	6	7
	87-23 П/15-ВН		Ионы хлорида в водной вытяжке	$\frac{0,18 \text{ ммоль/100 г}}{0,006 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26425-85
			Ионы сульфата в водной вытяжке	$\frac{2,65 \text{ ммоль/100 г}}{0,127 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26426-85
			Водородный показатель (рН) водной вытяжки	(7,7±0,1) ед.рН	—	ГОСТ 26423-85
			Плотный остаток водной вытяжки	0,226 %	—	ГОСТ 26423-85
			Кальций, обменная форма	(22,3±2,2) ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2
			Магний, обменная форма	(4,25±0,43) ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2
			Натрий, обменная форма	(0,71±0,12) ммоль/100 г		Руководство по эксплуатации спектрометра атомно-абсорбционного «Квант-2А»
			Гипс	0,321 %		По Пфефферу в модификации Молодцова
			Карбонаты	0 мг/100г		По Пфефферу в модификации Молодцова
16	87-23 П/16-ВН		Кальций в водной вытяжке	$\frac{1,75 \text{ ммоль/100 г}}{0,035 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26428-85
			Магний в водной вытяжке	$\frac{0,38 \text{ ммоль/100 г}}{0,005 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26428-85
			Натрий + калий в водной вытяжке	$\frac{0,25 \text{ ммоль/100 г}}{0,006 \text{ г/100 г}}$	—	расчетный
			Ионы бикарбоната в водной вытяжке	$\frac{0,56 \text{ ммоль/100 г}}{0,034 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26424-85
			Ионы хлорида в водной вытяжке	$\frac{0,20 \text{ ммоль/100 г}}{0,007 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26425-85
			Ионы сульфата в водной вытяжке	$\frac{1,62 \text{ ммоль/100 г}}{0,078 \text{ г/100 г}}$	—	ГОСТ 26426-85

Протокол испытаний № 87-23 П/1-17-ВН от 05.07.2023 составлен в 2-х экземплярах
 Отчёт не может быть частично воспроизведен без письменного разрешения эколого-аналитической лаборатории ФГБНУ «РосНИИПМ»

№ п/п	Шифр пробы	Номер выработки, глубина отбора образца грунта, м	Определяемый показатель	Результаты исследования, единицы измерения	Величина допусти мого уровня, единицы измерения	НД на методы исследования
1	2	3	4	5	6	7
			Водородный показатель (рН) водной вытяжки	(7,9±0,1) ед.рН	—	ГОСТ 26423-85
			Плотный остаток водной вытяжки	0,170 %	—	ГОСТ 26423-85
			Кальций, обменная форма	(20,4±2,0) ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2
			Магний, обменная форма	(3,75±0,38) ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2
			Натрий, обменная форма	(0,70±0,12) ммоль/100 г		Руководство по эксплуатации спектрометра атомно- абсорбционного «Квант-2А»
			Гипс	0,254 %		По Пфефферу в модификации Молодцова
			Карбонаты	1282 мг/100г		По Пфефферу в модификации Молодцова
17	87-23 П/17-ВН		Кальций в водной вытяжке	<u>14,75 ммоль/100</u> г 0,295 г/100 г	—	ГОСТ 26428-85
			Магний в водной вытяжке	<u>0,38 ммоль/100 г</u> 0,005 г/100 г	—	ГОСТ 26428-85
			Натрий + калий в водной вытяжке	<u>0,12 ммоль/100 г</u> 0,003 г/100 г	—	расчетный
			Ионы бикарбоната в водной вытяжке	<u>0,56 ммоль/100 г</u> 0,034 г/100 г	—	ГОСТ 26424-85
			Ионы хлорида в водной вытяжке	<u>0,20 ммоль/100 г</u> 0,007 г/100 г	—	ГОСТ 26425-85
			Ионы сульфата в водной вытяжке	<u>14,49 ммоль/100</u> г 0,700 г/100 г	—	ГОСТ 26426-85
			Водородный показатель (рН) водной вытяжки	(7,7±0,1) ед.рН	—	ГОСТ 26423-85
			Плотный остаток водной вытяжки	1,098 %	—	ГОСТ 26423-85

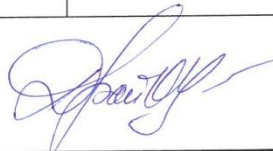
Протокол испытаний № 87-23 П/1-17-ВН от 05.07.2023 составлен в 2-х экземплярах
Отчёт не может быть частично воспроизведен без письменного разрешения эколого-аналитической лаборатории ФГБНУ «РосНИИИМ»

№ п/п	Шифр пробы	Номер выработки, глубина отбора образца грунта, м	Определяемый показатель	Результаты исследования, единицы измерения	Величина допустимого уровня, единицы измерения	НД на методы исследования
1	2	3	4	5	6	7
			Кальций, обменная форма	(36,1±3,6) ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2
			Магний, обменная форма	(1,88±0,28) ммоль/100 г		ГОСТ 26487-85, п.2
			Натрий, обменная форма	(0,71±0,12) ммоль/100 г		Руководство по эксплуатации спектрометра атомно-абсорбционного «Квант-2А»
			Гипс	12,422 %		По Пфефферу в модификации Молодцова
			Карбонаты	1289 мг/100 г		По Пфефферу в модификации Молодцова

Средства измерения:

Наименование оборудования	Зав. №	Инв. №	Дата ввода в эксп.	Свидетельство о поверке, период действия
Весы лабораторные электронные ЛВ, мод. ЛВ-210-А	25825045	1101041842	2010г.	С-ВР/06-07-2022/168418532, до 05.07.2023 г
Шкаф сушильный ШС-80-01 СПУ	10513	2101340100	2016г.	аттестат № 2715/22 до 24.11.2023 г.
Термогигрометр СЕМ DT-625	170912755	2101340077	2017г	С-ВР/29-08-2022/182064607 до 28.08.2023
Весы лабораторные электронные Pioneer Scout, мод. PA 512	8329410458	2101340100	2016г.	С-ВР/06-07-2022/168418533, до 05.07.2023 г
Анализатор жидкости «Экотест-2000Т»	2375	2101042377	2009г	С-ВР/11-04-2023/237951819 до 10.04.2024
Фотометр фотоэлектрический КФК-3	0800795	2101340100	2017г.	С-ВР/04-07-2022/169439676 до 03.07.2024 г.
Спектрометр атомно-абсорбционный «КВАНТ-2А»	93	1101041116	2009 г	С-ВР/04-07-2022/169439679 до 03.07.2023 г.

Заведующий эколого-аналитической лаборатории



О.И. Драй

Конец протокола испытаний № 87-23П/1-17-ВН от 05.07.2023

Дисперсионный анализ опытный участок 1 урожайность риса

Вариант	Повторения, X				Сумма V	Среднее
	1	2	3	4 (n)		
1	4,16	4,04	4,28	4	16,48	4,12
2	7	6	6,8	6,87	26,67	6,67
3	5,51	5,85	5,4	5,96	22,72	5,68
4	4,59	5,08	4,83	5,03	19,53	4,88
Суммы Р	21,26	20,97	21,31	21,86	85,4	#ДЕЛ/0!

Таблица преобразованных дат										
	X1=X-45				Суммы, V	Квадраты				Сум.квадр.
1	-40,84	-40,96	-40,72	-41,00	-163,52	1667,91	1677,72	1658,12	1681,00	6684,75
2	-38,00	-39,00	-38,20	-38,13	-153,33	1444,00	1521,00	1459,24	1453,90	5878,14
3	-39,49	-39,15	-39,60	-39,04	-157,28	1559,46	1532,72	1568,16	1524,12	6184,46
4	-40,41	-39,92	-40,17	-39,97	-160,47	1632,97	1593,61	1613,63	1597,60	6437,80
Суммы Р	-203,74	-204,03	-203,69	-203,14	-814,60	41509,99	41628,24	41489,62	41265,86	33285,15

26738,79

23510,089

24736,998

25750,621

133136,5

163

Дисперсия	Суммы квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F05
l	5				
n	4				
N=l*n	20				
C	33178,66				
Cy	106,49	19			
Cp	0,08	3			
Cv	105,47	4	26,37	335,34	
Cz	0,94	12	0,08		
Sx	0,14				
Sx,%					
Sd	0,20				
t05	2,18				
НСР 05,т/га	0,43				
НСР 05,%					

опытный участок 2 урожайность риса

Вариант	Повторения, X				Сумма V	Среднее
	1	2	3	4 (n)		
1	4,11	4,54	4,33	4,5	17,48	4,4
2	6,57	6,97	6,43	7,11	27,08	6,8
3	6,44	5,51	6,25	6,31	24,51	6,1
4	5,27	5,12	5,43	5,06	20,88	5,2
Суммы Р	22,39	22,14	22,44	22,98	89,95	#ДЕЛ/0!

Таблица преобразованных дат

	X1=X-45				Суммы, V	Квадраты				Сум.квадр.	
1	-40,89	-40,46	-40,67	-40,50	-162,52	1671,99	1637,01	1654,05	1640,25	6603,30	26412,75
2	-38,43	-38,03	-38,57	-37,89	-152,92	1476,86	1446,28	1487,64	1435,65	5846,44	23384,526
3	-38,56	-39,49	-38,75	-38,69	-155,49	1486,87	1559,46	1501,56	1496,92	6044,81	24177,14
4	-39,73	-39,88	-39,57	-39,94	-159,12	1578,47	1590,41	1565,78	1595,20	6329,88	25319,174
Суммы Р	-202,61	-202,86	-202,56	-202,02	-810,05	41050,81	41152,18	41030,55	40812,08	32924,43	131693,59

Дисперсия	Суммы квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F05
l	5				
n	4				
N=l*n	20				
C	32809,05				
Cy	115,38	19			
Ср	0,08	3			
Cv	114,35	4	28,59	357,09	
Cz	0,96	12	0,08		
Sx	0,14				
Sx,%					
Sd	0,20				
t05	2,18				
НСР 05, т/га	0,44				
НСР 05,%					

опытный участок 3 урожайность риса

Вариант	Повторения, X				Сумма V	Среднее					
	1	2	3	4 (n)							
1	3,4	2,92	3,31	3,34	12,97	3,2					
2	4,04	4,28	3,95	4,37	16,64	4,2					
3	3,61	3,99	3,8	3,96	15,36	3,8					
4	3,44	3,59	3,48	3,69	14,2	3,6					
Суммы Р	14,49	14,78	14,54	15,36	59,17	#ДЕЛ/0!					
Таблица преобразованных дат											
	X1=X-45				Суммы, V	Квадраты				Сум.квадр.	
1	-41,60	-42,08	-41,69	-41,66	-167,03	1730,56	1770,73	1738,06	1735,56	6974,90	27899,021
2	-40,96	-40,72	-41,05	-40,63	-163,36	1677,72	1658,12	1685,10	1650,80	6671,74	26686,49
3	-41,39	-41,01	-41,20	-41,04	-164,64	1713,13	1681,82	1697,44	1684,28	6776,67	27106,33
4	-41,56	-41,41	-41,52	-41,31	-165,80	1727,23	1714,79	1723,91	1706,52	6872,45	27489,64
Суммы Р	-210,51	-210,22	-210,46	-209,64	-840,83	44314,46	44192,45	44293,41	43948,93	35395,76	141581,48

Дисперсия	Суммы квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F05
l	5				
n	4				
N=l*n	20				
C	35349,75				
Cy	46,01	19			
Cp	0,10	3			
Cv	45,62	4	11,40	465,50	
Cz	0,29	12	0,02		
Sx	0,08				
Sx,%					
Sd	0,11				
t05	2,18				
НСР 05, т/га	0,24				
НСР 05,%					

опытный участок 1 урожайность сои

Вариант	Повторения, X				Сумма V	Среднее				
	1	2	3	4 (n)						
1	2,26	2,23	2,3	2,21	5	2,25				
2	4,4	3,77	4,27	4,32	16,76	4,19				
3	3,78	4,02	3,7	4,1	15,6	3,90				
4	3,53	3,9	3,71	3,86	15	3,75				
Суммы Р	12,97	12,92	12,98	13,49	52,36	#ДЕЛ/0!				
Таблица преобразованных дат										
	X1=X-45				Суммы, V	Квадраты				Сум.квадр.
1	-43,74	-43,77	-43,70	-43,79	-175,00	1913,19	1915,81	1909,69	1917,56	7656,25
2	-40,60	-41,23	-40,73	-40,68	-163,24	1648,36	1699,91	1658,93	1654,86	6662,07
3	-41,22	-40,98	-41,30	-40,90	-164,40	1699,09	1679,36	1705,69	1672,81	6756,95
4	-41,47	-41,10	-41,29	-41,14	-165,00	1719,76	1689,21	1704,86	1692,50	6806,33
Суммы Р	-212,03	-212,08	-212,02	-211,51	-847,64	44956,72	44977,93	44952,48	44736,48	35981,61

30625
26647,298
27027,36
27225
143924,66

Дисперсия	Суммы квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F05
l	5				
n	4				
N=l*n	20				
C	35924,68				
Cy	56,93	19			
Cp	0,04	3			
Cv	56,49	4	14,12	425,00	
Cz	0,40	12	0,03		
Sx	0,09				
Sx,%					
Sd	0,13				
t05	2,18				
HCP 05, т/га	0,28				
HCP 05,%					

опытный участок 2 урожайность сои

Вариант	Повторения, X				Сумма V	Среднее					
	1	2	3	4 (n)							
1	1,91	1,64	1,86	1,87	7,28	1,82					
2	3,78	4,18	3,98	4,14	16,08	4,02					
3	3,46	3,36	3,57	3,33	13,72	3,43					
4	3,19	3,39	3,13	3,45	13,16	3,29					
Суммы Р	12,34	12,57	12,54	12,79	50,24	#ДЕЛ/0!					
Таблица преобразованных дат											
	X1=X-45				Суммы, V	Квадраты				Сум.квадр.	
1	-43,09	-43,36	-43,14	-43,13	-172,72	1856,75	1880,09	1861,06	1860,20	7458,09	29832,198
2	-41,22	-40,82	-41,02	-40,86	-163,92	1699,09	1666,27	1682,64	1669,54	6717,54	26869,766
3	-41,54	-41,64	-41,43	-41,67	-166,28	1725,57	1733,89	1716,44	1736,39	6912,30	27649,038
4	-41,81	-41,61	-41,87	-41,55	-166,84	1748,08	1731,39	1753,10	1726,40	6958,97	27835,586
Суммы Р	-212,66	-212,43	-212,46	-212,21	-849,76	45224,28	45126,50	45139,25	45033,08	36146,90	144586,59

Дисперсия	Суммы квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F05
l	5				
n	4				
N=l*n	20				
C	36104,60				
Cy	42,29	19			
Cp	0,02	3			
Cv	42,04	4	10,51	548,31	
Cz	0,23	12	0,02		
Sx	0,07				
Sx,%					
Sd	0,10				
t05	2,18				
НСР 05, т/га	0,21				
НСР 05,%					

опытный участок 3 урожайность сои

Вариант	Повторения, X				Сумма V	Среднее				
	1	2	3	4 (n)						
1	1,43	1,58	1,5	1,57	6,08	1,52				
2	1,71	1,81	1,67	1,85	7,04	1,76				
3	1,81	1,55	1,75	1,77	6,88	1,72				
4	1,65	1,6	1,7	1,58	6,53	1,63				
Суммы P	6,6	6,54	6,62	6,77	26,53	#ДЕЛ/0!				
Таблица преобразованных дат										
	X1=X-45				Суммы, V	Квадраты				Сум.квадр.
1	-43,57	-43,42	-43,50	-43,43	-173,92	1898,34	1885,30	1892,25	1886,16	7562,06
2	-43,29	-43,19	-43,33	-43,15	-172,96	1874,02	1865,38	1877,49	1861,92	7478,81
3	-43,19	-43,45	-43,25	-43,23	-173,12	1865,38	1887,90	1870,56	1868,83	7492,67
4	-43,35	-43,40	-43,30	-43,42	-173,47	1879,22	1883,56	1874,89	1885,30	7522,97
5 (l)	-45,00	-45,00	-45,00	-45,00	-180,00	2025,00	2025,00	2025,00	2025,00	8100,00
Суммы P	-218,40	-218,46	-218,38	-218,23	-873,47	47698,56	47724,77	47689,82	47624,33	38156,51

Дисперсия	Суммы квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F05
l	5				
n	4				
N=l*n	20				
C	38147,49				
Cy	9,02	19			
Cp	0,01	3			
Cv	8,93	4	2,23	338,66	
Cz	0,08	12	0,01		
Sx	0,04				
Sx,%					
Sd	0,06				
t05	2,18				
НСР 05, т/га	0,13				
НСР 05,%					

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2021668224

Определение агромелиоративных мероприятий по
показателям свойств почв

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное
научное учреждение «Российский научно-исследовательский
институт проблем мелиорации» (ФГБНУ «РосНИИПМ»)
(RU)*

Авторы: *Масный Роман Степанович (RU), Бабичев Александр
Николаевич (RU), Докучаева Лидия Михайловна (RU),
Юркова Рита Евгеньевна (RU), Бабенко Алексей
Александрович (RU), Белоусов Антон Борисович (RU)*

Заявка № 2021667506

Дата поступления 01 ноября 2021 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 11 ноября 2021 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев