

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Омский аграрный научный центр»
(ФГБНУ «Омский АНЦ»)

УДК 631.6 (571.13)

№ регистрации

Инв. №

УТВЕРЖДАЮ:

Врио директора

ФГБНУ Омский АНЦ,

доктор с.-х. наук

В.С. Бойко

2018 г.



ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА МЕЛИОРИРОВАН-
НЫХ ЗЕМЛЯХ, НАПРАВЛЕННОЙ НА ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОЙ
ПРОДУКЦИИ И СОХРАНЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

(заключительный)


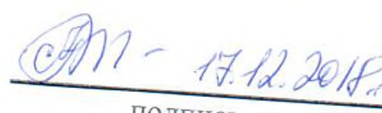





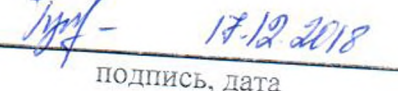
Руководитель НИР:

врио директора

В.С. Бойко

Омск 2018

Список исполнителей

Руководитель НИР, врио директора, д-р с.-х. наук,	 <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black;"/> подпись, дата	В.С. Бойко (введение, раздел 1-8 заключение)
Отв. исполнитель, зав. лабораторией, канд. с.-х. наук	 <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black;"/> подпись, дата	А.Ю. Тимохин (введение, раздел 1-8, заклучение)
Исполнители: Гл. науч. сотр., д-р с.-х. наук	 <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black;"/> подпись, дата	В.И. Дмитриев (раздел 1, 2)
Ст. науч. сотр., канд. с.-х. наук	 <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black;"/> подпись, дата	С.П. Гавар (раздел 3-6)
Ст. науч. сотр., канд. с.-х. наук	 <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black;"/> подпись, дата	Н.Ф. Балабанова (раздел 3)
Лаборант	 <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black;"/> подпись, дата	Е.Ю. Сбитнева (раздел 3-5)
Лаборант	 <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black;"/> подпись, дата	С.Е. Бельский (раздел 1, 5)
Нормоконтроль	 <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black;"/> подпись, дата	Е.В. Тукмачева

Реферат

Отчет 99 с., 16 рис., 31 табл., 35 источн., 5 прил.

МЕЛИОРАЦИЯ, ОРОШЕНИЕ, ОСУШЕНИЕ, ЗАСОЛЕНИЕ, ПЛОДОРОДИЕ, ГУ-МУС

Объектом исследования являлись орошаемые и осушенные земли Омской области.

Цель работы – осуществление мониторинга мелиорированных ландшафтов для повышения продуктивности земель сельскохозяйственного назначения на основе освоения научно-обоснованных адаптивных систем земледелия, сохранения плодородия почв, применения экологически безопасных технологий в растениеводстве.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Выявить уровень грунтовых вод, химический состав грунтовых и поливных вод.
2. Определить показатели плодородия мелиорируемых почв.
3. Рассчитать и обосновать поливные и оросительные нормы, проведение осушительных мероприятий с учетом сохранения плодородия орошаемых и осушенных земель.
4. Обосновать подбор сельскохозяйственных культур, структуру посевов и технологию возделывания сельскохозяйственных культур на мелиорируемых землях.
5. Разработать рекомендации по ведению усовершенствованной системы земледелия на мелиорируемых землях в Омской области.

Методы исследования – маршрутное полевое исследование, полевые стационарные опыты, лабораторные анализы.

В ходе исследования получены следующие научные результаты:

Значительная доля мелиорированных земель Омской области требует реконструкции и восстановления для полноценного использования при производстве качественной высокодоходной сельскохозяйственной продукции.

Результаты анализа почвенных образцов, отобранных в СПК «Ермак» Ново-варшавского района Омской области (проведены в ФГБУ «ЦАС «Омский») свиде-

тельствуют о нейтральной реакции почвенной среды, низкой (4,2-4,9 %) степени гумусированности, преимущественно низкой обеспеченности растений нитратным азотом (менее 10 мг/кг), среднем содержании подвижного фосфора, что говорит о дефиците элементов минерального питания. Анализ грунтовых вод выявил высокую их минерализацию – 8,173 г/л, что говорит о недопущении подъема уровня грунтовых вод

Почва орошаемых массивов в южной лесостепи (СПК «Пушкинский», ФГУП «Омское» Омского района) имеет нейтральную и близкую к нейтральной реакцию почвенной среды, сбалансированный катионно-анионный состав водной вытяжки, повышенное и высокое содержание гумуса и подвижного фосфора, низкую обеспеченность нитратным азотом. Это говорит о необходимости применения минеральных удобрений в соответствии с потребностью растений. Грунтовая вода в южной лесостепи умеренно пресная с минерализацией 0,701-0,984 г/л. Динамика УГВ орошаемого массива в южной лесостепи в течение вегетационного периода выражена слабее, чем на богарном участке, при более низком уровне весной – в среднем 2,80 и 2,94 м осенью.

Содержание обменного калия в черноземных почвах степи и южной лесостепи высокое и не ограничивает продуктивность культур при орошении.

Поливная вода из р. Омь пригодна для орошения – минерализация 0,335-0,891 г/л. В р. Иртыш вода более пресная и более благоприятна по катионно-анионному составу, имеет более высокий ирригационный коэффициент – 167.

Почвы Котовщиковской осушительной системы имеют нейтральную или близкую к нейтральной реакцию среды. В торфяных перегнойных низинных осушенных почвах на мелких и средних торфах очень высокое содержание подвижного фосфора, среднее и высокое содержание доступного калия. Содержание большинства микроэлементов – Cu, Mn, Zn – низкое, Co – среднее.

В торфяно-перегнойных глеевых низинных, торфяных низинных осушенных на средних торфах, а также в торфяных перегнойных низинных и в луговых средне-мощных среднегумусовых тяжелосуглинистых почвах содержание P_2O_5 среднее, среднее и даже низкое содержание K_2O , повышенное и высокое содержание гумуса.

Из микроэлементов низкое содержание Mn и Zn, среднее – Cu и Co. Содержание тяжелых металлов не достигает верхней границы ПДК (ОДК).

В торфяных низинных осушенных почвах на средних, глубоких и мелких торфах повышенное содержание P_2O_5 и K_2O .

Вода в магистральных каналах Котовщиковской осушительной системы пресная, хорошего качества. Ирригационный коэффициент в Еланском и Лапшинском каналах составил 296,9 и 351,2 соответственно.

На основе тепловодобалансовых расчетов и экспериментальных данных в южной лесостепи оросительные нормы с 50% обеспеченностью осадками на многолетних травах прошлых лет посева составляют 190 мм или $1900 \text{ м}^3/\text{га}$. Для яровой пшеницы данный показатель находится на уровне 145 мм или $1450 \text{ м}^3/\text{га}$.

Для обеспечения оптимального водного режима мелиорируемых земель северной зоны Омской области определено влияние глубины заложения дренажа и расстояний между дренами для основных кормовых культур севооборота, которые составили:

- для Тары: глубина заложения дренажа – 1,5 м, расстояние между дренами – 100 м;

- для Большеуков: глубина заложения дренажа – 1,4 м, расстояние между дренами – 200 м.

Нормы осушения согласуются с распределением корней в торфяных почвах и составляют в зависимости от культуры 0,6-1,0 м.

В производственных условиях возделывание многолетних трав и картофеля на орошаемых землях экономически целесообразно, рентабельность составляет – 46,1 и 59,8 % соответственно.

Содержание

Введение	8
Основная часть	10
1 Условия и методика проведения исследований	10
2 Актуальное состояние и перспективы повторного освоения мелиорированных земель Омской области	16
3 Плодородие мелиорируемых земель	25
4 Динамика уровня грунтовых вод и влажности почвы в южной лесостепи Омского Прииртышья	37
5 Минерализация и химический состав поливной воды	42
6 Подбор культур и структура посевов на орошаемых землях	46
7 Режимы орошения и осушения мелиорируемых земель	52
8 Экономическая эффективность выращивания сельскохозяйственных культур на мелиорируемых землях	79
Заключение	83
Список использованных источников	86
Приложения	89

Обозначения и сокращения

а.с.м.	— абсолютно сухая масса
зел. масса	— зеленая масса
б/п	— беспокровный посев многолетних трав
ВЗ	— влажность устойчивого завядания растений
ВРК	— влажность разрыва капилляров
ГВ	— грунтовые воды
УГВ	— уровень грунтовых вод
г.ж.	— год жизни травостоя
з/к	— зеленый корм
з/с	— зерносенаж
корм. ед.	— кормовая единица
МЗ	— максимальная гигроскопичность
мэ	— микроэлементы
НВ	— наименьшая влагоемкость
ОВ	— окислительно-восстановительный
ОГМС	— объединенная гидрометеорологическая станция
ОМ	— объемная масса (плотность)
ОН	— оросительная норма
ОС	— оросительная система
ПВ	— полевая всхожесть
п/п	— посев многолетних трав под широкорядный покров однолетних кормовых культур
ПН	— поливная норма
ппв	— предполивной порог влажности
ППВ	— предельная полевая влагоемкость
ППК	— почвенно-поглощающий комплекс
РТ	— ризоторфин
Е, мм	— суммарное водопотребление

Введение

В книге «Земля только одна», подготовленной по поручению ООН группой специалистов из 52 стран мира, говорится: «Совершенно бесполезно тратить средства на «зеленую революцию» – улучшение сортов, семян, удобрения, пестициды, сельскохозяйственные кадры и на расширение системы транспортировки продукции – если все может свести на нет отсутствие дождя в требуемое время».

В условиях южной части Западной Сибири каждый третий год засушливый, и каждый второй – полусухой.

В районах недостаточного и неустойчивого увлажнения орошение, как мелиоративный прием, является основным средством искусственного повышения природного потенциала земель и увеличения их продуктивности. В этой связи орошаемое земледелие является составной частью общего земледелия, с конкретной целью – повышение урожайности сельскохозяйственных культур и качества урожая на основе приемов и технологий выращивания культур, гарантирующих рациональное использование природных ресурсов.

Орошение позволяет реализовать возможность более производительно использовать черноземные почвы, причем с наибольшим эффектом, на основе комплексной химизации и механизации технологий выращивания культур. Сельскохозяйственное производство на орошаемых землях рассматривается как высшая форма земледелия, которая должна обеспечивать ежегодное высокопродуктивное использование почвы, гарантировать стабильное производство планируемого объема продукции.

Сложность решения задач орошаемого земледелия вызвана многоплановостью взаимодействия и взаимообусловленностью факторов среды обитания растений, особенно с учетом влияния на них приемов и технологий выращивания культур, формирующих новые режимные процессы, от которых зависит урожайность культур и качество урожая, а также динамика свойств почвы. При этом, направленность последних в желаемом русле во многом зависит от системы оптимизации условий формирования урожая, наличия научно-обоснованных рекомендаций, состояния ма-

териально-технической вооруженности землепользователей, общей дисциплины и заинтересованности исполнителей в результатах своего труда.

В сложившейся ситуации важное значение имеет разработка научно-обоснованных технологий, базирующихся на обязательном комплексе организационных и агромелиоративных приемов по выращиванию программируемых урожаев культур. В этом плане весьма ценными являются результаты длительных комплексных исследований (около 40 лет) лаборатории полевого кормопроизводства ФГБНУ «Омский АНЦ», особенно с учетом внедрения приемов и технологий в ФГУП «Омское», и в ОПХ «Новоуральское» (до 1996 г.), СПК «Пушкинский» – стабилизации продуктивности орошаемой пашни на высоком уровне, причем без ущерба плодородию почвы.

Важнейшим условием успешного внедрения имеющихся разработок является создание необходимых условий для реализации биопотенциала культур, при управлении формированием урожая в расчете на достижение возможной продуктивности орошаемой пашни.

Важной проблемой в развитии сельского хозяйства в северной лесостепи, в подтаежной и таежной зонах Омской области является освоение заболоченной территории. Вследствие значительной обводненности, заочкаренности и залесенности эти площади в естественном состоянии не могут быть использованы. Основные мероприятия по отводу избыточных вод с территории сводятся к восстановлению и эффективному использованию осушительных систем.

Основная часть

1 Условия и методика проведения исследований

Исследования проводились в муниципальных районах Омской области в различных природно-климатических зонах (степная, южная лесостепная, северная), имеющих мелиорируемые земли (орошаемые и осушенные).

Объект исследований: орошаемые и осушенные земли.

Цель работы – осуществление мониторинга мелиорированных ландшафтов для повышения продуктивности земель сельскохозяйственного назначения на основе освоения научно-обоснованных адаптивных систем земледелия, сохранения плодородия почв, применения экологически безопасных технологий в растениеводстве.

Для достижения поставленной цели будут решены следующие задачи:

6. Выявить уровень грунтовых вод, химический состав грунтовых и поливных вод.

7. Определить показатели плодородия мелиорируемых почв.

8. Рассчитать и обосновать поливные и оросительные нормы, проведение осушительных мероприятий с учетом сохранения плодородия орошаемых и осушенных земель.

9. Обосновать подбор сельскохозяйственных культур, структуру посевов и технологию возделывания сельскохозяйственных культур на мелиорируемых землях.

10. Разработать рекомендации по ведению усовершенствованной системы земледелия на мелиорируемых землях в Омской области.

Методы исследования – маршрутное полевое исследование, полевые стационарные опыты, лабораторные анализы.

Ожидаемые результаты – будет проведен мониторинг современного состояния мелиорируемых земель в выбранных муниципальных районах Омской области; составлен план мероприятий повторного освоения мелиорируемых земель (в случае их не использования на текущий момент); рассчитаны и обоснованы поливные и оросительные нормы на основе тепло-водно балансовых расчетов с учетом сохранения плодородия орошаемых земель; рассчитано и обосновано проведение осуши-

тельных мероприятий на основе тепло-водно балансовых расчетов с учетом сохранения плодородия осушенных земель; обоснованы подбор сельскохозяйственных культур, структура посевов и технология возделывания сельскохозяйственных культур на мелиорируемых землях; определен выход получаемой растениеводческой продукции с исследуемых мелиорируемых земель; рассчитана экономическая эффективность использования мелиорируемых земель с учетом выхода растениеводческой продукции и оценки их мелиоративного потенциала; разработаны рекомендации по ведению усовершенствованной системы земледелия на мелиорируемых землях в Омской области; подготовлен и предоставлен отчет о выполненной научно-исследовательской работе.

Работа проводилась на Пушкинской ОС Омского муниципального района, Сибирской ОС Нововаршавского муниципального района и на бывшей «Котовщицкой осушительной системе» Знаменского района Омской области.

Наблюдения и анализы

1. Агрометеорологические условия – по материалам наблюдения ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС».

2. На научном стационаре (Пушкинская ОС) определение запасов общей влаги в почве в метровом слое методом высушивания при посеве, при уборке и в течение вегетационного периода. Образцы отбираются буром до глубины 1 м послойно через 10 см, в двукратной повторности.

3. Динамика уровня и минерализации грунтовых вод осуществляется по сохранившимся наблюдательным скважинам и сравнивается с более ранним периодом по данным Гидролого-мелиоративной партии. Определяется их общая минерализация, рН и соотношение в ней анионов HCO_3 , CO_3 , SO_4 , Cl и катионов Na , Ca , Mg .

4. Оценка степени засоления почв в данных муниципальных районах на отдельных полях осушенных и орошаемых массивов в отобранных почвенных образцах до глубины 160 см (20 см слоях) определяется анализом водной вытяжки, который включает: определение рН, сухого остатка, хлорид-ионов, сульфат-ионов, общей щелочности и ионов кальция, магния, натрия.

5. В соответствии с календарным планом в этих же полях в слоях 0-20 и 20-40 см определяется содержание нитратного азота. В слое 0-20 см – содержание гумуса, подвижных форм фосфора и калия. Определение содержания валового гумуса в почве – по Тюрину. Анализируются воздушно-сухие образцы.

Нитратный азот по Грандваль-Ляжу. Подвижный фосфор и обменный калий в черноземных почвах южной лесостепи и степи – по Чирикову. На ранее осушенных почвах подтаежной зоны – по Кирсанову.

Дифференциация в содержании гумуса и элементов минерального питания в зависимости от использования длительно орошаемых черноземных почв определяется в условиях научного стационара в вариантах без удобрений и удобренных, где по многолетним данным получена наиболее высокая урожайность кормовых, зерновых и зернобобовых культур.

6. Анализ качества поливной воды из р. Иртыш и Омь в половодье и межень на содержание солей (общее), рН и катионно-анионный состав.

7. Совместно с департаментом «Омскмелиоводхоз» провести инвентаризацию мелиорированных земель в данных районах и в случае их не использования на текущий момент составить план их повторного освоения.

8. Рассчитать и обосновать поливные и оросительные нормы на орошаемых землях и осушительные мероприятия на осушенных землях на основе тепло-водно-балансовых расчетов с учетом сохранения их плодородия.

9. На основе научного и производственного опыта обосновать подбор сельскохозяйственных культур, структуру посевов и технологию возделывания сельскохозяйственных культур на мелиорируемых землях в выбранных муниципальных районах Омской области.

Определить выход получаемой растениеводческой продукции и рассчитать экономическую эффективность использования мелиорируемых земель. Для этого провести сбор информации по выходу сельскохозяйственной продукции и затратам на ее выращивание. Проанализировать и сопоставить полученные результаты с расчетными, полученными в экспериментах.

Разработать рекомендации по ведению усовершенствованной системы земледелия на мелиорируемых землях в Омской области, включающие следующие разделы:

Введение

- I Природные ресурсы зоны распространения мелиорированных земель
 - 1 Особенности климата, погоды
 - 2 Физико-географическая характеристика
 - 3 Почвенно-мелиоративные условия
 - 4 Мелиоративный фонд и его использование
- II Агромелиоративные основы рационального использования орошаемых земель
 - 1 Подбор культур и структура посевов
 - 2 Водопотребление и регулирование водного режима почвы
 - 3 Особенности оптимизации питательного режима почвы
- III Особенности технологий выращивания культур при интенсивном использовании орошаемой пашни
 - 1 Многолетние травы (люцерна, кострец, козлятник восточный и их смеси)
 - 2 Однолетние кормовые культуры
 - 3 Зерновые культуры (яровая мягкая пшеница, ячмень яровой)
 - 4 Зернобобовые культуры (соя)
 - 5 Картофель
- IV Создание высокопродуктивных кормовых угодий на осушаемых торфяных почвах
 - 1 Режимы осушения
 - 2 Первичная обработка почвы
 - 3 Удобрение осушаемых почв
 - 4 Добавка минерального грунта
 - 5 Севообороты
 - 6 Агротехника возделывания однолетних трав
 - 7 Создание культурных сенокосов
 - 8 Зеленый (сырьевой) конвейер

Заключение

Библиографический список

В соответствии с техническим заданием (приложение А) и календарным планом совершены выезды в хозяйства в различных природно-климатических зонах Омской области (приложение Б), имеющих мелиорируемые земли, в том числе в научном стационаре ФГБНУ «Омский АНЦ», проведен мониторинг состояния ме-

лиорированных земель в данных районах, отбор почвенных образцов и грунтовой воды для определения показателей плодородия (рисунок 1-4).



Рисунок 1 – Плавучая насосная станция,
СПК «Ермак» Нововаршавского района (июнь 2018 г.)



Рисунок 2 – Кострец безостый прошлых лет посева при орошении,
СПК «Ермак» Нововаршавского района (июнь 2018 г.)



Рисунок 3 – Специалисты «Омскмелиоводхоз» и врио директора «Омский АНЦ» на Котовщиковской осушительной системе Знаменского района (сентябрь 2018г.)



Рисунок 4 – Отбор почвенных образцов на Котовщиковской осушительной системе Знаменского района (сентябрь 2018 г.)

2 Актуальное состояние и перспективы повторного освоения мелиорированных земель Омской области

В мировой практике сельскохозяйственного производства комплексная мелиорация земель, включающая наряду с гидромелиорацией агролесомелиорацию, культуртехническую, биологическую мелиорацию и другие мелиоративные мероприятия в сочетании с применением наукоемких аграрных технологий и технических средств, высокопродуктивных культур, сортов и гибридов, расчетных доз удобрений и средств защиты растений является решающим условием стабильно высокого производства сельскохозяйственной продукции. В Китае доля мелиорированных земель достигает 44,4 %, в Индии – 35,9 %, в США – 39,9 %. В России даже в период подъема мелиорации доля площади мелиорированных земель в общей площади сельскохозяйственных угодий не превышала 10 %. На современном этапе площадь мелиорированных земель составляет 7,9 % площади пашни (О мелиорации земель..., 2013).

В условиях глобальных изменений климата, связанных с часто повторяющимися засушливыми или переувлажненными годами, наиболее действенным средством обеспечения устойчивости сельскохозяйственного производства являются водные мелиорации – орошение и осушение земель (Мелиорация земель..., 2008).

Относительно непродолжительная (по мировым временным меркам) история отечественной мелиорации зафиксировала разное отношение к ней со стороны общества, просвещённых людей и государственной власти (рисунок 5).

В период до 1966 года – года принятия «Программы широко масштабной мелиорации земель» Россия относилась к странам со слаборазвитой мелиоративной деятельностью. А период с 1966 года по 1991 год определяется периодом бурного развития и расцвета отечественной мелиорации (Маслов Б.С., 2002).

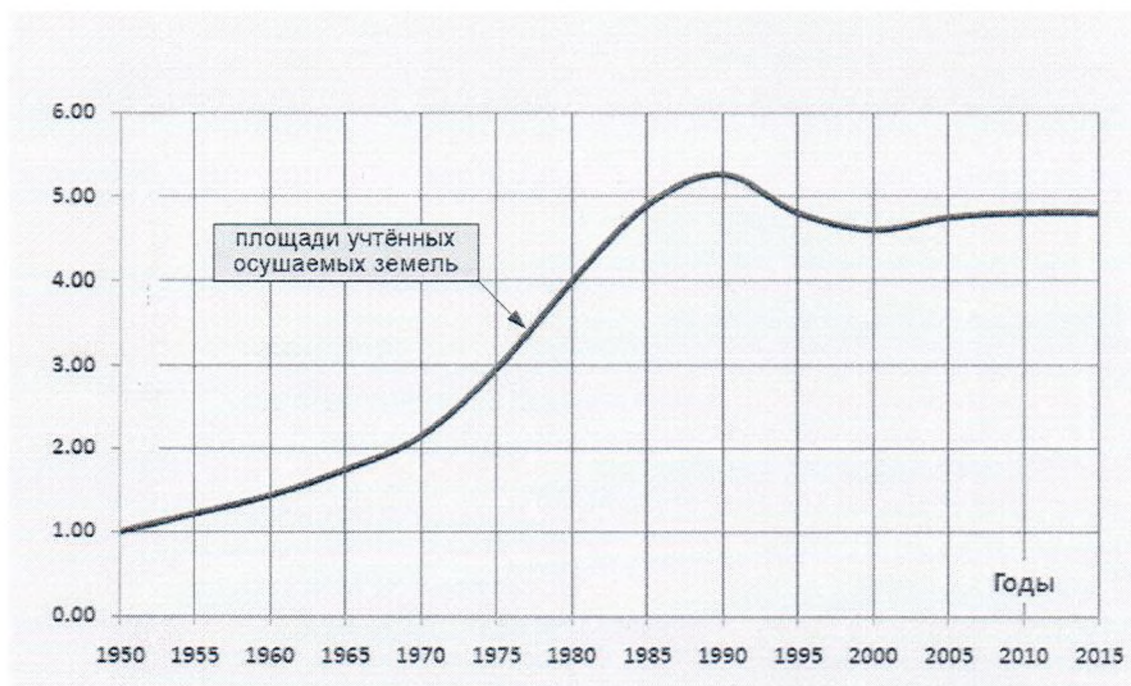
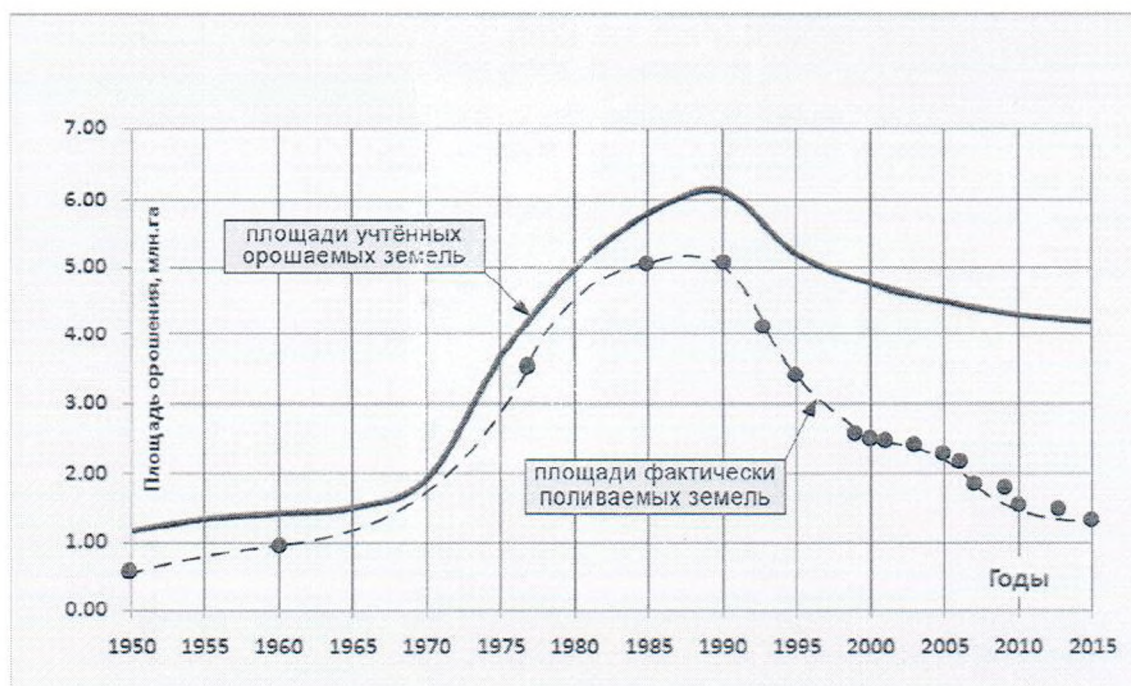


Рисунок 5 – Динамика изменения орошаемых и осушаемых земель в Российской Федерации за период 1950 по 2015 годы
(по данным Колганова А.В. и др., 2016)

С 1991 года в Российской Федерации наблюдается спад мелиоративной деятельности. К сожалению, дальнейшие капитальные вложения в мелиорацию земель после 1995 г. сокращались, что привело к резкому снижению объёмов нового мелиоративного строительства. В 2015 г. из имеющихся в России 4,26 млн. га орошаемых земель, в сельскохозяйственном производстве фактически использовалось 3,27 млн.

га, а из 4,78 млн. га осушаемых земель в сельскохозяйственном обороте использовалось 3,38 млн. га. Площадь используемых мелиорированных земель, в настоящее время, составляет 5,8 % от площади пашни. На мелиорируемых землях, в настоящее время, производят до 70% овощей, более 20% грубых и сочных кормов, 100% риса, значительное количество другой продукции растениеводства (Кирейчева Л.В., 2016)

2.1 Орошаемые сельскохозяйственные угодья Омской области

С развитием земледелия в засушливых районах Омского Прииртышья скотоводы использовали расположенные на естественных затопляемых поймах и лугах богатые сенокосные угодья для заготовки кормов. Опыта же регулярного орошения в Западной Сибири не было. Только в 50-е годы орошаемый фонд Омской области достиг 2 тыс. га, а к 1967 г. – 2,5 тыс. га. Орошением земель продолжали заниматься в основном в пригородной зоне г. Омска.

В Омской области в 60-е годы возникли проблемы по обеспечению животных кормами. После строительства Бухтарминского гидроузла на р. Иртыш затопление поймы прекратилось. В период накопления воды в Бухтарминском водохранилище (1959-1963 гг.), да и позднее, паводков не было, что вызвало резкую ксерофитизацию растительности и понизило продуктивность лугов до 0,5-0,7 т/га, хотя до 1959 г. с поймы собирали до 20% всех кормов при урожайности сена 1,5-2,0 т/га, в то время как урожайность более ценных пырейных и канареечников лугов достигала за счет естественных паводков 5-6 т/га. Восстановить надежную кормовую базу, особенно при создании крупных животноводческих комплексов по содержанию крупного рогатого скота, в условиях засушливого климата, возможно было лишь при выращивании многолетних трав и других кормовых культур на орошаемых землях. Расчеты показали, что для гарантированного обеспечения кормами животных на животноводческих комплексах, размещаемых в лесостепной зоне, необходимо иметь не менее 0,5 га орошаемых земель на 1 условную голову (В.Л. Кириллов, 1979).

С 1966 г. началась широкомасштабная работа по укреплению материально-технической базы мелиоративного комплекса. В Омской области за годы максимального развития мелиорации был построен целый ряд сравнительно крупных оро-

сительных систем. За 20 лет (1970 по 1990 гг.) площадь орошаемых земель увеличилась с 4 до 115 тыс. га. Однако получаемые в своей массе показатели продуктивности орошаемых земель составляли не более половины от реально возможных. Причин этому много, они известны, одна из главных, характерная для орошаемого земледелия всей России, по мнению академика Б.Б. Шумакова (1996) это недостаточность накопленных знаний о результатах взаимодействия мелиоративной деятельности с природными процессами и их учете при проектировании и эксплуатации оросительных систем. Имеющийся опыт позволяет признать, что уровень развития мелиорации почв повсеместно служит важнейшим показателем степени культуры, доходности и экологической защищенности сельского хозяйства (Ф.Р. Зайдельман, 1989). Однако мелиорация может оказаться эффективным и действительно необходимым элементом сельского хозяйства только там, где успешно, одновременно и обязательно комплексно решаются все другие проблемы земледелия. Иными словами мелиорация полезна только на фоне культурного земледелия и сама отражает уровень этой культуры.

По данным ФГБУ «Управление «Омскмелиоводхоз» в Омской области по состоянию на 31 декабря 2017 г. числятся орошаемыми значительные площади пашни – 78494 га (таблица 1). Однако, фактически орошалось в прошлые годы не более 15 тыс. га, а текущем, нетипичном году – 9271 га. Результаты обследования специалистами говорят о том, что почти 33 тыс. га из этой площади по разным причинам не подлежит восстановлению, а на площади более 34 тыс. га требуется капитальный ремонт.

Таблица 1 – Площади орошаемых сельскохозяйственных угодий
(по данным ФГБУ «Управление «Омскмелиоводхоз»)

Наименование района	Наличие орошаемых земель на 31.12.2017 г	Из них поливалось в 2018 году	Не поливалось земель в 2018 г.	Не подлежат восстановлению	Подлежат восстановлению
1	2	3	4	5	6
Нововаршавский	3680	63	3617	500	2680
Таврический	9225	369	8856	3228	5378
Черлакский	8060	50	8010	7170	840

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Азовский	1586		1586	492	1094
Калачинский	2261	440	1821	1267	554
Любинский	3890		3890		3890
Омский	36781	7809	28972	9439	18549
Большереченский	2113		2113	747	1366
Горьковский	3117		3117	3117	0
Нижеомский	6706		6706	6706	0
Саргатский	683	540	143		143
Тюкалинский	248		248	248	0
г. Омск	144		144		144
Всего по области	78494	9271	69223	32914	34638

В настоящее время имеется реальная возможность восстановления мелиоративной отрасли благодаря целевой подпрограмме «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения». Все это возможно при согласованной работе Министерства сельского хозяйства и продовольствия Омской области, сельхозтоваропроизводителей и ФГБУ «Управление «Омскмелиоводхоз».

2.2 Осушенные сельскохозяйственные угодья Омской области

Осушение в Омской области как комплексный вид сельскохозяйственной мелиорации имеет свою историю (Мелиорация земель..., 2008). Этот вид мелиорации обеспечивает продуктивное использование переувлажненных земель северной части территории, создавая гарантированную кормовую базу для животноводства.

В Омской области насчитывается 46219 га осушенных земель (таблица 2). Однако, в 2018 году сельхозтоваропроизводителями использовалось 24221 га или 52%. Это связано со значительным сокращением сельскохозяйственного производства в северных районах области, где данные земли в основном использовались как кормовые угодья для животноводства.

Таблица 2 – Площади осушенных сельскохозяйственных угодий, га
(по данным ФГБУ «Управление «Омскмелиоводхоз»)

Наименование района	Наличие осушаемых земель на 31.12.2017 г.	Из них использовались в 2018 году	Из них не использовались в 2018 году	Требуется реконструкция (восстановление)
Большереченский	3227	2847	380	1767
Большеуковский	7449	1426	6023	600
Знаменский	6878	6878		2000
Колосовский	10959	6920	4039	1051
Крутинский	5005	1094	3911	2764
Тарский	5260	1832	3428	1904
Тевризский	3806	3224	582	500
Тюкалинский	2551	0	2551	2000
Усть-Ишимский	1084	0	1084	200
Всего по области:	46219	24221	21998	12786

При сокращении поголовья скота в последние 20-30 лет осушаемые земли оказались мало востребованными и деградировали. Однако оживление в развитии мясного скотоводства, а в отдельных районах и небольших молочных ферм, позволило бы оживить работу по их восстановлению. Дальнейшее увеличение доли осушаемых земель возможно при проведении реконструкции на площади 13 тыс. га.

Методы и способы осушения определяются типом водного питания переувлажненных земель. На территории Омской области, в северной ее части, в зависимости от геоморфологического элемента, на котором располагается осушаемый массив, приходится решать проблемы понижения уровня грунтовых вод, а также борьбы с поверхностным стоком в весенне-летний период. Поэтому на большей части осушаемых площадей созданы осушительные системы открытого типа. Системы двойного регулирования оптимизируют водно-воздушный режим почв на площади 44,5 тыс. га. Как правило, осушительные сети систематические, с равномерным расположением по всей площади осушения.

В состав осушительных систем входят все стандартные элементы осушительной сети (таблица 3):

- водоприемник, принимающий избыточные воды из проводящей сети;

- проводящая сеть, принимающая воду из регулирующей и оградительной сети и отводящая ее за пределы системы;
- оградительная сеть, защищающая осушаемую площадь от поступления с верхнего водосбора поверхностных (нагорные каналы) или грунтовых (ловчие каналы) вод;
- открытая регулирующая сеть, отводящая избыточные воды с поверхности почвы и из пахотного слоя;
- гидротехнические сооружения, поддерживающие заданный режим работы открытой проводящей сети;
- дорожная сеть, обеспечивающая эксплуатационное обслуживание осушительной сети и сооружений на ней.

Таблица 3 – Протяженность элементов осушительных систем (по данным ФГБУ «Управление «Омскмелиоводхоз»)

Наименование	Протяженность, км
Магистральные и транспортирующие каналы	1139
Оградительные	421
Регулирующие сети	2503
Итого:	4063
Гидротехнические сооружения	1173
Эксплуатационные дороги	1075
Итого:	2248

Проведение осушительной мелиорации является одним из факторов стабилизации экономической и социальной обстановки, оживления сельскохозяйственного производства в муниципальных районах северной зоны Омской области.

2.3 Возможность повторного освоения и использования мелиорируемых земель в муниципальных районах Омской области

Основные направления государственной поддержки сельскохозяйственных товаропроизводителей определены государственной программой Омской области «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия Омской области», утвержденной постановлением

Правительства Омской области от 15 октября 2013 года № 252-п (далее – Программа).

Подпрограммой № 7 «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения» Программы предусмотрены мероприятия, направленные на восстановление мелиоративного фонда (мелиорируемые земли и мелиоративные системы), включая реализацию мер по орошению и осушению земель, повышение продукционного потенциала мелиорируемых земель и эффективного использования природных ресурсов, увеличение площади мелиорируемых земель, в том числе за счет:

- строительства, реконструкции, технического перевооружения мелиоративных систем общего и индивидуального пользования и отдельно расположенных гидротехнических сооружений, принадлежащих СХТП на праве собственности или переданных им в пользование в установленном порядке (с 2014 г. по сегодняшний день в ходе реализации Программы введено в эксплуатацию 575 га мелиорируемых земель за счет строительства мелиоративных систем, 1352,3 га за счет технического перевооружения мелиоративных систем, 241 га за счет реконструкции оросительных систем);

- культуртехнических мероприятий на мелиорируемых землях, направленных на введение в сельскохозяйственный оборот неиспользуемые земли сельскохозяйственного назначения (с 2014 г. по сегодняшний день введено в сельскохозяйственный оборот 20546 га неиспользуемых сельскохозяйственных угодий).

При условии сохранения финансирования Программы, возможен ввод в эксплуатацию дополнительных площадей орошаемых земель. В частности потенциальные возможности имеются на следующих оросительных системах Омской области (приложение В):

1. Сибирская ОС Нововаршавского района – 900 га;
2. Соляновская ОС Черлакского района – 565 га;
3. Ачаирская ОС Омского района – 1000 га;
4. Покровская ОС Омского района – 1100 га;
5. Новоомская ОС Омского района – 950 га;
6. Пушкинская ОС Омского района – 600 га;

7. Красногорская ОС Омского района – 1500 га;
8. Красноярская ОС Омского района – 1800 га;
9. Дружбинская ОС Омского района – 1300 га;
10. Любинская ОС Любинского района – 1100 га;
11. Рассветовская ОС Любинского района – 500 га;
12. Таврическая ОС Таврического района (НС II-1) – 1800 га;
13. Таврическая ОС Таврического района (НС II-2) – 2265 га;
14. Иртышская ОС Горьковского района – 2000 га;
15. Большереченская ОС Большереченского района – 820 га.

Для эффективного использования осушительных систем в регионе необходимо провести ряд мероприятий по ремонту и реконструкции осушительных сетей (таблице 4).

Таблица 4 – Мероприятия, способствующие увеличению площади использования осушительных систем (по данным ФГБУ «Управление «Омскмелиоводхоз»)

Наименование	Площадь, тыс. га
Реконструкция осушительной сети	12,8
Текущий ремонт	11,4
Культуртехнические мероприятия	12,8

В последнее время в вопросе восстановления осушительных систем наметились сдвиги. Отдельные фермерские хозяйства проявляют интерес к улучшению работы систем для повышения продуктивности сенокосных угодий.

3 Плодородие мелиорируемых земель

В настоящее время существенное повышение эффективности использования земельных ресурсов должно осуществляться за счет применения всех средств интенсификации. Особенно актуально это при ведении земледелия на мелиорируемых землях. Состояние почвенных ресурсов оценивается по основному свойству почвы – плодородию, основой для его определения являются материалы агрохимического исследования почв на кислотно-щелочное равновесие, обеспеченность гумусом, доступными соединениями минерального питания, содержание тяжелых металлов, легкорастворимых солей в почвенном профиле и грунтовой воде в различных почвенно-климатических зонах Омской области.

3.1 Степная зона Омской области

Результаты анализа почвенных образцов, отобранных в СПК «Ермак» Ново-варшавского района Омской области (проведены в ФГБУ «ЦАС «Омский») свидетельствуют о нейтральной реакции почвенной среды и благоприятных условиях для роста и развития возделываемых культур на орошаемом массиве (таблица 5).

Таблица 5 – Результаты агрохимического анализа почв, СПК «Ермак»

Поле	Площадь, га	рН	Гумус, %	N-NO ₃ , мг/кг почвы в слое 0-0,4 м	P ₂ O ₅ , мг/кг почвы в слое 0-0,2 м	K ₂ O, мг/кг почвы в слое 0-0,2 м	Тяжелые металлы, мг/кг почвы		
							Pb	Cd	Zn
Фрегат 3	100	6,1	4,9	11,3	86,5	259,7	0,67	0,042	0,57
Фрегат 5	100	6,2	4,3	7,8	87,3	221,3	0,59	0,066	0,33
Фрегат 12	100	6,3	4,2	8,3	67,3	211,3	0,58	0,034	0,36
Фрегат 7	100	6,5	4,3	5,4	76,5	232,5	0,44	0,061	0,41

Анализ почвы орошаемых массивов СПК «Ермак» свидетельствует о низкой (4,2-4,9 %) степени гумусированности. Обеспеченность растений нитратным азотом преимущественно низкая (менее 10 мг/кг), что свидетельствует о дефиците минерального питания. Содержание подвижного фосфора на орошаемых полях находилось на уровне среднего, что говорит о недостаточной обеспеченности этим элементом. В исследованных полях отмечено очень высокое содержание обменного калия, дефицит доступных форм калия для питания растений отсутствует.

Содержание подвижных форм свинца, цинка и кадмия находится в концентрациях, не превышающих ориентировочно допустимой концентрации (ОДК), что характеризует почвы как незагрязненные.

Анализ отобранных образцов грунтовых вод в СПК «Ермак» для оценки минерализации и химического состава выявил высокую их минерализацию, что говорит о сильной солоноватости воды и недопущения подъема уровня грунтовых вод (таблица 6).

Таблица 6 – Данные анализа грунтовой воды, СПК «Ермак»

Содержание	pH	Сухой остаток, г/л	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	SO_4^{2-}
ммоль/л	7,7	8,173	-	30,6	101	34,3	43,3	60,0	5,70
г/л			-	1,867	3,546	0,686	0,520	1,280	0,274

Мелиоративная обстановка остается относительно благоприятной. Этому свидетельствуют наблюдения за динамикой грунтовых вод, уровень которых в начале вегетации составлял 5,1 м и в конце вегетации – 5,6 м.

Состав анионов и катионов свидетельствует о том, что почва орошаемых массивов не засолена, так как общее содержание солей не превышает 0,1 %, при отнесении почвы к слабозасоленной при сумме солей 0,3 % и выше. Концентрация анионов HCO_3 , Cl и SO_4 ниже порога токсичности, это же относится и к составу катионов (таблица 7).

Таблица 7 – Катионно-анионный состав водной вытяжки, СПК «Ермак»

Наименование показателя	Слой почвы, м							
	0,0 – 0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1,0	1,0-1,2	1,2-1,4	1,4-1,8
pH водный, ед.рН	7,2	7,4	7,5	7,4	7,1	6,8	6,8	5,5
Плотный остаток, %	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Карбонат-ион, ммоль/100г	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07
Бикарбонат-ион, ммоль/100г	0,48	0,82	0,75	0,48	0,29	0,33	0,36	0,21
Хлорид-ион, ммоль/100г	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Кальций, ммоль/100г	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Магний, ммоль/100г	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,63	< 0,5
Натрий, ммоль/100г	0,38	0,30	0,30	0,20	0,30	0,30	0,20	0,30
Сульфат-ион, ммоль/100г	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,68	0,53

3.2 Южная лесостепная зона

Результаты обследования показали, что почва орошаемых массивов СПК «Пушкинский» Омского района Омской области имеет нейтральную и близкую к нейтральной реакцию почвенной среды, благоприятную для возделывания всех основных сельскохозяйственных культур (таблица 8).

Таблица 8 – Результаты анализа почв, СПК «Пушкинский»

Поле	Площадь, га	рН	Гумус, %	N-NO ₃ , мг/кг почвы в слое 0-0,4 м	P ₂ O ₅ , мг/кг почвы в слое 0-0,2 м	K ₂ O, мг/кг почвы в слое 0-0,2 м	Тяжелые металлы, мг/кг почвы		
							Pb	Cd	Zn
12	40	-	-	8,0	129	215	-	-	-
13	60	-	-	13,7	121	159	-	-	-
9	55	-	-	12,9	120	202	-	-	-
18	48	-	-	6,7	145	232	-	-	-
14	76	-	-	7,4	116	167	-	-	-
17	66	-	-	8,9	125	283	-	-	-
16	96	5,8	6,3	10,3	129	207	0,78	0,57	0,34
21	108	6,5	6,3	4,8	117	247	0,72	0,045	0,35

Содержание гумуса оценивается как повышенное и высокое. Содержание нитратного азота в орошаемой почве находилось на уровне низкого, что говорит о дефиците минерального питания и необходимости применения минеральных удобрений на полях с низкой и средней обеспеченностью этим элементом. Обеспеченность растений подвижным фосфором находилась в градации повышенного. Однако такое его содержание является недостаточным для формирования высокой продуктивности сельскохозяйственных культур. Анализ почвенных образцов, проведенный на содержание обменного калия, показывает, что во всех полях отмечается высокое и очень высокое содержание данного элемента.

Содержание подвижных форм свинца, цинка и кадмия находится в концентрациях, не превышающих предельно допустимой концентрации (ПДК), что характеризует почвы как незагрязненные.

Анализ катионно-анионного состава почвенного профиля орошаемых земель СПК «Пушкинский» выявил отсутствие засоления, при нейтральной реакции среды

(таблица 9). Концентрация анионов и катионов, в том числе и наиболее токсичных солей не достигает пороговых значений, при которых угнетаются культуры.

Таблица 9 – Катионно-анионный состав водной вытяжки, СПК «Пушкинский»

Наименование показателя	Слой почвы, м							
	0,0 – 0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,5-0,8	0,8-1,0	1,0-1,2	1,2-1,4	1,4-1,8
pH водный, ед.рН	6,4	7,3	7,2	7,7	7,2	8,1	8,2	8,1
Плотный остаток, %	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,113	0,133	0,139
Карбонат-ион, ммоль/100г	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07
Бикарбонат-ион, ммоль/100г	0,25	0,56	0,56	0,56	0,56	1,05	0,86	0,79
Хлорид-ион, ммоль/100г	0,04	0,08	0,04	0,04	0,12	0,08	0,04	0,08
Кальций, ммоль/100г	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Магний, ммоль/100г	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Натрий, ммоль/100г	0,50	0,85	0,75	0,85	1,00	1,05	1,30	1,30
Сульфат-ион, ммоль/100г	0,31	0,69	0,44	0,54	0,61	0,31	0,88	1,01

Результаты обследования почв в ФГУП «Омское» выявили, что все поля орошаемого массива имеют повышенное или высокое содержание гумуса – 6,3-6,7%, нейтральную и близкую к нейтральной реакцию почвенной среды – 5,8-6,1 (таблица 10)

Таблица 10 – Результаты анализа почв, ФГУП «Омское»

Поле	Площадь, га	pH	Гумус, %	N-NO ₃ , мг/кг почвы в слое 0-0,4 м	P ₂ O ₅ , мг/кг почвы в слое 0-0,2 м	K ₂ O, мг/кг почвы в слое 0-0,2 м	Тяжелые металлы, мг/кг почвы		
							Pb	Cd	Zn
1	70	5,8	6,7	11,5	143	197	0,45	0,054	0,56
2	67	6,0	6,5	14,7	107	170	0,49	0,030	0,44
3	98	6,1	6,3	10,1	115	148	0,88	0,053	0,43
4	72	6,0	6,5	18,2	130	169	0,61	0,057	0,41
5	67	5,9	6,6	16,2	145	174	0,40	0,031	0,34
6	98	6,1	6,8	14,1	185	162	0,52	0,045	0,41

Содержание нитратного азота в полях преимущественно среднее, что говорит о необходимости внесения азотных удобрений. Содержание подвижного фосфора варьирует от 107 до 185 мг/кг почвы и находится в градации повышенного или высокого. Содержание обменного калия в орошаемой лугово-черноземной почве более 162 мг/кг почвы и соответствует высокой обеспеченности.

Содержание подвижных форм свинца, цинка и кадмия находится в пределах, не превышающих ориентировочно допустимой концентрации (ОДК), что характеризует почвы как незагрязненные.

Исследование катионно-анионного состава почвенного профиля орошаемых полей в ФГУП «Омское» выявило засоление слабой степени по хлоридному типу в слое почвы 0,6-1,4 м и по сульфатно-хлоридному типу в слое 1,4-1,8 м (таблица 11).

Таблица 11 – Катионно-анионный состав водной вытяжки, ФГУП «Омское»

Наименование показателя	Слой почвы, м							
	0,0 – 0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1,0	1,0-1,2	1,2-1,4	1,4-1,8
рН водный, ед.рН	6,9	6,6	7,5	7,8	7,4	7,5	7,4	7,6
Плотный остаток, %	< 0,1	< 0,1	0,100	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Карбонат-ион, ммоль/100г	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07
Бикарбонат-ион, ммоль/100г	0,33	0,13	0,79	0,42	0,48	0,52	0,40	0,55
Хлорид-ион, ммоль/100г	0,08	0,04	0,04	0,46	0,47	0,39	0,47	0,43
Кальций, ммоль/100г	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Магний, ммоль/100г	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Натрий, ммоль/100г	0,55	0,35	0,65	0,55	0,55	0,60	0,60	0,70
Сульфат-ион, ммоль/100г	0,53	0,57	0,50	0,15	0,08	0,08	0,12	0,20

Двухметровый профиль длительно орошаемой лугово-черноземной почвы научного стационара ФГБНУ «Омский АНЦ» в южной лесостепи не засолен (таблица 12).

Таблица 12 – Катионно-анионный состав водной вытяжки, орошаемый стационар ФГБНУ «Омский АНЦ»

Наименование показателя	Слой почвы, м							
	0,0 – 0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1,0	1,0-1,2	1,2-1,4	1,4-1,8
рН водный, ед.рН	6,5	6,5	6,6	7,7	7,8	6,7	6,4	6,3
Плотный остаток, %	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,142	0,112	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Карбонат-ион, ммоль/100г	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07
Бикарбонат-ион, ммоль/100г	0,17	0,17	0,17	0,56	0,56	0,53	0,33	0,25
Хлорид-ион, ммоль/100г	0,08	0,20	0,08	0,23	0,12	0,20	0,20	0,04
Кальций, ммоль/100г	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,83	< 0,5	0,73	< 0,5
Магний, ммоль/100г	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,92	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Натрий, ммоль/100г	0,35	0,50	0,55	0,75	0,65	0,55	0,50	0,40
Сульфат-ион, ммоль/100г	0,58	0,61	0,59	1,32	0,85	0,90	0,85	0,50

Реакция среды близка к нейтральной согласно показателя рН водной вытяжки. Концентрация анионов и катионов, в том числе и наиболее токсичных солей не достигает пороговых значений, при которых угнетаются растения.

Поглощающий комплекс лугово-черноземной почвы в южной лесостепи высоко насыщен основаниями, в основном это Са, в небольших объемах от ППК – Mg и менее 1% от ЕКО составляет Na – 0,68% в слое 0,0-0,2 и 0,23% в подпахотном горизонте (таблица 13).

Таблица 13– Поглощающий комплекс лугово-черноземной почвы, орошаемый стационар ФГБНУ «Омский АНЦ»

Наименование показателя	Слой почвы, м	
	0,0 – 0,2	0,2-0,4
Емкость катионного обмена, мг·экв/100г	54,6	55,6
Натрий обменный, ммоль/100г	0,28	0,40
% от ЕКО	0,51	0,72

Вода исследованных образцов грунтовых вод умеренно пресная, хорошего качества, ирригационный коэффициент – 37,2 (скважина 1) и 78,7 (скважина 2). Величина сухого остатка изменялась от 0,701 до 0,984 г/л, при pH – 7,9 (таблица 14).

Таблица 14 – Катионно-анионный состав грунтовой воды, ФГБНУ «Омский АНЦ»

Обозначение образца	pH	Сухой ост., г/л	ммоль/г/л						
			CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	SO ₄ ²⁻
Скважина 1 (поле №1)	7,9	0,984	-	8,78	0,86	3,60	5,54	4,30	3,80
			-	0,535	0,030	0,072	0,066	0,099	0,182
Скважина 2 (поле №8)	7,9	0,701	-	7,01	0,39	4,18	3,02	2,10	1,90
			-	0,428	0,014	0,084	0,036	0,048	0,091

Среди анионов преобладает HCO₃⁻, катионов – Mg²⁺ и Ca²⁺, что говорит о необходимости строго контроля за УГВ для поддержания благоприятного экологического состояния черноземной почвы.

3.3 Северная зона Омской области

Осушительная мелиорация ведет к значительным изменениям гидрологического режима территории. В результате осушения изменяются факторы почвообразования, возрастает дренированность осушаемых ландшафтов, усиливается нисходящий и боковой вынос из верхней толщ почвы химических элементов и веществ, отмечается подкисление среды, миграция тонкодисперсных частиц, повышение подвижности органического вещества. Резко возрастает проявление зональных почвообразовательных процессов (Красницкий В.М., 1980; Зайдельман Ф.Р., 1993; Копысов И.Я., Тюлькин А.В., 2009).

Краткосрочными показателями, которые могут характеризовать сезонные или краткосрочные (через 3-5 лет), изменения свойств мелиорируемых почв, являются содержание подвижных форм фосфора, обменного калия и величина pH (солевая вытяжка). Эти свойства в силу большой изменчивости и вариабельности сравнительно быстро реагируют на почвенные процессы.

На осушенных почвах одним из ведущих факторов в почвообразовании становится антропогенный. Поэтому к числу первоочередных задач агроэкологического мониторинга осушенных почв следует отнести выявление различных форм деградации агроландшафтов.

Физическая деградация включает процессы механического удаления почвенного материала (мелиоративные работы) и переорганизация почвенной массы (переуплотнение, дезагрегация, иллиммеризация). Следствием физической деградации являются нарушение строения и сложения почвенного профиля, ухудшение водно-воздушного режима, физических и физико-механических свойств. Сокращение мощности пахотного слоя обусловлено, главным образом, проведением культуртехнических и гидротехнических работ. При этом теряется наиболее ценная гумусоаккумулятивная толща профиля.

Осушение вызывает значительные изменения **агрохимических свойств почв**, приводит к выносу по всему профилю кальция и магния и к уменьшению степени насыщенности основаниями, повышается количество подвижного алюминия. Вследствие этого ухудшается реакция почвенной среды (подкисление), почвы обедняются азотом, фосфором, калием и другими важнейшими биофильными элементами, происходит аккумуляция тяжелых металлов, в частности свинца (Копысов И.Я., 2002; Тюлин В.В., Копысов И.Я., 1994). Все это приводит к снижению способности почвы противостоять внешним воздействиям.

Биологическая деградация связана с негативными изменениями биологической активности почв, численности и видового разнообразия почвенной биоты. Одним из основных критериев биологической деградации являются потери биомассы. Скорость разложения определяется тремя главными факторами: составом органического материала, водно-воздушным и термическим режимами организмов-деструкторов. Течение этих процессов характеризует биологическую активность почвы.

Гидрологическая деградация осушаемых почв развивается в первую очередь при аккумуляции избытка влаги в пределах почвенного профиля (вторичное заболачивание), во вторую – при ее губительном недостатке (переосушении). Опасность деградационных изменений в результате вторичного переувлажнения и заболачивания в агроэкологическом отношении связана, прежде всего, со снижением или полной потерей возможности использования почв в сельскохозяйственном производстве, ухудшением или утратой их плодородия.

Некоторые виды деградации (истощение, неблагоприятная реакция среды и др.) можно устранить в сравнительно короткие сроки с помощью применения относительно простых агрохимических и химических мелиораций. Устранение же за-

грязнения тяжелыми металлами. Особенно в сильной или очень сильной степени, представляется довольно трудоемким и в ближайшей перспективе крайне проблематично. Такие виды деградации следует отнести к необратимым. Развитие таких деградационных процессов, как вторичное заболачивание, потери органического вещества, дезагрегация, хотя и устраняются с помощью различных мелиораций, однако остаточные явления, вызываемые ими, могут еще долго сохраняться в почвах.

Предотвращение деградации осушаемых почв и восстановление деградированных представляет собой сложную комплексную проблему. Прежде всего, необходим всесторонний экспертный анализ почвенного покрова будущей системы, включающий оценку устойчивости почв к осушению и прогноз возможных негативных изменений свойств и режимов.

Ранее осушенные сельскохозяйственные угодья Чередовского и Завьяловского сельских поселений Знаменского района Омской области, в границах Котовщиковской осушительной системы, представлены различными типами переувлажненных почв, начиная с луговых и лугово-болотных до торфяных перегнойных и осушенных низинных на мелких, средних и глубоких торфах (Приложение Г).

Все почвы на данной территории имеют нейтральную или близкую к нейтральной реакцию среды, что благоприятно для большинства культурных растений (таблица 15).

Таблица 15 – Результаты агрохимического анализа почв по Чередовскому сельскому поселению Знаменского района Омской области

№ агрохимического паспорта	Площадь, га	Тип поч-вы*	Содержание, мг/кг		pH солевое	Гумус, %	Микроэлементы, мг/кг				Hg, мг/кг	As, мг/кг
			P ₂ O ₅	K ₂ O			Cu	Mn	Zn	Co		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Бывший СПК «Котовщиково»												
56	128	63	755,0	127,0	5,6	-	-	-	-	-	-	-
57	40	63	330,0	253,0	5,8	торф	1,35	15,0	0,48	1,20	-	-
58	50	63	440,0	133,0	5,7	торф	1,35	15,0	0,48	1,20	-	-
59	133	63	482,0	107,0	5,8	торф	1,35	15,0	0,48	1,20	-	-
64	34	54	460,0	320,0	5,8	-	-	-	-	-	-	-
65	27	54	570,0	410,0	5,8	-	-	-	-	-	-	-
73	99	54	72,0	84,0	5,7	7,03	3,00	18,0	0,55	1,45	-	-
74	51	54	63,0	91,0	5,7	7,03	3,00	18,0	0,55	1,45	-	-
75	29	54	98,0	79,0	>6,0	-	-	-	-	-	-	-
Бывший СПК «Чередовский»												
39	69	54	67	24	>6,0	11,97	2,35	28,0	0,48	1,50	0,028	2,7
40	92	54	70	27	>6,0	11,97	2,35	28,0	0,48	1,50	0,028	2,7
41	41	58	87	31	>6,0	-	-	-	-	-	-	-
42	21	58	89	32	>6,0	-	-	-	-	-	-	-
44	19	58	63	25	6,0	-	-	-	-	-	-	-
45	15	38	71	25	5,9	-	-	-	-	-	-	-
46	104	38	65	76	5,6	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
48	99	38	67	78	5,6	7,07	2,95	17,0	0,53	1,42	-	-
48	38	41	99	85	>6,0	14,19	-	-	-	-	-	-
49	82	58	92	71	>6,0	-	-	-	-	-	-	-
50	29	58	101,0	83,0	>6,0	-	-	-	-	-	-	-
51	106	60	108,0	128,0	6,0	торф	-	-	-	-	-	-
52	130	62	121,0	188,0	5,8	торф	-	-	-	-	-	-
Бывший совхоз «Завьяловский»												
58	147	56, 54	285,0	135,0	>6,0	-	-	-	-	-	-	-
59	133	54	136,0	100,0	>6,0	-	-	-	-	-	-	-
60	117	55	132,0	126,0	6,0	-	-	-	-	-	-	-
61	120	55	127,0	118,0	6,0	-	-	-	-	-	-	-
62	30	56	110,0	100,0	6,0	-	-	-	-	-	-	-
63	121	54	120,0	36,0	6,1	-	-	-	-	-	-	-
64	170	54	130,0	130,0	5,9	-	-	-	-	-	-	-
65	86	55	145,0	132,0	5,9	-	-	-	-	-	-	-
66	60	54	118,0	115,0	6,1	-	-	-	-	-	-	-
67	110	54	145,0	122,0	5,9	-	-	-	-	-	-	-
68	180	55	124,0	132,0	5,9	-	-	-	-	-	-	-
69	100	54	132,0	106,0	6,1	-	-	-	-	-	-	-
70	97	54	142,0	116,0	5,9	-	-	-	-	-	-	-

Примечание: Тип почвы – см. приложение

В торфяных перегнойных низинных осушенных почвах на мелких и средних торфах очень высокое содержание подвижного фосфора, среднее и высокое содержание доступного калия. Содержание большинства микроэлементов – Cu, Mn, Zn – низкое, Co – среднее.

В торфяно-перегнойных глеевых низинных, торфяных низинных осушенных на средних торфах, а также в торфяных перегнойных низинных и в луговых средне-мощных среднегумусовых тяжелосуглинистых почвах содержание P_2O_5 среднее, среднее и даже низкое содержание K_2O , повышенное и высокое содержание гумуса. Из микроэлементов низкое содержание Mn и Zn, среднее – Cu и Co. Содержание тяжелых металлов не достигает верхней границы ПДК (ОДК).

В торфяных низинных осушенных почвах на средних, глубоких и мелких торфах повышенное содержание P_2O_5 и K_2O , что также является неплохой основой для выращивания кормовых культур в данной зоне. Эти почвы содержат много органического вещества, в том числе уже превратившегося в гумус.

Анализ воды из магистральных каналов Котовщиковской осушительной системы показал, что вода пресная, хорошего качества. Ирригационный коэффициент

в Еланском и Лапшинском каналах составил 296,9 и 351,2 соответственно (таблица 16).

Таблица 16 – Данные анализа воды из магистральных каналов, Котовщиковская осушительная система Знаменского района Омской области

Место отбора образцов	Содержание	pH	Сухой остаток, г/л	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	SO_4^{2-}
Еланский канал	ммоль/л	7,5	0,418	-	4,46	0,08	2,63	2,23	0,65	0,87
	г/л			-	0,278	0,003	0,053	0,027	0,015	0,042
Лапшинский канал	ммоль/л	7,4	0,374	-	3,72	0,08	2,82	1,65	0,50	1,17
	г/л			-	0,227	0,003	0,056	0,020	0,012	0,056

Катионно-анионный состав водной вытяжки из метрового профиля ранее осушенной почвы также не вызывает опасений. Во всех горизонтах нейтральная реакция среды, немного солей, судя по плотному остатку, сбалансированное соотношение катионов и анионов (таблица 17).

Таблица 17 – Катионно-анионный состав водной вытяжки, площадка 1, Котовщиковская осушительная система Знаменского района Омской области

Наименование показателя	Слой почвы, м				
	0,0 – 0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1,0
pH водный, ед.рН	7,1	7,6	7,2	7,4	7,5
Плотный остаток, %	0,190	0,195	< 0,1	< 0,1	0,100
Карбонат-ион, ммоль/100г	<0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07
Бикарбонат-ион, ммоль/100г	0,40	0,82	0,56	0,59	0,56
Хлорид-ион, ммоль/100г	0,31	0,66	0,20	0,08	0,16
Кальций, ммоль/100г	1,41	1,80	0,73	0,63	0,63
Магний, ммоль/100г	0,83	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Натрий, ммоль/100г	0,60	0,80	0,40	0,30	0,35
Сульфат-ион, ммоль/100г	2,13	1,36	0,52	0,60	0,70

Данная картина незначительно отличается на различных участках ранее осушенного массива, которые потенциально пригодны для улучшения за счет культурно-технических приемов и очистки каналов для повышения эффективности их работы по снижению уровня воды в профиле (таблица 18).

Таблица 18 – Катионно-анионный состав водной вытяжки, площадка 2, Котовщиковская осушительная система Знаменского района Омской области

Наименование показателя	Слой почвы, м				
	0,0 – 0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1,0
рН водный, ед.рН	7,1	7,2	7,6	7,5	7,3
Плотный остаток, %	0,118	< 0,1	0,101	< 0,1	< 0,1
Карбонат-ион, ммоль/100г	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07
Бикарбонат-ион, ммоль/100г	0,75	0,36	0,56	0,52	0,52
Хлорид-ион, ммоль/100г	0,20	0,08	0,20	0,20	0,20
Кальций, ммоль/100г	0,83	< 0,5	0,54	0,54	0,54
Магний, ммоль/100г	< 0,5	0,73	0,53	0,53	0,53
Натрий, ммоль/100г	0,40	0,40	0,40	0,30	0,30
Сульфат-ион, ммоль/100г	0,71	1,13	0,71	0,65	0,65

Таким образом, анализ показателей плодородия мелиорируемых земель в различных почвенно-климатических зона Омской области выявил удовлетворительное их состояние. Длительное орошение сельскохозяйственных угодий в степной и южной лесостепной зонах не привело к негативным изменениям показателей плодородия, что связано с применением научно-обоснованной системы земледелия на орошаемых землях, разработанной учеными Омского АНЦ.

Восстановление и реконструкция осушительных систем является основой увеличения сельскохозяйственного производства северных районов Омской области, торфяные почвы которых обладают относительно высоким плодородием. Однако, реализация их потенциала возможна только при выполнении всех элементов агротехнологий, разработанных для специфичных условий северной лесостепи и подтаежной зоны Западной Сибири.

4 Динамика уровня грунтовых вод и влажности почвы в южной лесостепи Омского Прииртышья

Грунтовые воды оказывают влияние на водный, солевой и воздушный режимы, динамику питательных веществ и микробиологические процессы, тепло- и газообмен, а также водно-физические свойства почвы. Поэтому глубина их залегания относится к важнейшим показателям мелиоративного состояния орошаемых земель.

Важное значение для процессов почвообразования, особенно в орошаемых условиях, имеет критическая глубина залегания грунтовых вод (ГВ) – глубина, ниже которой не происходит вторичное засоление почв, а капиллярная кайма не достигает корнеобитаемого слоя почвы. По данным А.М. Шкарубы (2000) этот показатель составил около 1,9 м. На этих глубинах достигается равновесие между расходом капиллярной влаги на испарение, десукцию и скоростью капиллярного притока из грунтовой воды. Обобщая данные по этому вопросу А.М. Шкаруба приходит к выводу, что критическая глубина грунтовых вод (ГВ) Барабинской равнины может обоснованно составлять 1,7 – 2 м и среднегодовая глубина залегания ГВ на орошаемых массивах Барабы не должна превышать эту величину. Изменения режима ГВ на массивах локального орошения свидетельствуют, что в вегетационные периоды подъем УГВ осуществляется, в первую очередь, за счет климатических условий и только затем – за счет условий реального орошения данного массива. То есть объем оросительной воды влияет на УГВ только свыше некоторого предела и этот предел тесно связан с погодными условиями, в данном случае с количеством атмосферных осадков. За верхний предел предлагается принять условия увлажнения 1988 г., когда количество влаги (орошение + осадки) составило 325 мм за вегетацию. То есть для условий Барабинской равнины суммарное количество осадков и оросительная норма не должны превышать 300 – 350 мм за вегетацию, с тем, чтобы не вызывать необратимых изменений УГВ орошаемой и прилегающей к ней территории. При этом совершенно обязательны учет и поправки оросительных норм в соответствии с погодными условиями.

Проведенные нами наблюдения за уровнем грунтовых вод на территории орошаемого стационара, всей Пушкинской ОС с 1977 по 2018 гг. показали, что за

период сравнительно влажных лет (1978 – 1985 гг.) грунтовые воды поднялись с 4,27 до 2,75 м, прирост по типичным скважинам составил 1,52 м и 0,22 м в год. Одновременно на неорошаемом участке гидрометеослужбы (ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС», скв. 81) среднегодовой подъем был аналогичным орошаемому участку – 0,28 м в год при исходном стоянии их 4,22 м (рисунок 6).

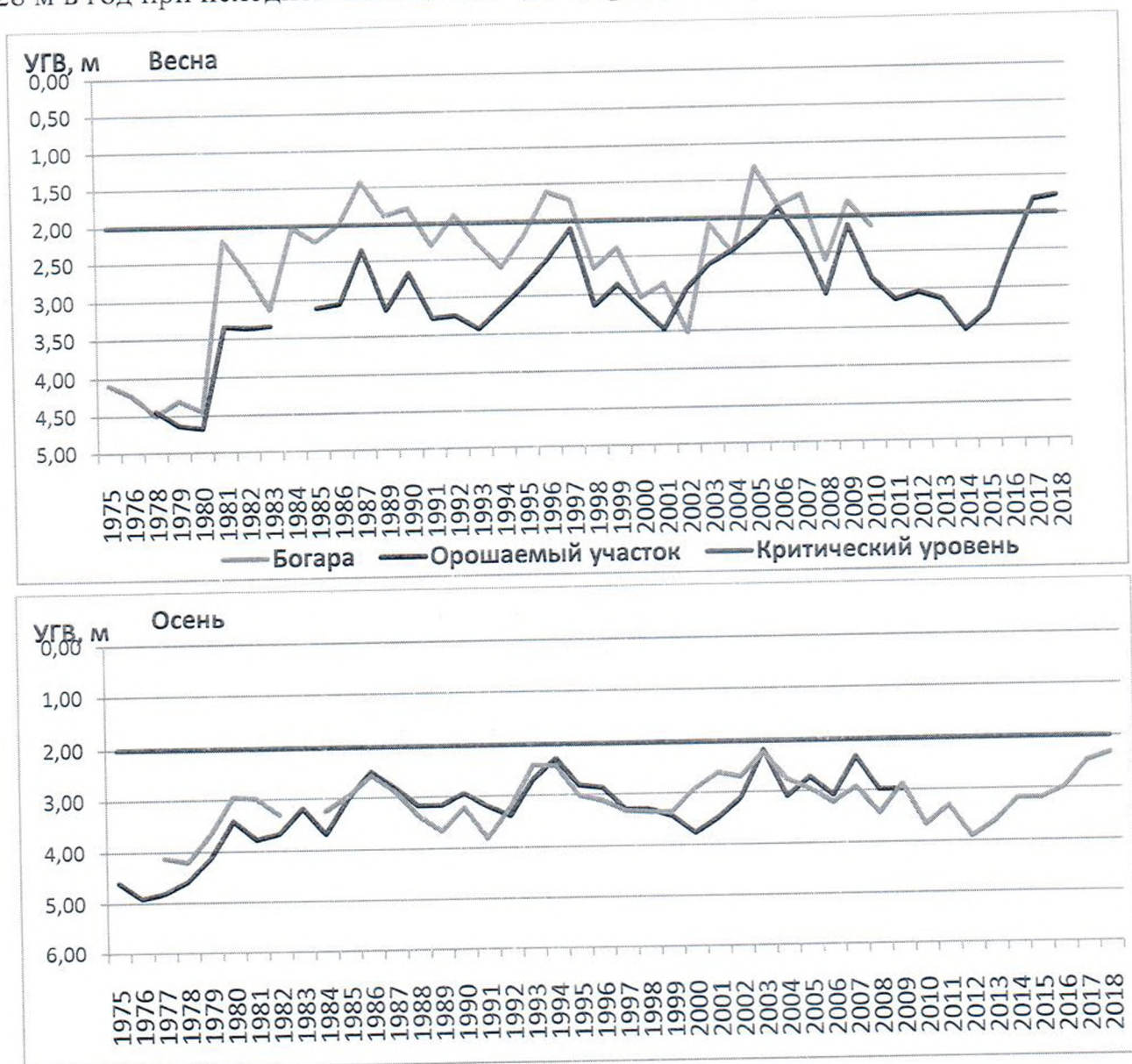


Рисунок 6 – Динамика уровня грунтовых вод (УГВ), м

В целом на Пушкинской ОС за 1976-1983 гг. темпы колебаний грунтовых вод находились в определенной связи с метеорологическими условиями циклов лет и сезонов года. Так, например, при среднегодовом подъеме грунтовых вод (1976-1983 гг.) за период с января по апрель на 0,2 м и с мая по ноябрь на 0,33 м, во влажный период лет (1976-1980гг.) прирост достигал 0,4-0,5 м в год, а в последующие более

засушливые годы (1981-1983 гг.), наоборот, отмечалось некоторое понижение уровня (в январе на 0,02 м) при небольшом подъеме за май – август на 0,05-0,1 м.

По скважинам закладки 1978 г. уровень грунтовых вод подвержен меньшим изменениям. За период с января по март он оставался практически неизменным, а в последующие месяцы подъем их за 5 лет составлял в среднем по 0,1 м в год. При этом особенно ощутимым оказался прирост уровня в 1983 г. (с апреля по ноябрь), что, по-видимому, явилось следствием сравнительно теплого предшествующего осенне-зимнего периода, когда резко сократился сток талых вод. В связи с отсутствием необходимых створов наблюдательных скважин на пашне без орошения точно определить прирост грунтовых вод за счет орошения сложно. Но весьма слабый подъем их уровня в засушливый период лет, когда оросительные нормы, как правило, выше, чем во влажные годы, может свидетельствовать о том, что подъем грунтовых вод в 1976 – 1980 гг. во многом был обусловлен особенностями погодных условий.

В последующие 20 лет (1985 – 2005 гг.) УГВ также был подвержен сезонной динамике, особенно на богарном участке, когда он поднимался весной 1986 г. до 1,43 м и опускался осенью того же года до 2,48 м. Аналогичные амплитуды колебаний происходили в 2003 – 2005 гг., когда предшествующий и указанные годы были повышено увлажненными и опускался в 2000 г. до 3,52 м весной и 3,76 м осенью после серии засушливых лет (1997 – 1999 гг.). В большинстве лет он поднимался весной до 2,07 – 2,65 м и опускался осенью до 2,67 – 3,48 м. В неполивных условиях в среднем за 21 год УГВ составил 2,17 м весной и 3 м осенью, то есть сезонная динамика существенна.

В условиях орошаемого стационара за аналогичный 20-летний период наиболее высоко уровень грунтовых вод устанавливался в 1986, 1993, 1994 гг. – 2,40 – 2,55 м осенью, в эти же годы количество осадков за май – август составило 264 – 322 мм при среднемноголетних значениях 197 мм. Высоким УГВ был в 2001 – 2005 гг. – 1,86 – 2,62 м весной и 2,22 – 2,95 м осенью, что также согласуется с повышенным увлажнением в эти годы – 405 – 506 мм за сельскохозяйственный год (с сентяб-

ря по август) за исключением сезона 2003-2004 гг., когда выпало 335 мм при среднемноголетних значениях 366 мм.

В период с 2008 по 2012 гг. наметилась устойчивая тенденция снижения уровня грунтовых вод на орошаемом стационаре. Осенью эти показатели составляли 2,88-3,91 м, особенно это заметно в засушливом 2012 г., после которого был период более влажных лет (2013-2018 гг.) и уровень грунтовых вод повысился до 2,32-3,62 м. В аналогичные годы показатели в наблюдательной скважине на метеостанции говорят о более высоком уровне грунтовых вод – 2,33-3,08 м в осенний период.

В целом, динамика УГВ в течение вегетационного периода выражена слабее, чем на богарном участке, при более низком уровне весной – в среднем 2,80 и 2,94 м осенью. Возможно, это является следствием интенсивного расхода влаги вегетирующими растениями, которые в условиях орошаемого земледелия более полно используют термические ресурсы климата, вегетируя, особенно кормовые, с мая по сентябрь. Подтверждением довольно тесной связи УГВ с осадками конкретного года является коэффициент корреляции (r). На богаре отрицательная связь выразилась в значении $r = -0,60$ как для весенних, так и для осенних значений УГВ. В условиях орошаемого стационара отрицательная связь была еще теснее $r = -0,69$ и $-0,75$ соответственно. Понятно, что на связь между осадками конкретного периода и УГВ накладывается и масса других факторов, однако довольно высокие значения r говорят сами за себя. Определенное влияние на мелиоративную обстановку накладывает и происходящее в данный период изменение гидрологического режима Барабы и Ишимской равнины, в рамках современного природного цикла.

Динамика общей влаги в орошаемой лугово-черноземной почве в южной лесостепной зоне показывает, что влажность в период вегетации, как многолетних травостоев, так и однолетних культур, находилась в 2018 году даже без полива в интервале от 70 % НВ (ВРК) до НВ. Это обеспечивает нормальные условия для роста и развития всех культур агроценоза (рис. 7).

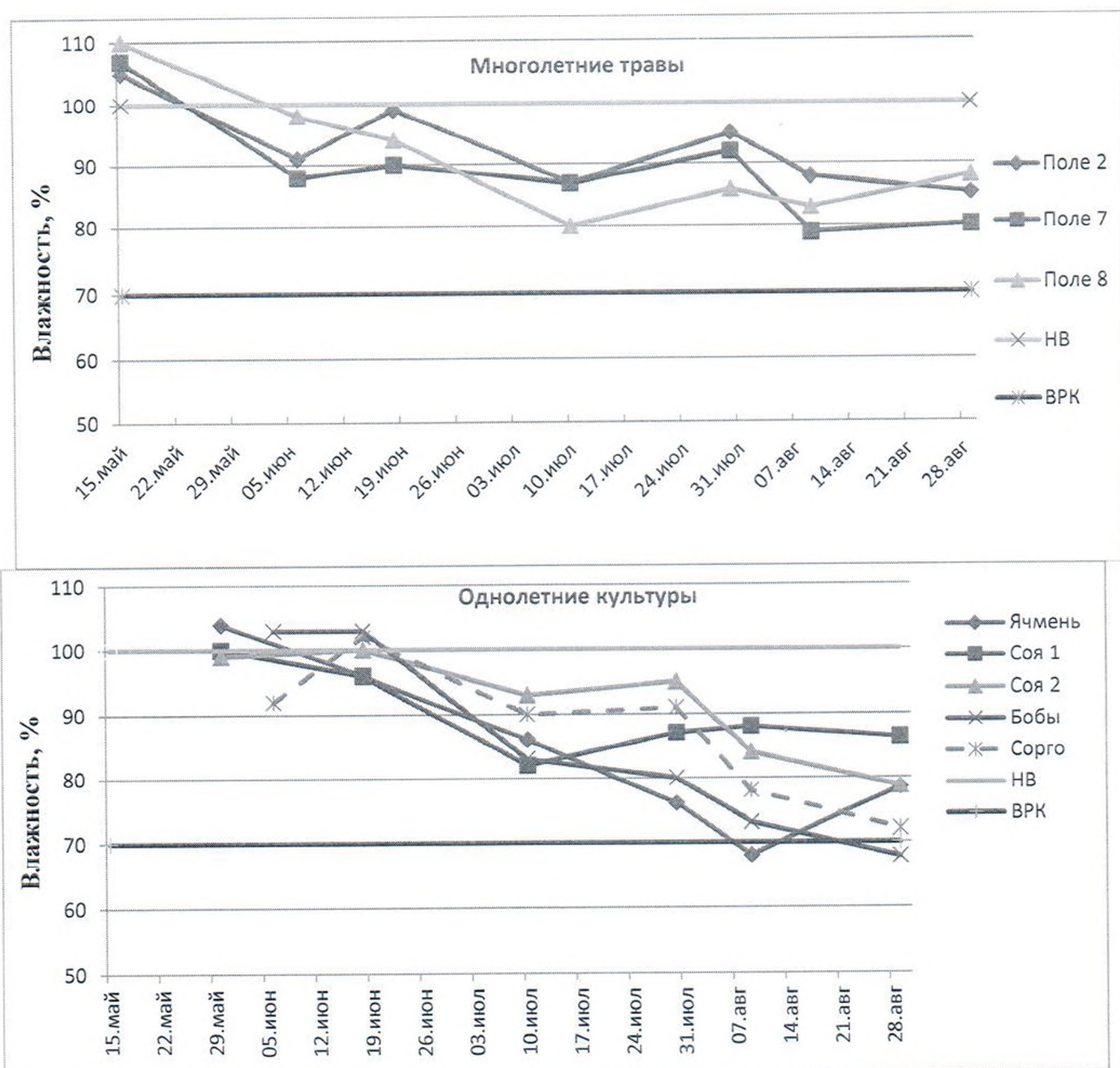


Рисунок 7 – Динамика общей влаги в почве в метровом слое, научный стационар ФГБНУ «Омский АНЦ», 2018 г.

В южной лесостепи проблема высокого уровня грунтовых вод стоит достаточно остро. В этом случае основой профилактики должен стать строго нормированный полив пресной оросительной водой из имеющихся источников. В степной зоне выявлена высокая минерализация грунтовых вод, что говорит о сильной солончатости воды. Однако благодаря наблюдению за динамикой их залегания в 2018 г., установлено, что уровень грунтовых вод находится ниже 5 м, как летом, так и осенью. В этом случае возможно использование орошаемых массивов без существенных ограничений.

5 Минерализация и химический состав поливной воды

Как известно, оросительные воды не являются инертными растворами. Испытывая влияние климатических факторов, почвенно-грунтовой толщи и другие, они сами оказывают активное воздействие на почвы. Даже при их невысокой минерализации в почву поступает существенное количество солей, в том числе токсичных. Как известно, наибольшей токсичностью для растений в почвах отличаются бикарбонаты щелочей (особенно сода), затем хлориды и нитраты щелочей; наименьшей токсичностью характеризуются сульфаты. Смеси солей всегда менее токсичны, чем чистые растворы.

Основными источниками поливной воды в Омском Прииртышье для прошлого и перспективного орошаемого земледелия являются р. Иртыш и её приток р. Омь, протекающая по славодренированной Барабинской низменности. Однако, слабая дренарованность территории, относительно высокий уровень грунтовых вод повышенной минерализации, тяжелый гранулометрический состав зональных черноземных почв и другие факторы требуют постоянного контроля, как за состоянием плодородия орошаемых почв, так и за факторами, воздействующими на них, одним из которых является поливная вода.

Единых требований к минерализации оросительной воды не имеется, однако, оценка ее с помощью известных методов показывает, что используемая вода из р. Омь в целом удовлетворяет требованиям экологической безопасности при орошении, но учитывая почвенно-мелиоративную характеристику орошаемой территории, да и более детальное рассмотрение химизма поливных вод, требует очень осторожного использования ее в строго ограниченных объемах. Вода с минерализацией менее 0,4 г/л пригодна для орошения, при минерализации от 0,4 до 1 г/л – требует осторожного подхода с учетом всего комплекса условий ее использования. В настоящее время качество оросительной воды также оценивается по суммарной концентрации солей и соотношению катионов: $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$, $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ (в мг-экв/л) и т.д.

В р. Омь минерализация воды существенно меняется в течение вегетационного периода с уменьшением объема стока. Так, если 14.05 и 03.06 минерализация воды р. Омь в Центральной Барабе составляла 0,20-0,22 г/л, то 31.07 и 22.08 соответ-

ственно 0,72 и 0,67 г/л при увеличении концентрации отдельных анионов и катионов в 2 - 4,8 раза. В отдельные годы, по данным того же автора, за весенне - летний период минерализация воды менялась от 0,28 до 0,62 г/л, реакция среды от 7,5 до 8,1 и соответственно концентрация анионов HCO_3^- от 1,87 до 5,47 мг-экв/л; Cl^- - от 0,76 до 1,56; SO_4^{2-} - от 0,31 до 1,77; Ca^{2+} - 1,84 до 3,27; Mg^{2+} - от 1,44 до 2,98 и Na^+ от 0,58 до 9,10 мг-экв/л. То есть химический состав неустойчив, особенно потенциально опасных HCO_3^- и N^+ . В половодье минерализация снижалась в 1,3-3 раза в сравнении с периодом летне-осенней межени, возрастая в остро засушливые годы. То есть ионный состав речной воды и ее минерализация определяются в основном размером стока, уровнем воды и его колебаниями. По нашим данным, где р. Омь протекает на Западе Барабинской низменности, минерализация поливной воды в июне 2005 г. составляла 0,338 г/л, а августе 1984 г. – 0,453 г/л, а в октябре 2004 г. – 0,678 г/л с pH 7,7-7,8 (таблица 19), то есть подтверждается отмеченная ранее закономерность, и содержание катионов и анионов изменяется в тех же, примерно, пределах, что и в Центральной Барабе.

Таблица 19 – Минерализация и химический состав поливной воды

Время отбора проб	Концентрация ионов, мг-экв/л						Минерализация, г/л
	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	
Август 1984 г., р. Омь	4,41	1,73	0,15	2,88	1,79	1,62	0,453
Октябрь 2004 г., р. Омь	3,90	3,03	3,15	2,94	3,51	3,60	0,678
Июнь 2005 г., р. Омь	2,70	1,00	1,40	1,60	1,10	2,40	0,338
Август 2012 г., р. Омь	4,15	2,04	7,31	2,25	7,95	3,30	0,891
Июнь 2018 г., р. Омь	2,03	0,78	2,00	1,46	1,65	1,70	0,335
Июнь 2018 г., р. Иртыш	1,34	0,23	1,37	1,46	0,68	0,80	0,211

Минерализация воды повысилась засушливым летом 2012 г., когда уровень воды резко понизился, и сумма солей достигала 0,891 г/л, а pH составила – 8,3. Возросла концентрация аниона SO_4^{2-} до 7,31 и катиона Mg^{2+} до 7,95 мг-экв/л.

Общеизвестна оценка качества воды по величине коэффициента потенциального поглощения натрия – натриевого адсорбционного отношения (коэффициент

SAR – sodium adsorption ratio), где концентрация трех важнейших катионов дана в мг-экв/л оросительной воды. С помощью SAR определяется вероятность вхождения Na^+ в ППК и развитие в почвах солонцового процесса. Критические величины SAR ставятся при этом в тесную зависимость от опасности засоления почв, что определяется общей минерализацией воды. Чем выше опасность засоления почв, тем более низкими являются критические величины SAR. Так, при общей минерализации < 1 г/л, что характерно для воды из р. Омь, опасность осолонцевания почв низкая при SAR, составляющем 8-10 ед. В нашем случае SAR составил 1,48, по средним данным из работы этот показатель составил 1,75.

Кроме этого предложено (FAO) учитывать дополнительный эффект осолонцевания почв в соответствии с имеющимся резервом кальция в воде по так называемому «приведенному» показателю сорбируемости Na^+ - SAR*.

$$\text{SAR}^* = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{2}}} [1 + (8.4 - pHc)] \quad (5.1)$$

pHc Где – расчётная величина, учитывающая содержание в воде катионов и ее щелочность:

$$pHc = pK_2 - pK_{\text{CaCO}_3} + p(\text{Ca} + \text{Mg}) + p(\text{Щ}) \quad (5.2)$$

где pK_2 и pK_{CaCO_3} – соответственно вторая константа диссоциации H_2CO_3 и произведение растворимости CaCO_3 , рассчитанные исходя из ионной силы оросительной воды, Ca и Mg – концентрации $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ в воде,

Щ – общая щелочность воды ($\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$)

p – знак отрицательного логарифма. Для вычисления pHc пользуются специальной таблицей, приведенной в работе «Орошаемые черноземы, 1989» на стр. 51. Граничное значение pHc - 8,4. Уровень, превышающий 8,4, показывает возможность растворения CaCO_3 почвы при фильтрации через нее оросительной воды и обогащения тем самым почвенного раствора активным кальцием. Значения pHc

ниже 8,4 характеризуют возможное осаждение CaCO_3 из раствора и обеднение его активным кальцием, что увеличивает опасность осолонцевания почв.

Для почв с преобладанием минералов иллит-вермикулитовой группы, характерной для многих черноземных почв, критическая величина SAR^* равна 8, при преобладании же в почвах минералов монтмориллонит – смектитовой группы она опускается до 6. В наших условиях SAR^* составил 3,8, по данным из работы А.М. Шкарубы (2000) этот показатель составил 3,44, то есть превышает показатель SAR в два раза.

Многие авторы также подчеркивают негативное влияние Mg^{2+} при высоком содержании его в поливной воде. Эту величину рассчитывают по формуле:

$$\text{Mg}^{2+} \% = \frac{\text{Mg}^{2+} \cdot 100}{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} \text{ мг-экв/л}} \quad (5.3)$$

Магний оказывает вредное воздействие на почву, если $\text{Mg}^{2+} \%$ воды более 50 %. В воде р. Омь этот показатель изменялся в большинстве случаев от 39 до 47 %.

То есть по указанным методам оценки поливная вода из р. Омь в вегетационный период пригодна для орошения. Однако существует еще один показатель – отношение мг-экв Na^+ к мг-экв Ca^{2+} , который в пресной доброкачественной воде менее 0,5. По нашим данным он составил 0,9, а по данным А.И. Шкарубы (2000) – 0,56. Кроме того, вода имеет в отдельные периоды рН 7,5-8. При длительном орошении такой водой в почвах тяжелого гранулометрического состава и малым резервом карбоната кальция может ухудшаться структура, повышаться щелочность. Поэтому поливной режим должен быть гибким и строго нормированным, в дополнение к атмосферным осадкам, и сумма поступившей влаги за вегетационный период не должна превышать количества её в хорошо увлажненный год, чтобы не вызвать необратимые изменения в почве.

Стоит отметить, что поливная вода в реке Иртыш обладает лучшими качественными показателями, она более пресная и более благоприятна по катионно-анионному составу, имеет более высокий ирригационный коэффициент – 167. Основные массивы прошлого орошения и потенциального в будущем находятся вдоль данного водного источника.

6 Подбор культур и структура посевов на орошаемых землях

Важное звено в составе мероприятий и приемов по интенсификации земледелия – это система севооборотов и рациональная структура использования пашни, с учетом специализации хозяйства и эффективного использования природных ресурсов.

В этой связи приемы интенсификации использования орошаемых земель основываются на учете биопотенциала культур и сортов, природных особенностей территорий, отзывчивости культур на приемы оптимизации влагообеспеченности и питательного режима почвы, учете качества и назначения урожая культур, целесообразности ввода тех или иных культур в зеленый и сырьевой конвейеры, количестве корневых и поукосных остатков, оставляемых после уборки урожая, значимости культур, как предшественников, приемов формирования травостоев, а также оптимальных сроков посева и уборки урожая. Поэтому реализация всех этих приемов в условиях производства в комплексе и полном объеме вне системы севооборотов и без учета оптимизации структуры пашни не представляется возможной.

Как известно, научными основами интенсивного севооборота в широком плане являются:

- максимальное использование пашни в течение вегетационного периода за счет насыщения севооборота культурами основных и промежуточных сроков посева;
- применение сортов и культур интенсивного типа, возделывание культур многоукосного использования, а также культур с более длинным вегетационным периодом, позволяющих максимально использовать солнечную энергию, осадки, поливные и грунтовые воды;
- внесение удобрений в дозах, способствующих созданию оптимальных условий минерального питания растений.

Ценным признаком структуры посевов любого севооборота является – возможность ее дальнейшего совершенствования.

Вместе с тем, структура посевов зависит также от площади орошаемой пашни в конкретном хозяйстве, типа дождевальных машин, технической вооруженности хозяйств, а также водообеспеченности оросительных систем. Например, на системах с низкобазисными дождевальными машинами типа “Волжанка” не рационально выращивать высокостебельные культуры, также как на небольших орошаемых участ-

ках нельзя использовать структуру пашни, рекомендуемую для значительных массивов орошения.

Важное значение в эффективном использовании орошаемых земель также придается рациональному размещению культур в пространстве, в зависимости от мелиоративного состояния участков, биологии культур и назначения урожая. Можно заключить, что имеется целый ряд особенностей и условий, от которых зависят схемы севооборотов, сочетание их и структура использования пашни.

Для оценки эффективности севооборотов применяется индекс использования орошаемой земли. Он показывает, на какой части орошаемого севооборота выращивается два урожая в год. При отсутствии культур, дающих второй урожай он равен единице. В севооборотах, насыщенных кормовыми культурами, а также промежуточными культурами поукосного и пожнивного посевов, индекс использования достигает двух – предельно интенсивное использование орошаемых земель. Такое возможно в практике хозяйств при условии строжайшего соблюдения оптимальных сроков уборки урожая и оперативного решения всех вопросов технологического порядка. Затягивание сроков проведения любого вида работ не позволит обеспечить формирование запланированного урожая последующих культур.

С учетом накопленного научного и производственного опыта и сложившейся ситуации по освоению приемов и технологий выращивания культур, а также состояния по воспроизводству плодородия орошаемых почв можно рекомендовать следующую структуру посевов в хозяйствах в среднем:

- многолетние травы – 55%,
в том числе бобовые – 30%,
бобово-мятликовые (злаковые) – 20%,
мятликовые – 5%;
- однолетние травы – 5%;
- зерновые – 15%, размножение новых высокопродуктивных сортов, при измельчении и оставлении на поле побочной продукции;
- технические культуры – 15%;
- картофель и овощи – 10%.

Такая структура орошаемой пашни позволяет установить приемлемый для хозяйства ритм работы по посеву, поливу, уходу и уборке урожая, с учетом создания зеленого и сырьевого конвейеров, в расчете на более полное использование природ-

ных, материальных и трудовых ресурсов

При этом, если на черноземных почвах региона чистый пар является обязательным в структуре пашни с целью влагонакопления, мобилизации питательных элементов, борьбы сорняками и в целом оздоровления фитосанитарной обстановки в агроценозах, то на поливе он нецелесообразен, в связи с возможности успешного решения задач парования другими доступными агроприемами, о которых речь пойдет ниже. одновременно в условиях регулирования водного и питательного режимов почвы создаются условия для более полного использования агроклиматических ресурсов (тепло, ФАР, длительность безморозного периода и др.) путем расширения посевов промежуточных культур и выращивания более урожайных культур, сортов и гибридов.

Севооборот в кормопроизводстве играет особую роль. С одной стороны он должен с каждого гектара обеспечить сбор наибольшего урожая, с другой - как минимум стабилизировать плодородие почвы на исходном уровне. Вместе с тем, при определении места каждой культуре в кормовом севообороте важно учитывать и территориальное размещение полей по отношению к фермам – потребителям большой массы объемных кормов, чтобы не нести большие затраты на их транспортировку и в то же время избежать дальних перевозок столь же больших количеств навоза.

В плане выращивания действительно возможных урожаев культур и стабилизации плодородия почвы, важное значение придается введению в схемы севооборотов многолетних трав, в первую очередь бобовых, как в одновидовых посевах, так и в смеси с мятликовыми, донника двулетнего, озимых пшеницы и ржи и поукосных посевов.

Преимущество озимых культур в структуре посевов по своему бесспорны по целому ряду показателей. Например, рожь и тритикале являются источником самого раннего зеленого корма, а значит и страховыми культурами с учетом ежегодного дефицита кормов для зимне-весеннего периода. Эти культуры позволяют повысить продуктивность звена однолетних трав за счет рационального сочетания трав основного и поукосного посевов, раньше начать полевые работы и уже в начале июня задать необходимый ритм в работе зеленого конвейера по кормлению скота и заготовке кормов впрок.

Также весьма существенно положительное влияние на почву выращивания в

севообороте озимой пшеницы на зерно, в связи с поздним окончанием вегетации осенью и ранним началом ее с весны. Последнее способствует более глубокому иссушению почвы, лучшему впитыванию талых вод и понижению уровня грунтовых вод, тем самым проявляется биологический дренаж. При этом, кроме высокой урожайности зерна и организационных преимуществ (раннее начало уборки) создается возможность для пополнения запаса органических веществ в почве за счет высокого урожая побочной продукции, при последующем измельчении и внесении в почву соломы.

Другое важное преимущество этой культуры в экономическом плане и воспроизводстве плодородия почвы – это исключение кулисного пара из технологии выращивания ее на поливе, который, как известно, является обязательным предшественником для условий богары.

Посев озимых 20-25 августа позволяет на поливе предварительно вырастить полноценный урожай однолетних трав и сформировать обязательный для нормальной перезимовки пшеницы кулисный фон. И, наконец, позднеосенняя и ранневесенняя вегетация озимых культур продлевает длительность активной вегетации, что отчасти определяет сравнительно высокий КПД использования ФАР, в сравнении с другими культурами – до 2,55% (зерно + солома).

Аналогичное положительное влияние на почву оказывают и крестоцветные культуры поукосного посева: вдвое возрастает урожайность поля однолетних трав и в 2 раза больше в почву поступает органических остатков, в сравнении с практикуемым 1-урожайным (в год) использованием однолетних трав. Промежуточные культуры позволяют организовать дополнительный культурооборот.

Ценными кормовыми культурами зеленого конвейера в этом плане с учетом ранних осенних заморозков являются рапс яровой и редька масличная. Они формируют высокий урожай, преимущественно в поукосном посеве – до 25-35 т/га зеленой массы при соблюдении оптимальных сроков поукосного посева.

Выращивание скороспелых гибридов кукурузы на силос, а в отдельные годы даже на зерно или монокорм, позволяет формировать в условиях высокой культуры орошаемого земледелия до 16-20 т а.с.м/га или 15-18 т к.ед./га. Выращивание кукурузы отличается и более высокой окупаемостью удобрений при очень низком коэффициенте водопотребления. Кукуруза, формируя высокий урожай, выделяется среди других культур и повышенным выносом элементов NPK из почвы. Не случайно

сложилось мнение, что пропашные культуры относятся к расхитителям почвенного плодородия, они отличаются незначительным возвратом в почву органических остатков – всего 2,9 т/га, при требуемой норме около 10 т/га с учетом компенсации минерализуемого гумуса за период вегетации. Поэтому дефицит органических веществ, примерно 7 т/га должен компенсироваться рядом других агроприемов, чтобы не ухудшить плодородие почвы.

Вместе с тем, ведущими культурами на поливе в структуре посевов должны оставаться многолетние травы, особенно люцерна, козлятник восточный, донник, как в чистом виде, так и в травосмесях с мятликовыми культурами. Значение их бесспорно как в плане роста продуктивности и производства более дешевых кормов, так и в плане воспроизводства плодородия почвы. Это отчетливо просматривается по целому ряду преимуществ в сравнении с другими культурами: многолетнее использование травостоев без пересева, многоукосность (2-3 укоса), высокая урожайность (в среднем 10 т а.с.м/га) бóльшая отзывчивость на орошение в сравнении с другими культурами при меньших коэффициентах водопотребления. Велика роль многолетних трав также в заготовке кормов на длительный стойловый период и в положительном влиянии на воспроизводство важнейших мелиоративных свойств и плодородия почвы в целом. К последним относятся: понижение уровня грунтовых вод, уменьшения опасности засоления, наибольшее обогащение почвы органическими остатками до (7-8 т/га) защита почвы от эрозии и т.д.

Особое значение многолетние травы приобретают в снижении трудовых затрат в урожае и в создании рационального конвейера работ по поливу и уборке урожая. Это способствует улучшению использования природных и материальных ресурсов хозяйств. Например, насыщение структуры посевов бобовыми травами позволяет значительно снизить затраты по приобретению и внесению в почву азотных удобрений, при резком улучшении качества урожая (корма) по переваримому протеину и эффективности скармливаемых кормов.

В свою очередь, многолетние травы, особенно бобовые, являются отличным предшественником для выращивания просовидных культур – суданской травы, кормового проса и пайзы, которые, как правило, хуже удаются при размещении их после других культур. Это позволяет с меньшим риском для урожая расширить ассортимент кормовых культур в расчете на повышение продуктивности орошаемых земель и в целом – стабилизацию кормовой базы. При комплексном почвенном по-

кrove и микрозападинности рельефа предпочтительнее посев костреца безостого, бобово-мятликовых травосмесей, однолетних зерносмесей, а при высокой засоренности предшественника - овса на зеленый корм (в чистом виде) в сочетании с поукосным посевом капустных культур. Последнее позволяет значительно уменьшить засоренность посева как путем применения гербицидов (на овсе) так и вследствие двухкратного отчуждения биомассы урожая до обсеменения сорной растительности.

Положительная роль уплотненного использования пашни, с целью повышения ее продуктивности и более экономного использования природных ресурсов особенно значительна в условиях оптимизации структуры посевов, рационального сочетания севооборотов, с учетом формирования зеленого и сырьевого конвейеров, а также более производительного использования трудовых и материально-технических ресурсов каждого конкретного хозяйства.

При их составлении, применительно к конкретным условиям, необходимо учитывать качество предшественника, биологию культуры, общую площадь орошаемой пашни, потребность в том или ином корме, водообеспеченность, надежность и мелиоративное состояние ОС. При этом, важно сохранить принципиальную основу их построения, в расчете на высокопродуктивное использование пашни, ресурсов влаги и удобрений, при обеспечении воспроизводства органического вещества и других экологических условий.

Принципиально важно то, что основу севооборотов составляют разновозрастные (1-5 годов) многолетние травы, которые по мере истощения травостоя распахиваются и на их место по пласту, а затем и по обороту пласта высеваются однолетние культуры, по пласту чаще всего однолетние травы на зеленый корм, после которых может высеваться кукуруза или зерновые. Таким образом, однолетние травы, особенно их 2-урожайные звенья, служат хорошими предшественниками и для многолетних трав, после них снижается засоренность, улучшается фитосанитарная обстановка, от поступления свежих растительных остатков активизируется биологическая жизнь почвы с вытекающими отсюда положительными последствиями. Многолетние же травы, особенно бобовые, также являются хорошими предшественниками для большинства однолетних культур, в частности для посева просовидных. В этом случае даже при минимальных дозах азотных удобрений мятликовые культуры в одновидовых посевах и в смеси с бобовыми формируют высокие урожаи, показатели качества которых соответствуют зоотехническим нормам.

7 Режимы орошения и осушения мелиорируемых земель

7.1 Регулирование водного режима почвы

Оптимизация водного режима на орошаемых землях оказывает решающее влияние на урожайность растений и в наибольшей мере стимулирует эффективность других факторов плодородия почвы.

В достаточно влажной почве происходит интенсивное размножение микроорганизмов и усиление биохимических процессов. Мобилизационные процессы лучше всего протекают при влажности почвы, на уровне 60% от полной ее влагоемкости.

Основную роль в водном питании растений играет капиллярная влага, которая передвигается в различных направлениях, а гравитационная только вниз, при избытке которой растения обычно страдают от недостатка кислорода.

Для оценки состояния почвенной влаги используется ряд почвенно-гидрологических констант, которые представляют собой переломные величины, когда подвижность влаги резко меняется. Наиболее существенными значатся шесть констант: максимальная адсорбционная влагоемкость, максимальная гигроскопичность, влажность устойчивого завядания, влажность разрыва капиллярной связи, наименьшая влагоемкость, полная влагоемкость.

Для большинства культур допустимый предел иссушения почвы составляет: для песчаных почв – 50–55% НВ, для супесчаных – 60–65, для легкосуглинистых – 65–70, среднесуглинистых – 70–75 и для тяжелосуглинистых и глинистых почв – 75–80% НВ. Для отдельных культур и фаз развития предполивная влажность может отклоняться от указанного выше порога в меньшую сторону в начале вегетационного периода, когда температура и влажность воздуха еще не создают напряженного гидротермического состояния в приземном слое атмосфере, в большую сторону – в критические фазы развития растений (как правило, в середине вегетационного периода) при повышении термического напряжения в приземном слое воздуха (Данильченко Н.В. и др., 2000).

Наибольшая потребность многолетних трав в поливах наступает к моменту бутонизации бобовых, в значительной степени она связана с быстротой отрастания зеленой массы после укосов в середине вегетации.

В соответствии с принципами почвоохранного орошения формируется эксплуатационный режим орошения кормовых и зерновых культур – сроки полива, поливные и оросительные нормы.

Важнейшее значение имеют сроки полива, которые определяются по состоянию влажности почвы, морфологическим признакам растений, физиологическим и метеорологическим показателям, по фазам и периодам развития растений. Назначение поливов по состоянию влажности почвы – наиболее надежный метод. В этом случае проводятся систематические наблюдения за динамикой влажности почвы.

Эксплуатационный режим орошения установлен по базовой культуре орошаемого кормопроизводства – люцерне посевной, как по годам жизни травостоя, так и в зависимости от гидротермических условий конкретных лет.

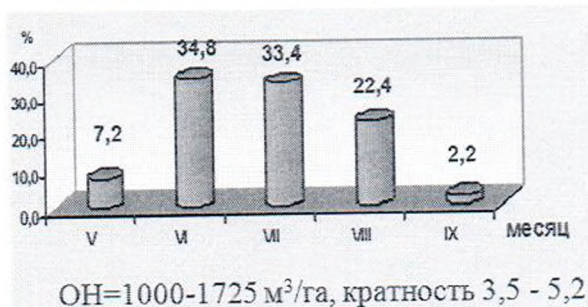
Наиболее интенсивное потребление влаги отмечается на 2-3-й годы жизни травостоя. Оросительная норма устанавливается в эти годы от 600 до 2850 м³/га при средней 1717 и 1725, поливная – 330 и 359 м³/га и кратности полива 5,2. На четвертый год наблюдается снижение показателей режима орошения. При изменении оросительных и поливных норм в отдельные годы в тех же пределах, оросительной от 600 до 2850 м³/га, средний показатель оросительной нормы снижается на 150 м³/га и составляет 1575 м³/га при меньшей кратности полива (4,5) и средней поливной норме в 350 м³/га.

На люцерне пятого года жизни оросительная норма составляет в среднем 1200 м³/га при 4 поливах и поливной норме 300 м³/га. Дальнейшее снижение потребности люцерны во влаге по мере старения травостоя обусловлено изреживанием при двух-трех укосном использовании в предыдущие годы.

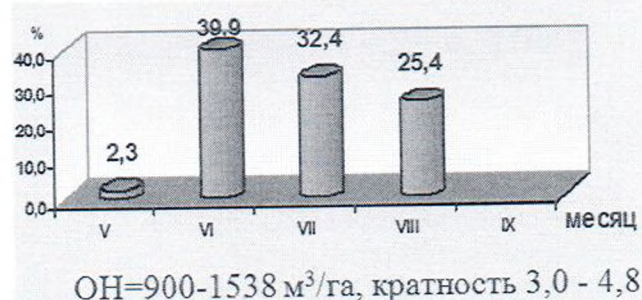
Оросительная норма дифференцируется от 600 м³/га во влажные годы до 2700–2850 м³/га в среднесухие. Большой массив данных позволил определить внутрисезонное распределение оросительной нормы для люцерны. Для травостоя 2–5 гг. жизни в мае, июне, июле, августе и сентябре подано оросительной воды соответственно от общей оросительной нормы – 7,6; 34,4; 32,9; 22,4 и 2,7%. Незначительно отличается распределение и с учетом травостоя 1-го года – 7,2; 34,8; 33,4; 22,4 и 2,2%. Это связано с тем, что значительное количество влаги в первый год потребля-

ет покровная культура и отава люцерны (рисунок 8).

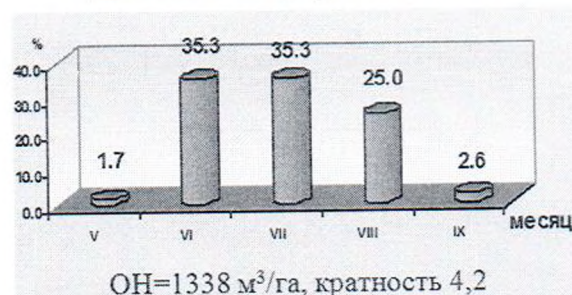
Люцерна 1-5 гг.ж., среднее за 27 лет



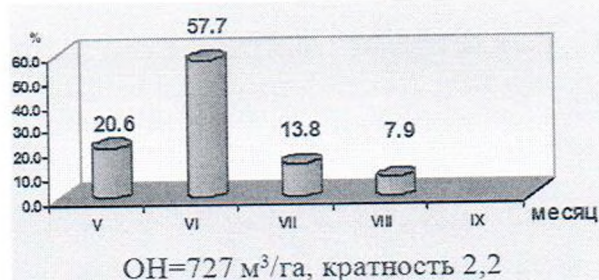
Кострец 1-7 гг.ж., среднее за 21 год



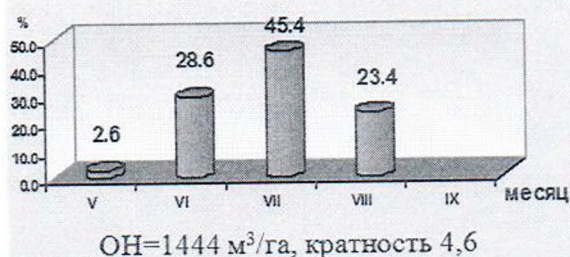
Донник 1 г.ж., среднее за 13 лет



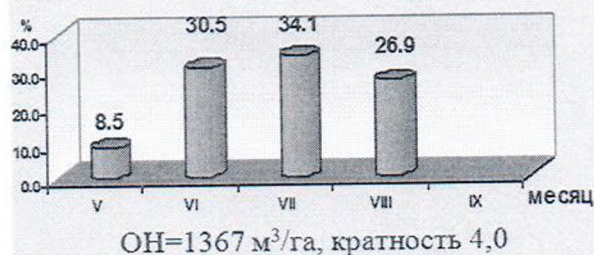
Донник 2 г.ж., 1 укос, среднее за 13 лет



**Люцерна + кострец 2-5 гг.ж.,
среднее за 8 лет**



**Козлятник восточный 2-10 гг.ж.,
среднее за 9 лет**



**Козлятник + кострец 2-6 гг.ж.,
среднее за 8 лет**

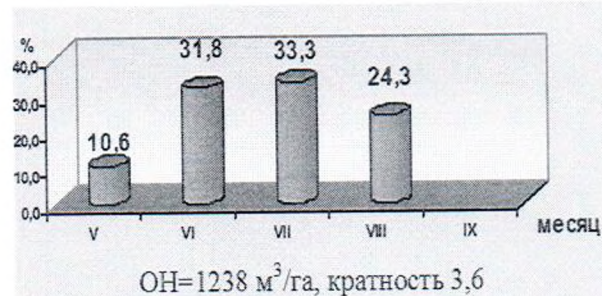


Рисунок 8 - Параметры режима орошения и внутрисезонное распределение оросительной нормы (ОН) на многолетних травах

Для костреца безостого требуется меньше оросительной влаги, чем для лю-

церны. Однако из-за медленного развития в первой год жизни и более слабой жизнеспособности растений в этот период средняя оросительная норма составляет 1200 м³/га при большей кратности полива (4,5) и поливной норме 267 м³/га. Во второй год жизни костреца оросительная норма меняется по годам от 900 до 1800 м³/га и составляет в среднем 1462 м³/га при поливной норме 304 м³/га и кратности полива 4,8. На третий год жизни травостоя показатели режима орошения увеличиваются соответственно до 1538 м³/га, 342 м³/га и 4,5 кратности. На 4–5 гг. жизни оросительные нормы меняются в зависимости от гидротермических условий вегетационного периода от 150 до 1650 м³/га при средней 900–1200 м³/га, поливной норме 300 и 364 м³/га и кратности полива 3 и 3,3. Оросительная норма меняется от 150–300 м³/га во влажные до 2100–2550 м³/га в среднесухие и острозасушливые годы. Внутрисезонное распределение оросительной нормы составляет для костреца 2–7 гг. жизни для мая, июня, июля и августа соответственно 1,4; 36,2; 35,5 и 27,0%. С учетом травостоя 1-го года жизни отмечается перераспределение сроков в сторону мая-июня – 2,3; 39,9; 32,4 и 25,4%. То есть период орошения костреца более сжат во времени, в сравнении с люцерной.

Для козлятника восточного в год формирования травостоя требуется четыре полива с оросительной нормой 900 м³/га. В последующие годы жизни (2–10 гг.) при двухукосном использовании оросительные нормы меняются от 300 м³/га во влажные до 2250 м³ в среднесухие годы при средней – 1367 м³/га, поливной норме 342 м³/га и кратности полива 4,0. Из-за поверхностного размещения корневой системы и повышенных требований к влагообеспеченности внутрисезонное распределение оросительной нормы более равномерное, чем у других многолетних трав. При быстром развитии весной и благодаря скороспелости культуры первый полив в отдельные годы требуется в мае – 8,5% от ОН. В июне, июле и августе соответственно распределяется 30; 34 и 27% поливной воды.

В смеси козлятника с кострецом в год формирования травостоев проводится по 5 поливов и оросительная норма составляет 1500 м³/га. В последующие годы (восемь лет), оросительная норма меняется в годы при высоком уровне грунтовых вод без орошения до 2400 м³/га в среднесухие годы. В среднем оросительная норма со-

ставляет $1238 \text{ м}^3/\text{га}$ при поливной $344 \text{ м}^3/\text{га}$ и кратности полива 3,6. Внутрисезонное распределение оросительной нормы под травосмесью близко к таковому у козлятника – 10,6; 31,8; 33,3; 24,3% соответственно в мае, июне, июле и августе.

В посеве люцерно-кострецовой смеси 1-5 гг. жизни при умеренном режиме орошения оросительная норма составляет $1444 \text{ м}^3/\text{га}$, поливная 314 м^3 , кратность полива – 4,6. Оросительная норма на травостое 2–5 гг. жизни меняется от $600 \text{ м}^3/\text{га}$ в средневлажные до $2400 \text{ м}^3/\text{га}$ в острозасушливые годы. Оросительная норма распределяется внутрисезонно следующим образом: самая высокая доля оросительной воды из всех многолетних трав приходится на июль – 45,4% на травостое 2–5 гг. жизни. В мае – 2,6%, в июне – 28,6 и в августе – 23,4 %. С учетом 1-го года, когда травостой формируется, выше чем во 2–5 гг. ж. доля оросительной воды, поданной в мае и июне – 5,0 и 31,3% и соответственно ниже доля, приходящаяся на июль и август – 41,4 и 22,2 %.

В зависимости от набора культур в севообороте при интенсивном использовании пашни оросительные нормы составляют в среднем от 1161 до $1341 \text{ м}^3/\text{га}$, поливные нормы от 306 до $338 \text{ м}^3/\text{га}$, кратность полива от 3,6 до 4,2. Более высокие оросительные нормы требуются при выращивании однолетних кормовых культур основного и промежуточного поукосного посевов в системе 2-3-х урожайных звеньев. Меньшие оросительные нормы складываются на посевах кормовых культур при чередовании с зерновыми.

Оросительные нормы многолетних трав при двух-трехукосном использовании и однолетних при выращивании двух урожаев в год близки и изменяются от 2550 – $2850 \text{ м}^3/\text{га}$ в засушливые годы. Средние данные дефицита водопотребления составляют для козлятника, люцерны, костреца, травосмесей, донника 1-го года жизни 1338 – $1725 \text{ м}^3/\text{га}$ при кратности полива от 3,6 до 5,2 и распределении оросительной нормы: в июне – 28-40%, июле 32-45 и августе – 22-27%. Оросительная норма на доннике 2-го года жизни при одноукосном использовании приходится в основном на конец мая – июнь ($727 \text{ м}^3/\text{га}$) с кратностью полива 2,2.

На однолетних кормовых культурах максимальные оросительные нормы требуются в звеньях с поукосным выращиванием однолетних бобово-мятликовых сме-

сей, проса, суданки после озимых или донника 2-го года жизни – 1446-1965 м³/га и минимальные – на просовидных весеннего посева и одноукосном использовании.

Весьма существенно по годам различаются и режимы орошения зерновых культур. При этом общая потребность в орошении значительно возрастала от ярового ячменя к яровой и озимой пшеницам

Для оптимизации влагообеспеченности ярового ячменя оросительная норма изменялась в пределах 600-1350 м³/га (2 – 4 полива), на яровой пшенице она составила 550-1800 м³/га (2 – 6 поливов), на озимой – 1200-2550 м³/га (5 – 9 поливов). При этом на озимой пшенице 1-4 полива проводятся уже в год посева с целью формирования кулис, дружных всходов, хорошего кущения и успешной перезимовки растений. Для реализации биопотенциала ячменя пивоваренного направления в засушливых годах потребовалось проведение соответственно 3 и 6 поливов, оросительные нормы составили 1050 и 1800 м³/га.

То есть режим орошения зерновых культур, так же как и кормовых, определяется погодными условиями, исходной влажностью почвы (после уборки предшествующей культуры или использования многолетнего травостоя), видом культуры и фазой развития растений.

Наибольший интерес в плане обеспечения интенсивного роста и развития трав при выращивании на корм представляет преимущественно только период до наступления укосной спелости: для бобовых – до бутонизации и начала цветения, для мятликовых и просовидных трав – до колошения или выметывания метелки, наблюдается наибольшее водопотребление в сравнении с периодами начала и конца вегетации. В этой связи подчеркивается, что у трав многоукосного использования на корм нет четко выраженного критического периода по отношению к влажности почвы.

При выращивании зерновых культур на зерно (семена) критическим, по отношению к влагообеспеченности, является период от кущения, закладки продуктивных стеблей, образования вторичных корней и формирования органов плодоношения до колошения или выметывания (I-VIII этапы органогенеза).

Проведение первых поливов не раньше третьей декады мая обусловлено осо-

бенностью водно-температурного режима сезонно глубокопромерзающих лугово-черноземных почв лесостепи Западной Сибири, влага нижних горизонтов почвенного профиля которых вовлекается в активный влагооборот по мере прогревания и вплоть до последнего срока оттаивания. По этой причине обуславливается дотационность режима орошения в дополнение к естественному увлажнению, что важно с почвоохранных позиций.

В соответствии с режимом орошения однолетних кормовых культур доля поливной воды максимальная – 45,6-57,9% в поукосных посевах однолетних трав после донника или озимых и минимальная – 14-15% при весеннем посеве с одноукосным использованием просовидных культур, что согласуется с относительно высокими запасами почвенной влаги весной и умеренной потребностью просовидных культур в дополнительном увлажнении в первую половину вегетации.

Доля поливной воды в балансе водопотребления многолетних трав зависит от условий конкретного года, но среднемноголетние данные изменяются от 26,7 до 37,7%, что, с одной стороны, является обоснованием необходимости орошения в большинстве лет для компенсации дефицита водопотребления, с другой, - свидетельствует о дотационном характере орошения в дополнение к естественным осадкам, снижая тем самым экологические риски, обусловленные непростыми почвенно-экологическими условиями для ведения орошаемого кормопроизводства.

7.2 Расчет и обоснование поливных и оросительных норм на основе тепло-водно балансовых расчетов с учетом сохранения плодородия орошаемых земель

Рост и развитие растений непрерывно происходит благодаря постоянному тепловлагообмену между земной поверхностью и приземным воздухом. Интенсивность и продуктивность биологического процесса определяется степенью соразмерности ресурсов тепла, влаги, света и питательных веществ. Теплоэнергетические ресурсы земной поверхности формируются за счет положительного радиационного баланса и притока теплых воздушных масс. На территорию Западной Сибири наиболее интенсивно приток тепла и влаги происходит за счет вторжения атлантических циклонов в осенне-зимне-весенний период.

Огромное влияние на процесс тепловлагодобмена на земном шаре оказывает глобальное изменение климата. Глобальное изменение климата оказало существенное влияние на климат Сибири и Российской Федерации в целом. Начиная с середины 1970-х годов температура приземного воздуха на территории РФ повышается со средней скоростью $0,43^{\circ}\text{C}$ за 10 лет, что более чем два с половиной раза превышает скорость глобального потепления. Период после 1976 года характеризуется наиболее интенсивным потеплением (рисунок 9).

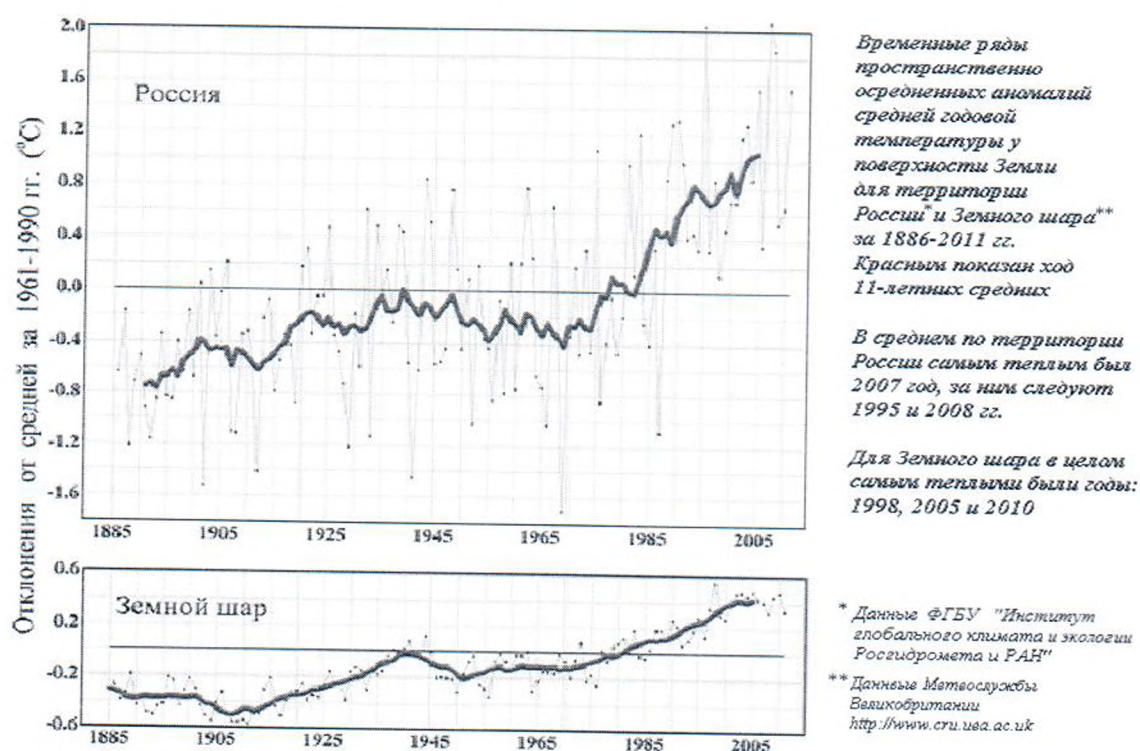


Рисунок 9 – Динамика отклонений средней годовой температуры приземного воздуха от средней многолетней на территории России и земного шара.

Аналогичная закономерность изменения температуры воздуха отмечается и на территории Омской области (рисунок 10-12)

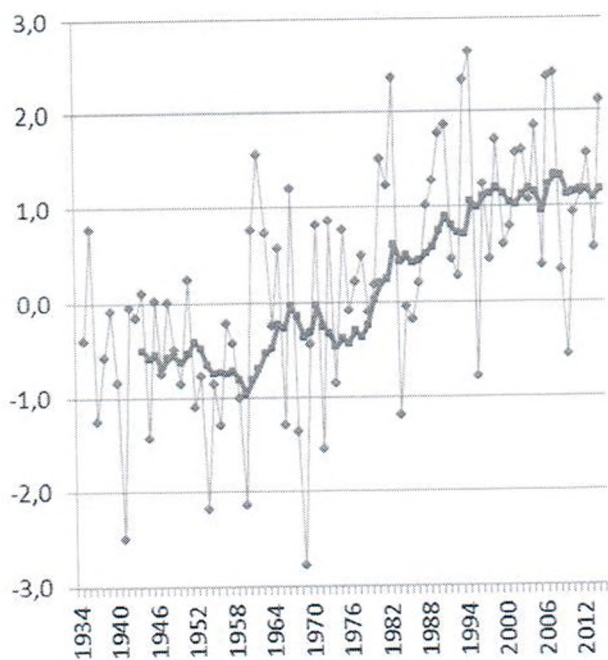


Рисунок 10 – Динамика средней за год температуры воздуха в северной зоне

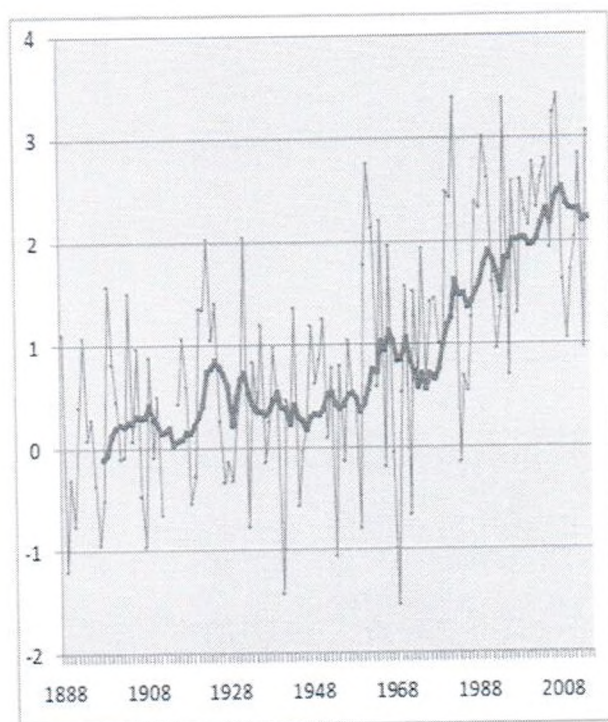


Рисунок 11 – Динамика средней за год температуры воздуха в южной лесостепи

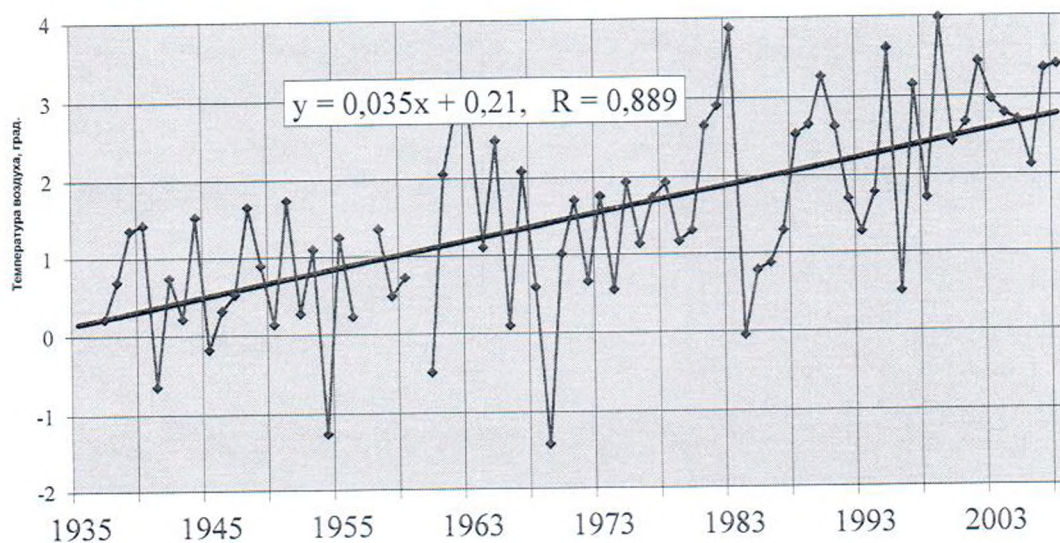


Рисунок 12 – Динамика средней за год температуры воздуха в степной зоне, $^{\circ}\text{C}$

Средняя за год температура воздуха на территории Омской области в течении 1970-2009 гг. изменялась на $0,3-0,4^{\circ}\text{C}$ за 10 лет. Однако отмечаются большие различия во внутригодовом ее цикле. Максимальная скорость ее роста происходит в ноябре-марте – от $0,47^{\circ}\text{C}$ в Черлаке и до $0,57^{\circ}\text{C}$ и $0,61^{\circ}\text{C}$ за 10 лет соответственно в Омске и Таре (таблица 20). В мае-августе прирост температуры составляет $0,22-$

0,29⁰С за 10 лет. Следует отметить, максимальные темпы роста температуры в среднем по области отмечаются в феврале, марте и октябре соответственно 0,60⁰С, 0,77⁰С и 0,83⁰С за 10 лет.

Таблица 20 – Изменение температуры воздуха (⁰С/10 лет) и атмосферных осадков (мм/10 лет), (1960-2009 гг.)

Пункт	Период					
	Год	Май-август	Ноябрь-март	Год	Май-август	Ноябрь-март
	Температура воздуха			Атмосферные осадки		
Тара	0,41	0,29	0,61	-0,27	-8,32	8,1
Омск	0,39	0,28	0,57	15,2	3,85	10,9
Черлак	0,35	0,22	0,47	2,26	-5,35	5,0

Минимальная скорость изменения температуры воздуха происходит в июле и сентябре соответственно на 0,05 и 0,04⁰С за 10 лет. Рост температуры воздуха увеличивает продолжительность вегетационного периода, а также сумму активных температур (среднесуточных температур выше 10⁰) на 25-40⁰С/10 лет. Если тенденция температуры приземного слоя воздуха на территории области положительная, то тенденция осадков носит разнонаправленный характер, как во времени, так и в пространстве. Тенденция годовых сумм осадков в северной зоне, отрицательная и составляет -0,27 мм/10 лет, в южной лесостепи – 15,2 мм/10 лет, в степной зоне – 2,26 мм/10 лет. В зимний период (ноябрь-март) интенсивное вторжение теплых и влажных воздушных масс из Атлантики приводит к увеличению атмосферных осадков в каждое десятилетие на 5,0 мм в степной, 10,9 мм в южной лесостепной и 8,1 мм в северной зонах. Положительная тенденция твердых осадков на территории области приводит к увеличению поверхностного стока и весенних запасов почвенной влаги. В период май-август повсеместно отмечается, уменьшение количества выпавших осадков: в северной зоне в среднем на 8,3 мм/10 лет, в степной зоне – на 5,4 мм/10 лет. Особое положение занимает Омск, где темпы роста осадков достигают 3,85 мм/ 10 лет.

Увеличение тепловых ресурсов и уменьшение осадков в теплый период года приводит к обострению гидротермической обстановки в системе «почва-растение-атмосфера». Решение этой проблемы возможно лишь путем гидромелиорации.

В настоящей работе для определения оросительной нормы и режима орошения использовали метод гидролого-климатических расчетов заслуженного деятеля науки РСФСР, доктора географических наук, профессора В.С. Мезенцева, изложенного в работах (Мезенцев В.С., 1969, 1993).

Для определения дефицита или избытка увлажнения при глубоком залегании грунтовых вод использовали уравнение

$$m_0 = KX - V_0 \cdot Zm, \quad (7.1)$$

где m_0 - недостаток (избыток) увлажнения за месячные (декадные) промежутки времени

X - атмосферные осадки, мм,

K - поправочный коэффициент на недоучет осадков,

V_0 - оптимальная влажность почвы в долях от наименьшей влагоемкости почвы,

r - коэффициент, зависящий от гранулометрического состава почвы,

Zm - максимально возможное испарение, водный эквивалент теплоэнергетических ресурсов, мм.

Максимально возможное испарение получили путем перевода теплоэнергетических ресурсов - положительного радиационного баланса (МДж/м²) в его водный эквивалент. При отсутствии данных радиационного баланса максимально возможное испарение определяли по уравнению:

$$Zm = 0,2 \sum t > 10^0 + 302, \quad (7.2)$$

где $\sum t > 10^0$ - сумма среднесуточных температур воздуха более 10⁰ С.

Внутригодовое распределение Zm выполнено пропорционально внутригодовому ходу дефицита влажности воздуха по соотношению:

$$Zm_i = Zm d_i / \sum d_i, \quad (7.3)$$

где d_i - средние месячные дефициты влажности воздуха, мм

Для построения суммарных кривых дефицитов увлажнения различной обеспеченности по формуле (7.1) были рассчитаны месячные дефициты увлажнения (апрель-сентябрь) за период 1980-2016 гг., по ранжированному ряду определяли их

обеспеченные величины в южной лесостепной (приложение Д) и степной (приложение Е) зонах Омской области.

Оросительную норму и поливной режим устанавливали с помощью суммарной кривой недостатков (избытков) увлажнения на необходимый период орошения:

$$M t = \sum m_0 i \quad (7.4)$$

По разности ее ординат от начала первого полива до конца периода орошения данной культуры t определяется необходимая оросительная норма M_0 различной обеспеченности (таблица 21).

Таблица 21 – Оросительные нормы яровой пшеницы и многолетних трав при различной тепловлагообеспеченности в южной лесостепи Омской области, мм/га

Культура	Обеспеченность, %				
	5	10	25	50	75
Многолетние травы 10 V-10 IX*	310	300	240	190	106
Пшеница яровая 1VI-10VIII*	205	190	160	145	75

Примечание: *период орошения

Согласно расчётам, для лет с 50% обеспеченностью осадками (средний год) оросительная норма на многолетних травах прошлых лет посева составляет 190 мм/га или 1900 м³/га. Для яровой пшеницы данный показатель находится на уровне 145 мм/га или 1450 м³/га, что объясняется более коротким периодом вегетации культуры. По мере увеличения или уменьшения количества осадков за вегетационный период оросительная норма корректируется.

В степной зоне Омской области оросительные нормы находятся в соответствии с тепловлагообеспеченностью территории и в целом превышают показатель южной лесостепи (таблица 22).

Таблица 22 – Оросительные нормы яровой пшеницы и многолетних трав при различной тепловлагообеспеченности в степной зоне Омской области, мм/га

Культура	Обеспеченность, %				
	5	10	25	50	75
Многолетние травы 10 V-10 IX*	340	330	280	240	130
Пшеница яровая 1VI-10VIII*	260	230	200	180	110

Примечание: *период орошения

Так, для пшеницы в год 50% обеспеченности осадками оросительная норма может достигать 180 мм/га или 1800 м³/га, что на 35 мм/га или 350 м³/га выше, чем в южной лесостепи. Это равноценно одному дополнительному умеренному поливу.

В аналогичных условиях при возделывании многолетних оросительная норма оставит 240 мм/га или 2400 м³/га. В засушливые годы норма может быть увеличена до 340 мм/га или 3400 м³/га.

Поливные нормы не должны превышать 300 – 500 м³/га с дифференциацией норм, сроков и количества поливов в зависимости от культуры, фазы развития, сложившихся погодных условий и влажности почвы. Такими поливными нормами создается наиболее благоприятный режим влажности почвы в течение всего периода вегетации. Также полив такими нормами в наименьшей степени изменяет естественный водный режим черноземов, а влага представлена ее средне- и легкодоступными категориями. (Орошаемые черноземы..., 1989). Отрицать же необходимость развития очагового орошаемого земледелия в степной и лесостепной зонах Западной Сибири, или, что одно и то же, ставить под сомнение необходимость орошения небольшой части массивов сибирских черноземов, по меньшей мере, бессмысленно, сама жизнь опровергает это (В.П. Панфилов, 1989).

7.3 Обоснование необходимости проведения гидротехнических осушительных мелиораций

Проблема рационального освоения и использования агроландшафтов северной зоны Омской области ставит задачу создания и использования современных информационных технологий управления производственными циклами земледелия с использованием гидротехнических мелиораций.

Наличие и использование достоверной оценки природной тепло – влагообеспеченности рассматриваемой зоны, гарантирует обоснование и применение рациональных, экологически обоснованных гидротехнических мелиораций, которые, наряду с другими факторами, обеспечат устойчивое развитие агроландшафтов северной зоны Омской области.

Для оценки природной тепло-влагообеспеченности освоенной для сельскохозяйственного производства территории северной зоны Омской области была сформирована база исходных данных (Мезенцев В.С., 1993):

- научный и практический опыт применения гидротехнических мелиораций на агроландшафтах северной зоны Омской области;
- метеорологические характеристики (по репрезентативным метеостанциям Тара, Большеуки, Тюкалинск за 46 летний ретроспективный период), включающие средние декадные и среднемесячную температуру воздуха, скорость ветра, сумму декадных и месячных атмосферных осадков;
- физико-географические характеристики территории, гидрологические, гидрогеологические и другие природные условия;
- сведения об агрогидрологических свойствах почвы и ее фактическая влажность.

По сформированной базе данных расчетами установлены параметры природной тепло-влагообеспеченности территории для месячных и декадных интервалов времени.

Природная тепло-влагообеспеченность северной зоны Омской области определялась по коэффициенту природного увлажнения (K_y) за расчетный период вегетации (декада).

Коэффициент (K_y) устанавливался по зависимости:

$$K_y = (W_a + KX) / E_0 \quad (7.5)$$

где K_y - коэффициент природного увлажнения за период $t_a > 5^\circ C$;

W_a - фактические влагозапасы в расчетном слое почвы 0,1м; 0,2м; 0,5м; 1м;

KX - атмосферные осадки за расчетный интервал времени, мм;

E_0 - испаряемость (максимально – возможное испарение) за тот же расчетный период, мм.

Испаряемость была определена по районированному методу гидролого-климатических расчетов профессора В.С. Мезенцева (1993):

$$E_0 = A \cdot \sqrt{\frac{\sum t > 10^0}{1000}} + 1,5 \cdot \frac{d_i}{d_z^{0,75}} \quad (7.6)$$

где E_0 - испаряемость (максимально – возможное испарение) за расчетный период, мм;

A – коэффициент равный 7,8 для декады;

$\sum t > 10^0 C$ - сумма среднесуточных температур воздуха выше $10^0 C$;

d_i - средние декадные дефициты влажности воздуха, мб;

d_z - среднегодовой дефицит влажности воздуха, мб.

Природная тепло – влагообеспеченность определяет тип водного режима территории, по которому можно судить о необходимости применения и направления гидротехнических мелиораций.

При K_y меньше единицы тип водного режима – непромывной. Появляется необходимость орошения.

При K_y больше единицы тип водного режима – промывной. Создаются предпосылки к переувлажнению, а значит, требуется осушение переувлажненных земель.

При $K_n = 1$ отмечается оптимальное соотношение между ресурсами тепла и влаги. Тип водного режима – оптимальный, формируется выпадающими атмосферными осадками и вертикальным влагообменом между грунтовыми водами и зоной аэрации почвогрунтов.

Средние многолетние декадные коэффициенты увлажнения (рисунок 13) показывают, что в северной зоне Омской области коэффициенты увлажнения больше единицы, как для пахотного (0,1-0,2м), так и для подпахотных горизонтов (0,5 – 1,0м). Тип водного режима – промывной. Происходит переувлажнение земель, а значит, требуется их осушение.

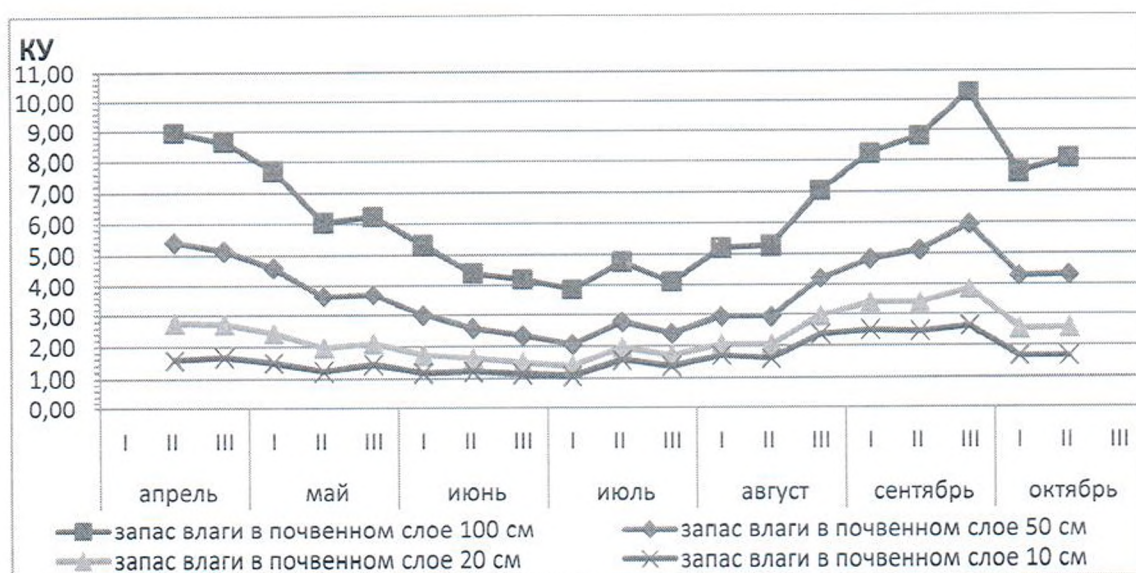


Рисунок 13 – Среднемноголетние декадные коэффициенты увлажнения (K_u) в северной зоне Омской области, 1971-2017 гг.

Расчетами коэффициента увлажнения за ретроспективный период 1971-2017 гг., установлена тенденция и динамика изменения K_u для расчетного слоя 1,0 м (рисунок 14).

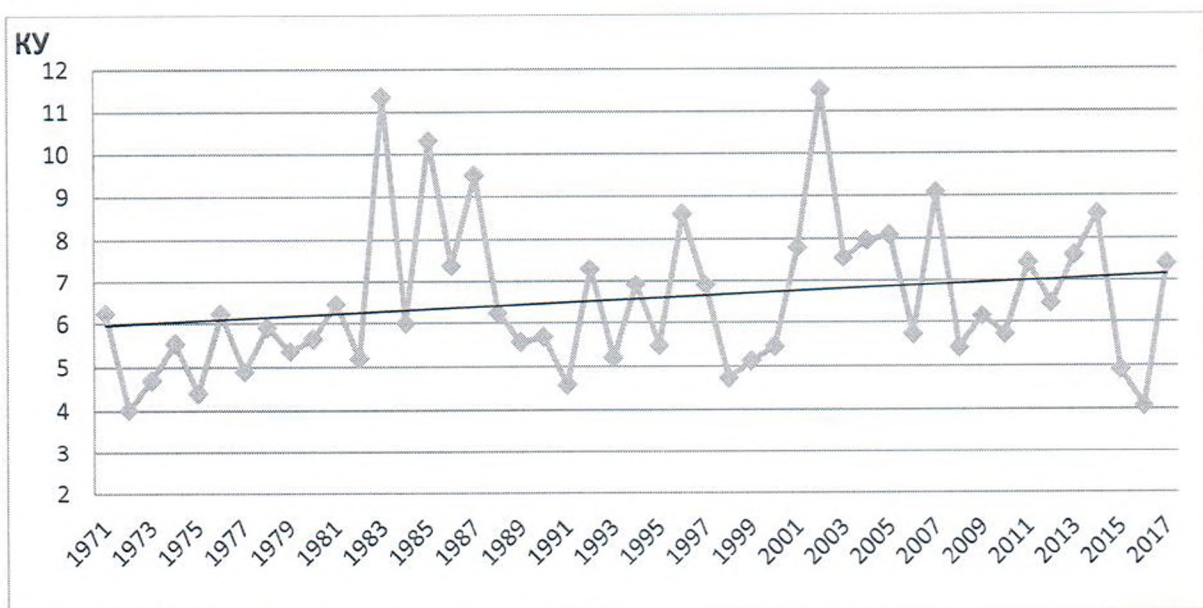


Рисунок 14 – Динамика коэффициент увлажнения (K_u) в северной зоне Омской области, 1971-2017 гг.

Средние многолетние декадные коэффициенты увлажнения показывают, что в северной зоне Омской области коэффициенты увлажнения больше единицы. Тип водного режима – промывной. Происходит переувлажнение земель, а значит, требуется их осушение.

7.4 Режим осушения переувлажненных земель

Режим осушения переувлажненных земель создает и поддерживает в течение периода вегетации благоприятные для выращиваемых сельскохозяйственных растений параметры:

- норма осушения;
- водно-воздушный режим осушаемых почвогрунтов, характеризуется оптимальной влажностью и аэрацией корнеобитаемой зоны осушаемых почв;
- допустимыми сроками затопления поверхности осушаемых земель;
- допустимыми сроками подтопления корневой системы выращиваемых сельскохозяйственных культур;
- критической глубиной залегания грунтовых вод;

Норма осушения – это такое положение грунтовых вод от поверхности осушаемых земель, на середине междренной или межканальной полосы, при котором создается и поддерживается благоприятные для роста культурных растений влажность и аэрация корнеобитаемого слоя осушаемых почв.

Оптимальная влажность неодинакова для разных культур и на разных почвах. Оптимальными считаются следующие показатели влажности (среднее за вегетацию) корнеобитаемого слоя почвы, выраженные в процентах от полной влагоемкости (таблица 23).

Таблица 23 – Значение оптимальной влажности почвы, % от полной влагоемкости

Культура	Почвы	
	торфяные	минеральные
Зерновые	60-75	50-65
Картофель	70-75	55-65
Свекла кормовая	60-80	65-70
Свекла столовая	60-70	50-65
Капуста	60-70	50-60
Морковь	60-75	50-65
Многолетние травы	75-85	65-78
Однолетние травы	43-78	60-70
Кукуруза, подсолнечник на силос	60-70	50-60
Культурные пастбища	70-80	55-65

В зависимости от тепло-влагообеспеченности года возможно уменьшение значений в засушливые годы, увеличение – во влажные. Также допускается уточнять приведенные значения норм осушения на основании водобалансовых расчетов (таблица 24).

Таблица 24 – Средние вегетационные нормы осушения на минеральных почвах, м

Культура	Минеральные почвы
Зерновые	0,7-0,9
Картофель	0,9-1,0
Свекла кормовая	0,9-1,0
Свекла столовая	0,9-1,0
Капуста	0,8-1,0
Морковь	0,9-1,0
Травы на выпас	0,7-0,8
Трава на сено	0,6-0,7

Такие нормы осушения согласуются с распределением корней в торфяных почвах, основная масса которых – около 80% находится в пахотном и подпахотном слоях (таблица 25).

Таблица 25 – Распределение массы (%) корней с.-х. культур в торфяных почвах

Культура	Слой почвы, см							
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
Картофель	27	50	15	4	2	1	1	-
Кормовая свекла	50	19	16	10	3	1	1	-
Яровая пшеница	52	17	17	6	4	3	1	-
Тимофеевка	91	4	2	2	1	-	-	-
Кострец безостый	57	13	8	6	6	4	4	2

Допустимую продолжительность затопления осушаемых земель при использовании их в севооборотах без озимых культур устанавливают исходя из обеспечения оптимальных сроков сева.

Допустимая продолжительность (сутки) весеннего и летне-осеннего затопления осушаемых земель принимается в следующих пределах:

- полевой севооборот с озимыми культурами – недопустимо;
- полевой севооборот без озимых культур – 5-10;
- овощные и кормовые севообороты – 10-15;
- естественные луга (пастбища) – 25;
- естественные сенокосы – 15.

Предельные сроки весеннего затопления луговых трав следует принимать с учетом данных региональных исследований (таблица 26) (Мелиорация и водное хозяйство..., 1985).

Таблица 26 – Допустимые сроки затопления отдельных видов многолетних трав

Травы	Допустимая длительность весеннего затопления, сут.	Сумма среднесуточных температур почвы, °С.
Клевер луговой, овсяница красная, клевер белый, ежа сборная.	5-10	20-40
Тимофеевка луговая, овсяница луговая, мятлик луговой. Клевер розовый, клевер ползучий, мышиный горошек.	12-17	70-80
Лисохвост луговой, кострец безостый, пырей ползучий.	18-25	90-100
Полевица белая, мятлик болотник.	25-30	120-140
Двухкосточник тростниковидный, бекмания обыкновенная.	30-40	140-160

При подтоплении корневой системы выращиваемых культур:

- на 1-2 суток их урожайность снижается на 8-12%;
- на 3-4 суток их урожайность снижается на 30-50%;
- на 5-6 суток их урожайность снижается на 55-70%;
- на 7 и более суток их урожайность снижается на 75-90%;

Критические глубины грунтовых вод (Маслов Б.С., 1989) для Барабинской низменности, см: северная часть – 90, центральная часть – 130, юго-восточная часть – 170.

7.5 Результаты расчетов параметров дренажа

Расчеты параметров дренажа выполнены с использованием классических общепринятых методик Костякова А.Н., Аверьянова С.Ф. (Мелиорация и водное хозяйство..., 1985; Свод правил..., 2016).

Расчёты по методике Костякова А.Н. заключаются в определении расстояния между каналами открытой регулирующей сети.

$$a_0 = \frac{0.51 \cdot C \cdot T^2 [(\sigma \cdot h)^{0.75} + 4K]^2}{\sigma \cdot h}, \text{ м.} \quad (7.7)$$

где: a_0 – расстояние между каналами открытой регулирующей сети, м;
 K – интенсивность впитывания воды в начальный момент времени, $K = 0,18$ мм/час.

C – коэффициент, аналогичный скоростному коэффициенту, 1/с;

$$C = \alpha \sqrt{I}, 1/c \quad (7.8)$$

где: α – принимается по (Свод правил..., 2016), для весенне-осеннего периода $\alpha_1 = 1,13$; для вегетационного периода $\alpha_2 = 2,15$;

I – уклон поверхности; $I = 0,0002$;

$$C_1 = 1,13 \cdot \sqrt{0,0002} = 0,027, 1/c$$

$$C_2 = 2,15 \cdot \sqrt{0,0002} = 0,036, 1/c$$

T – допустимое время отвода избыточных вод с поверхности и из корнеоби-
таемого слоя почвы, часы (Мелиорация и водное хозяйство..., 1985; Свод правил..., 2016);

δ – коэффициент стока, для весенней талой почвы $\delta = 0,5$; для летнего периода $\delta = 0,15$;

h – интенсивность снеготаяния или интенсивность выпадения дождей;

$$h_{вес} = \frac{\sum KX_{вес-осен}}{a \cdot b}, \text{ мм} \quad (7.9)$$

где: $KX_{вес-осен}$ – сумма выпавших осадков за весенне-осенний период, мм;

a – продолжительность весеннего снеготаяния; $a = 7-9$ сут;

b – продолжительность весеннего снеготаяния в течение суток

$b = 5-7$ часов;

$$h_{летн} = \frac{KX_{max}}{a \cdot b}, \text{ мм} \quad (7.10)$$

где: KX_{max} – максимальное значение слоя выпавших осадков за один месяц летнего периода, мм;

a – продолжительность выпадения осадков, $a = 1$ сут;

b – продолжительность выпадения осадков в течение суток,

$b = 5$ часов;

Расчёт выполнен для 10% и 25% обеспеченностей по годам.

$$h_{\text{вес}}^{10\%} = \frac{99}{8 \cdot 6} = 2,06 \text{ мм/час}$$

$$h_{\text{летн}}^{10\%} = \frac{56}{1 \cdot 5} = 11,2 \text{ мм/час}$$

$$h_{\text{вес}}^{25\%} = \frac{95}{8 \cdot 6} = 1,98 \text{ мм/час}$$

$$h_{\text{летн}}^{25\%} = \frac{88}{1 \cdot 5} = 17,6 \text{ мм/час}$$

$$a_{\text{овес-осп}}^{p10\%} = \frac{0,51 \cdot 0,027 \cdot 72^2 \cdot [(0,5 \cdot 2,06)^{0,75} + 4 \cdot 0,18]^2}{0,5 \cdot 2,06} = 210 \text{ м.}$$

$$a_{\text{овес-зп}}^{p25\%} = \frac{0,51 \cdot 0,027 \cdot 72^2 [(0,25 \cdot 17,6) + 4 \cdot 0,18]^2}{0,5 \cdot 1,98} = 219 \text{ м.}$$

Расчёт по методике Аверьянова С.Ф. [3,4].

$$a_0 = 3,6 \frac{\sqrt{I}}{n} \cdot \frac{(1-\sigma) \cdot \alpha}{\sigma \cdot t_a} t^2, \text{ м.} \quad (7.11)$$

где: a_0 – расстояние между каналами открытой регулирующей сети, м;

I – средний уклон осушаемой поверхности, $I = 0,0002$;

n – коэффициент шероховатости поверхности, $n = 2,3$;

σ – коэффициент стока (Свод правил..., 2016), $\sigma = 0,25$;

h – слой осадков выпавших за время t_a , мм/час;

t_a – время выпадения осадков, часы;

t – время отвода поверхностных вод, часы

$$a_{\text{овес-осп.}}^{p10\%} = 3,6 \frac{\sqrt{0,0002}}{2,3} \cdot \frac{(1 - 0,25) \cdot 28}{0,25 \cdot 72} \cdot 72^2 = 133 \text{ м.}$$

$$a_{\text{овес-гп.}}^{p25\%} = 3,6 \frac{\sqrt{0,0002}}{2,3} \cdot \frac{(1 - 0,25) \cdot 35}{0,25 \cdot 72} \cdot 72^2 = 166 \text{ м.}$$

По полученным результатам можно сделать вывод:

- расчёты произведены для двух периодов – периода весеннего снеготаяния и периода вегетации сельскохозяйственных культур;

- расстояния между открытыми собирателями для периода весеннего снеготаяния a_0 – 210-219 м;

- периода вегетации сельскохозяйственных культур a_0 – 133-166 м.

Существенным недостатком данных методик является косвенный учет влияния глубины и динамики грунтовых вод на процесс переувлажнения земель.

7.6 Экспериментальные исследования параметров дренажа мелиорируемых земель северной зоны Омской области

Исследование параметров дренажа мелиорируемых земель выполнено на основе анализа результатов численного эксперимента баланса влаги в расчетном слое почвы за декадные интервалы времени.

Численный эксперимент проводился на основе ретроспективного использования природно-климатических данных по объектам за 1971-2017 гг. с применением информационных технологий.

Результаты численного эксперимента были проанализированы для объектов, находящихся в аналогичных природно-климатических условиях Тюкалинск, Большеуковское, Тара.

В основу численного эксперимента были положены следующие формулы по методикам (Никольский Ю.Н., Шабанов В.В., 1986):

- Уравнение баланса зоны аэрации

$$W_k + X_0^{0.001} [O_c + M - E - 10^3 \cdot q(W_{cp} \cdot \Delta_{cp}) \cdot \delta \cdot \tau] \quad (7.12)$$

- Уравнение баланса грунтовых вод

$$\Delta K = \Delta H - \frac{\delta \tau}{\mu} [q \cdot (W_{cp} \cdot \Delta_{cp}) + q_r - q_{op} / \Delta_{cp}], \quad (7.13)$$

где: W_k – влажность почвы на конец расчётного периода, $\text{см}^3/\text{см}^3$;

W_n – влажность почвы на начало расчётного периода, $\text{см}^3/\text{см}^3$;

X_0 – расчётный слой почвы, м;

M – оросительная норма, мм;

E – суммарное испарение, мм;

$q(W_{cp}; \Delta_{cp})$ – вертикальный влагообмен, м/сут;

$\delta \tau$ – продолжительность расчётного периода, сут.;

ΔK – глубина грунтовых вод к концу расчётного периода, м;

ΔH – глубина грунтовых вод на начало расчётного периода, м;

μ – коэффициент водоотдачи;

q_r – модуль подземного притока, м/сут;

$q_{др}$ – модуль дренажного стока, м/сут.

Расчёт водного режима и режима орошения для многолетних трав в период вегетации производится по декадам. Оросительная норма получилась как сумма декадных поливных норм (м) за период вегетации. Поливная норма рассчитывалась при условии $W_k < W_{min}$ по формуле:

$$Q_p = 10^3 \cdot X_0 (W_{MAX} - W_{MIN}), \quad (7.14)$$

где: W_{max} , W_{min} – верхний и нижний предел оптимального диапазона влажности почвы, $см^3/см^3$.

Модуль дренажного стока определяется по формуле В.И.Шестакова:

$$q_{op} = \frac{8 \sum_{i=1}^n K_i \cdot m_i}{B_{op} \cdot (1 + 8 \cdot \frac{\alpha_{op}}{B_{op}})} \cdot (H_{op} - \Delta_{cp}), \quad (7.15)$$

$$L_{op} = \frac{0.73 \cdot K_H \cdot m_H}{K_b} \cdot \lg \frac{8mb}{2\pi r}, \quad (7.16)$$

где: K_i – коэффициент фильтрации пласта, м/сут;

m_i – мощность водоносного пласта, м;

m_H , m_b – мощность нижнего и верхнего пластов, м;

K_H , K_b – коэффициент фильтрации нижнего и верхнего пластов, м/сут;

r – эффективный радиус дрены, м.

Расчёт проектной урожайности проводился по методике Ю.Н. Никольского и В.В.Шабанова (1986):

$$Y = K_\gamma \cdot Y_{MAX} \cdot K_0 \cdot \sum_{i=1}^n K \cdot W_i \cdot K_{\Delta i} \cdot K_{\delta \Delta i} \cdot \alpha_i \quad (7.17)$$

где: Y – проектная урожайность в конкретные годы или средние за многолетний период;

Y_{max} – максимальная урожайность при оптимальных погодных условиях в период вегетации, влажности почвы и уровне грунтовых вод;

K_0 , K_{Wi} , $K_{\Delta i}$, $K_{\delta \Delta i}$ – коэффициенты, учитывающие снижение урожайности в результате соответственно: запаздывания по срокам сева, отклонений от оптималь-

ных значений влажности почвы (W), уровня грунтовых вод (Δ) и периодических колебаний уровня грунтовых вод с амплитудой ($\delta\Delta_i$);

α_i – удельный вес фазы, отражающий чувствительность растений в каждой фазе развития с порядковым номером (i) к отклонениям водно-воздушного режима почвы от оптимальных условий;

K_y – коэффициент снижения урожайности за счёт неблагоприятного водного режима мелиорируемых земель.

Результаты численного эксперимента приведены на рисунках 15, 16.

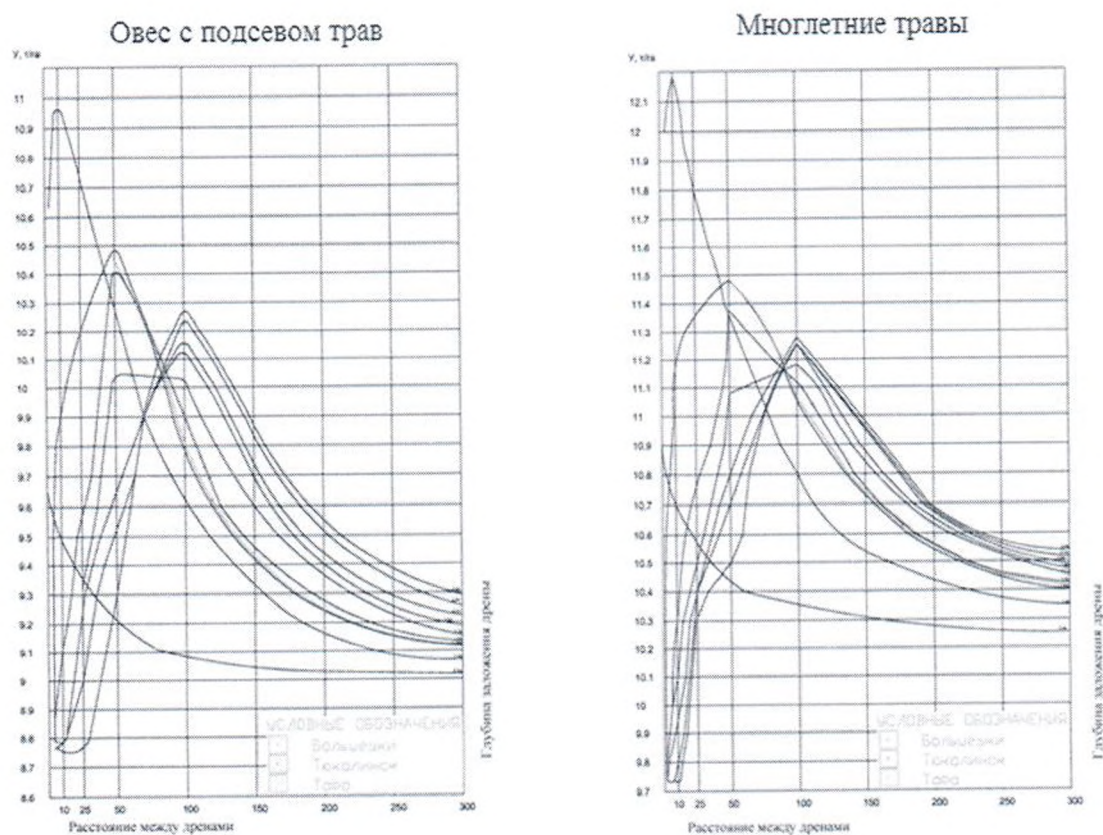


Рисунок 15 - Графики зависимости урожайности от глубины дрены и от расстояний между ними для овса с подсевом трав, многолетних трав

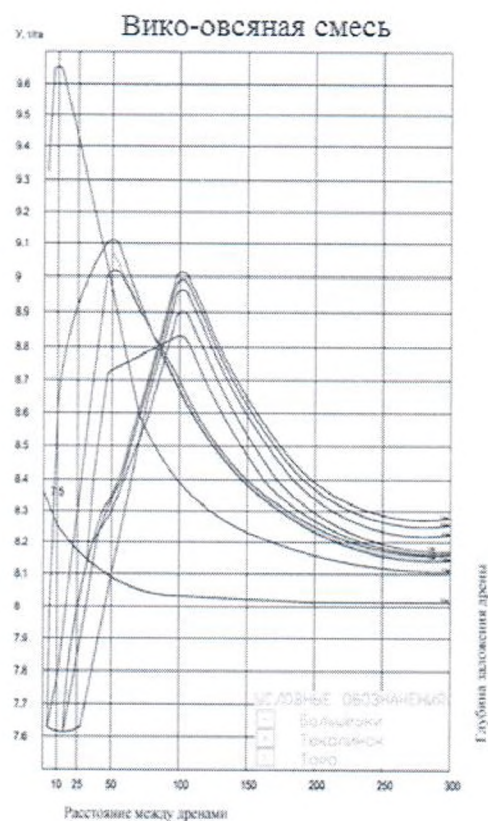
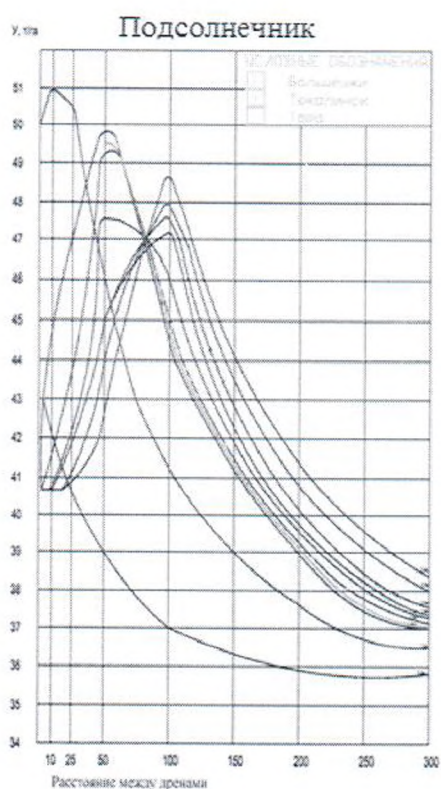


Рисунок 16 - Графики зависимости урожайности от глубины дренажа и от расстояний между ними для подсолнечника и викоовсяной травосмеси

Для обеспечения оптимального водного режима мелиорируемых земель северной зоны Омской области определено влияние глубины заложения дренажа и расстояний между дренажами для основных кормовых культур севооборота, которые составили:

- для Тары: глубина заложения дренажа – 1,5 м, расстояние между дренажами – 100 м;
- для Тюкалинска: глубина заложения дренажа – 2,0 м, расстояние между дренажами – 130 м;
- для Большеуков: глубина заложения дренажа – 1,4 м, расстояние между дренажами – 200 м.

Также выявлены следующие закономерности:

- при увеличении расстояний между дренажами урожайность сельскохозяйственных культур значительно снижается;
- при более глубоком заложении дренажа урожайность сельскохозяйственных культур практически не изменяется;

-полученные прогнозные значения урожайности сельскохозяйственных культур близки к действительно-возможной урожайности по теплоэнергетическим ресурсам для данного региона.

7.7 Агромелиоративные мероприятия при осушении переувлажненных земель Северной зоны Омской области

Температурный режим осушаемых болот занимает важное место в формировании урожая сельскохозяйственных культур (таблица 27). Теплоемкость торфа более чем в 2 раза превышает теплоемкость минеральных почв, а по теплопроводности он, наоборот, во много раз уступает минеральным почвам (Рендов Н.А. и др., 2009).

Полное оттаивание средних и глубоких торфяников наблюдается с конца мая по сентябрь, а в подтаежной зоне Омской области, оттаивание мелкозалежных торфяников заканчивается в конце мая (Моторин А.С., 2016).

Таблица 27 – Оптимальная температура почвы для сельскохозяйственных культур (по обобщенным данным), °С

Культура	Минимальная температура почвы в начальной фазе развития растений	Оптимальная температура почвы	
		до формирования урожая	в период формирования урожая
1	2	3	4
Овощные			
Капуста	2-3	11-18	13-19
Огурцы	13-15	15-22	18-25
Морковь	4-5	12-17	18-21
Лук	2-3	12-20	20-26
Технические			
Лен	5-6	12-17	13-18
Конопля	1-2	10-14	18-20
Картофель	7-9	11-13	12-19
Кормовые			
Кукуруза	7-10	18-26	27-30
Подсолнечник	2-5	15-18	18-22
Свекла	5-6	12-15	15-23
Клевер	2-3	10-14	14-16
Тимофеевка луговая	2-5	6-12	18-24
Кострец безостый	4-5	10-12	18-22
Овсяница луговая	2-3	14-16	15-18

1	2	3	4
Зерновые и зернобобовые			
Озимая пшеница	2-3	10-14	14-9
Озимая рожь	2-3	6-12	13-17
Яровая пшеница	1-2	12-20	13-18
Ячмень	1-2	15-17	14-20
Овес	1-2	12-16	16-20
Горох	1-2	16-18	18-24

Торфяная почва при низкой предзимней влажности (0,4-0,6 НВ) промерзает на 15-20% больше, чем насыщенная влагой до наименьшей влагоемкости, но весной оттаивает на 2-3 недели раньше (Моторин А.С., 2014).

Исключительно важное значение имеет температурный режим в вегетационный период.

Теплообеспеченность корнеобитаемой зоны сельскохозяйственных культур низкая - требуется проведение тепловых мелиораций (Моторин А.С., 1998).

Эффективными приемами улучшения теплового режима торфяно-болотных почв являются внесение минеральных добавок (песок, супесь, глина) и проведение снегозадержания в начале зимы.

От внесения глины в размере 300 т/га повышается температура торфа в среднем на 5° в сутки. По данным А.С. Моторина, глинование торфяника под многолетними травами обеспечивает в период май-июль дополнительно 400-500° С.

Снегозадержание, если оно проводится в ноябре, уменьшает промерзание в 2-3 раза, увеличивает температуру торфа на глубине 0,2 м в вегетационный период на 20-50%, то есть на 4°, или 350-360° С (Земля, мелиорация, урожай..., 1988).

Интенсивное использование осушаемых земель для производства сельскохозяйственной продукции требует оперативного расчета режима осушения в процессе эксплуатации мелиоративных систем. При этом в современных условиях желательно иметь возможность двойного регулирования водного режима. Для этого необходимо при разработке эксплуатационных мероприятий учитывать долгосрочные прогнозы погоды, среды, в которых дается величина отклонения осадков и температуры воздуха от нормы – средней многолетней величины.

8 Экономическая эффективность выращивания сельскохозяйственных культур на мелиорируемых землях

Существует множество подходов к определению эффективности мелиорации сельскохозяйственных земель, но все они учитывают зависимость потерь урожая сельскохозяйственных культур от дефицита влаги или переувлажнения в отдельные периоды, а также затраты на проведение мелиоративных мероприятий.

Адаптивная интенсификация предполагает комплексное использование всех составляющих элементов — агротехники, сорта, удобрений и мелиорации для получения значительно большего количества качественной продукции с единицы площади при высокой эффективности производства.

При определении экономической эффективности выращивания культур при орошении использованы стоимостные и натуральные показатели расходной и приходной частей экономического баланса. Расходную часть экономического баланса представляют материальные и трудовые затраты на обработку почвы, удобрения, полив, посев и уход за культурами, уборку, а приходная часть — урожай с единицы площади.

Расчеты выполнены на основании представленных данных о выходе сельскохозяйственной продукции с гектара мелиорируемых земель, фактических затратах на все виды операций и на материально-технические ресурсы в СПК «Ермак» Нововаршавского района в 2016 и 2017 годах, в СПК «Пушкинский» Омского района в 2017 году.

В СПК «Ермак» в 2016 и 2017 гг. площадь под многолетними травами составляла 2400 га, выход валовой продукции в эти годы составил 2291,9 и 1476,3 т корм.ед. Всего затрачено на производство продукции в 2016 г. 8251709 руб., в 2017 г. — 11080978, в структуре затрат доля орошения составила 10,9 и 16,9% соответственно (таблица 28). Себестоимость 1 т корм.ед. в 2016 г. составляла 3599,9 руб. Снижение урожайности на фоне роста практически всех видов затрат привело к увеличению себестоимости до 7505,9 руб./т корм.ед. или на 108,5%. В общей площади многолетних трав орошаемый массив составляет около 500 га при существенно более высокой урожайности, однако учет затрат и выход продукции в последние годы ведется в целом для всей площади трав.

Таблица 28 – Анализ затрат, выхода и себестоимость возделывание многолетних трав в СПК «Ермак»

Статья затрат	по СПК	
	2016 г.	2017 г.
Площадь посева, га	2400	2400
Валовый сбор: сена, т	2314,0	1449,3
зеленой массы, т	4891,0	3290,0
т корм. ед.	2291,9	1476,3
Затраты труда, ч/ч	9493,0	8957,0
Полив, руб.	902405,0	1871451,0
Заработная плата, руб.	1249087,0	1749929,0
Семена, руб.	564552,0	770000,0
ГСМ, руб.	1508660,0	2185016,0
Вспомогательное производство, руб.	874613,0	450877,0
Амортизация, руб.	643728,0	992376,0
Текущий ремонт, руб.	1816722,0	2226483,0
Накладные расходы, руб.	540616,0	718323,0
Прочие, руб.	151326,0	116523,0
Итого затрат, руб.	8251709,0	11080978,0
Себестоимость 1 т корм. ед.	3599,9	7505,9
Выход продукции, т корм.ед на 1 га	0,955	0,615

В южной лесостепи на орошаемой площади затраты на проведение поливов составили 2421603,83 руб., в том числе на подачу воды – 1471338,95 руб. или 61%. Таким образом затраты на орошение 1 га в хозяйстве составили 3228,81 руб. Стоит отметить значительную долю эксплуатационных затрат – 39%.

В целом в структуре затрат на возделывание многолетних трав и картофеля в СПК «Пушкинский» орошение составляло 7,0 и 1,8% соответственно (таблица 29).

Таблица 29 – Структура затрат в СПК «Пушкинский», руб., 2017 г.

Затраты	Многолетние травы	Картофель
1	2	3
Амортизация	172708,55	5470055,20
ГСМ	232064,61	28009,66
Заккрытие счета	1999779,00	4665558,69
Общепроизводственные затраты растениеводства	480652,41	6887846,54
Общехозяйственные	228482,28	3274193,84
Оплата труда и отчисления	632359,39	7241737,49
Прочие материальные затраты (естественная убыль, инвентарь и прочие затрат)	53955,28	15030374,95
Работы и услуги вспомогательного производства	1140226,93	7671291,82

Продолжение таблицы 29

1	2	3
в т.ч. услуги по орошению	451863,28	1404004,01
Семена и посадочный материал	473323,03	15768915,51
Текущий ремонт ОС	495602,39	4132955,12
Удобрения минеральные	587703,13	2208523,44
Услуги сторонних организаций	0,00	82006,62
Электроэнергия	0,00	1627962,17
Ядохимикаты	0,00	3780943,95
Всего	6496857,00	77870375,00

В 2017 в структуре посевных площадей насчитывалось 811,0 га многолетних трав и 300,0 га картофеля (таблица 30). Получено 5429,1 т зеленой массы многолетних трав, при урожайности сенажа 6,69 т/га. Выход кормовых единиц – 2,34 т/га при себестоимости 1197,4 руб./ т зел. массы и 3423,5 руб./т корм.ед. Рентабельность производства многолетних трав составила 46,1%.

Таблица 30 – Экономическая эффективность выращивания культур на орошаемых землях в южной лесостепи Омской области, 2017 г.

Показатель	Многолетние травы	Картофель
Площадь, га	811,0	300,0
выход продукции всего, т	5429,1	14158,2
выход продукции с 1 га, т	6,69	47,19
т корм. ед.	2,34	-
Материально-денежные затраты всего, руб.	6496857,0	77870375,0
Материально-денежные затраты на 1 га, руб.	8010,9	259567,9
Себестоимость, руб./т зел. массы	1197,4	5500,0
руб./т корм. ед.	3423,5	-
Цена реализации, руб./т (руб. /т корм. ед.)	5000,0	8790,0
Стоимость товарной продукции, руб./га	11700,0	414835,3
Чистый доход, руб./га	3689,1	155267,3
Рентабельность, %	46,1	59,8

Производство картофеля стоило 5500,0 руб./т при значительных затратах на гектар – 259567,9 руб. Проведение поливов и применение средств интенсификации обеспечили урожайность картофеля 47,19 т/га. В этом случае чистый доход составил 155267,3 руб./га при рентабельности производства 59,8%.

Экономическая эффективность применения средств интенсификации в научном стационаре Омского АНЦ зависела от возделываемой культуры. Высокой она была при выращивании многолетних трав (люцерна, козлятник) и бобово-мятликовых травосмесей на удобренном фоне – 100-140% (таблица 31).

Таблица 31 – Рентабельность выращивания культур в научном стационаре ФГБНУ «Омский АНЦ» в зависимости от уровня удобренности

Культура, звено севооборота	Без удобрений	Среднеудобренный фон
Люцерна 1-5 гг.ж	114	130
Козлятник 1-10 гг.ж.	126	140
Козлятник+кострец 1-6 гг.ж.	105	100
Кострец 1-5 гг.ж.	25	42
Донник 2 г.ж., просо поукосно	44	35
Бобово-мятликовая смесь, рапс поукосно	22	54
Бобово-мятликовая смесь на зерносеяж	130	160
Овощи	-	41

При больших затратах на выращивание овощей, соизмеримых с таковыми на картофеле или выше, рентабельность их производства на поливе составила 41%.

Орошаемый севооборот кардинально отличается от севооборотов в неполивном земледелии – отсутствие пара, набор культур, система удобрений и т.д. Исходя из многолетнего научного и практического опыта, орошение в степи и лесостепи повышает урожайность культур в большинстве лет в 2-3 раза, то есть с 1-1,5 до 4,5-5,5 т кормовых единиц с гектара. В целом, экономическая эффективность возделывания культур на орошаемых агрофонах при умеренном уровне химизации, использовании современных высокопродуктивных сортов позволяет окупать вложенные материальные средства. Малозатратными являются многолетние бобовые и бобово-мятликовые травостои, позволяющие решать вопросы обеспечения животных высококачественными кормами и поддерживать плодородие черноземных почв на высоком исходном уровне.

Заключение

В условиях глобальных изменений климата, связанных с часто повторяющимися засушливыми или переувлажненными годами, наиболее действенным средством обеспечения устойчивости сельскохозяйственного производства являются водные мелиорации – орошение и осушение земель.

Подпрограммой «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения» предусмотрены мероприятия, направленные на восстановление мелиоративного фонда (мелиорируемые земли и мелиоративные системы), включая реализацию мер по орошению и осушению земель, повышение продукционного потенциала мелиорируемых земель и эффективного использования природных ресурсов, увеличение площади мелиорируемых земель. Для эффективного использования оросительных и осушительных систем в регионе необходимо провести ряд мероприятий по их ремонту и реконструкции.

Анализ показателей плодородия мелиорируемых земель в различных почвенно-климатических зонах Омской области выявил удовлетворительное их состояние. Длительное орошение сельскохозяйственных угодий в степной и южной лесостепной зонах не привело к негативным изменениям показателей плодородия, что связано с применением научно-обоснованной системы земледелия на орошаемых землях.

Восстановление и реконструкция осушительных систем является основой увеличения сельскохозяйственного производства северных районов Омской области, торфяные почвы которых обладают относительно высоким плодородием. Однако, реализация их потенциала возможна только при выполнении всех элементов агротехнологий, разработанных для специфичных условий северной лесостепи и подтаежной зоны Западной Сибири.

В южной лесостепи проблема высокого уровня грунтовых вод стоит достаточно остро. В этом случае основой профилактики должен стать строго нормированный полив пресной оросительной водой из имеющихся источников. В степной зоне выявлена высокая минерализация грунтовых вод, что требует недопущения их подъема в верхний профиль почвы.

На орошаемых землях для стабилизации производства высококачественной сельскохозяйственной продукции при сохранении плодородия почв рекомендуется следующая структура посевных площадей:

- многолетние травы – 55%,
в том числе бобовые – 30%,
бобово-мятликовые (злаковые) – 20%,
мятликовые – 5%;
- однолетние травы – 5%;
- зерновые – 15%, размножение новых высокопродуктивных сортов, при измельчении и оставлении на поле побочной продукции;
- технические культуры – 15%;
- картофель и овощи – 10%.

Структура может корректироваться в зависимости от фактических производственных возможностей и потребностей предприятия в той или иной сельскохозяйственной продукции.

Для компенсации дефицита увлажнения необходимо проведение поливов в норме 300-500 м³/га. При этом оросительная норма для лет с 50% обеспеченностью осадками (средний год) **в южной лесостепной зоне** на многолетних травах прошлых лет посева и яровой пшенице составляет 190 и 145 мм/га соответственно; **в степной зоне** – 240 и 180 мм соответственно. По мере увеличения или уменьшения количества осадков за вегетационный период оросительная норма корректируется.

Экономическая эффективность возделывания культур на орошаемых агрофонах при умеренном уровне химизации, использовании современных высокопродуктивных сортов позволяет окупать вложенные материальные средства. Малозатратными являются многолетние бобовые и бобово-мятликовые травостои, позволяющие решать вопросы обеспечения животных высококачественными кормами и поддерживать плодородие черноземных почв на высоком исходном уровне.

Средние многолетние декадные коэффициенты увлажнения показывают, что в северной зоне Омской области они больше единицы, как для пахотного (0,1-0,2м),

так и для подпахотных горизонтов (0,5-1,0м). Тип водного режима – промывной. Происходит переувлажнение земель, а значит, требуется их осушение. Выявлено влияние глубины заложения дренажа и расстояний между дренами на продуктивность основных кормовых культур севооборота.

На осушаемых массивах северной зоны Омской области для основных кормовых культур севооборота рекомендуется:

- для Тары: глубина заложения дренажа – 1,5 м, расстояние между дренами – 100 м;
- для Тюкалинска: 2,0 м и 130 м соответственно;
- для Большеуков 1,4 м и 200 м соответственно.

Повышение теплообеспеченности, уменьшение глубины промерзания осушаемых почв и ускорение их оттаивания, происходит за счет пескования и глинования торфяных почв и торфования минеральных переувлажненных земель, что интенсифицирует осушающее действие основных и дополнительных методов и способов осушения.

Список использованных источников

- 1 Базилевич Н.И. Типы засоления природных вод и почв Барабинской низменности / Н.И. Базилевич // Труды/ Почв. ин-т им. В.В. Докучаева. - 1953. - Т. 36. - С. 172-433.
- 2 Безднина С.Я. Регламентирование качества воды для орошения черноземов //Вестник с.-х. науки, 1987, - № 8. - С.41-43.
- 3 Безднина С.Я. Рекомендации по оценке качества воды для орошения сельскохозяйственных культур. М., 1984. – С.40.
- 4 Воробьева Л.А. Система показателей химического состояния засоленных почв //Вестник. Моск. ун-та. Сер. Почвоведение. 1984. - № 2.- С.3-11.
- 5 Данильченко Н.В. Водосберегающие оросительные нормы и экологически безопасные режимы орошения сельскохозяйственных культур в Западной Сибири (2-е изд.)/ Н.В. Данильченко, В.И. Булгаков, И.М. Аванесян, А.А. Никольская. – М.: ООО «Эдель-М», 2000. – 152с.
- 6 Зайдельман Ф.Р. Экологическая защита мелиорируемых почв и агроландшафтов // Почвоведение. – 1993. - № 1. – с. 5-12.
- 7 Зимовец Б.А. Определение пригодности воды для орошения автоморфных почв с учетом состава почвенных растворов /Б.А. Зимовец, Н.Б. Хитров //Вестник с.-х. науки. – 1990 - № 9. – С. 97-100.
- 8 Калганов А.В. Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения в России / А. В. Колганов, Н. В. Сухой, В. Н. Шкура, В. Н. Щедрин; под ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 222 с.
- 9 Кирейчева Л.В. Стратегия развития комплексных мелиораций в России / Л.В. Кирейчева // Сб.: Мелиорация и водное хозяйство. (Юбилейный сборник), т. 1, М. 2016. С. 4-9.
- 10 Кириллов В.Л. Кормопроизводство в условиях орошения в лесостепной зоне Новосибирской области / В.Л. Кириллов // Сиб. вестник с.-х. науки.- 1979. - № 6. - С. 88-90.
- 11 Копысов И.Я. Изменение качества почв Северо-Востока Нечерноземья под влиянием антропогенного воздействия (устойчивость и изменчивость почв Кировской области при их использовании и осушении, агроэкологический мониторинг почв) / И.Я. Копысов. – Киров: ВГСХА, 2002. – 240 с.

- 12 Копысов И.Я. Классификация деградации почв при осушении / И.Я. Копысов, А.В. Тюлькин // Земледелие. – 2009. - № 1. – с. 16-17.
- 13 Красницкий В.М. Особенности агрохимических свойств и эффективности минеральных удобрений на осушенных торфяниках Омской области: Автореф. дис. канд. с.-х. наук: 06.01.04. – Омск, 1980. – 18 с.
- 14 Маслов Б.С. История мелиорации в России: мелиоративная энциклопедия / Б.С. Маслов [и др.]. – В 3 т. – Т. 1. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2002. – 506 с.
- 15 Маслов Б.С. Справочник по мелиорации / Б.С. Маслов, Н.В. Минаев, В.К. Губер. – М. : Росагропромиздат , 1989. – 384 с.
- 16 Мезенцев В.С. Гидролого – климатические основы проектирования гидро-мелиораций: Учебное пособие – Омск: ОмСХИ, 1993. – 128 с.
- 17 Мезенцев В.С. Увлажненность Западно-Сибирской равнины / В.С. Мезенцев, И.В. Карнацевич. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 168 с.
- 18 Мелиорация земель в Омском Прииртышье: становление и развитие Омского мелиоративного комплекса / под общ. ред. В.Н. Русакова. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2008. – 196 с.
- 19 Мелиорация и водное хозяйство. Том 3. Осушение: справочник/ под ред. Б.С.Маслова. – М.: Агропромиздат, 1985. – 447с.
- 20 Минашина Н.Г. Расчёт допустимой минерализации вод для орошения почв //Почвоведение. – 1970, - № 2. – С. 111-119.
- 21 Моторин А.С. Температурный режим длительно сезонно-мерзлотных почв Северного Зауралья / А.С. Моторин // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2014. - № 2 (25). – С. 63-66.
- 22 Моторин А.С. Теоретические основы и агромелиоративные приемы комплексного регулирования плодородия осушаемых торфяных почв Западной Сибири: Автореферат дис. ... доктора сельскохозяйственных наук: 06.01.03 – Агрофизика. – Барнаул, 1998. – 31 с.
- 23 Моторин А.С. Тепловой режим осушаемых торфяных почв Северного Зауралья / А.С. Моторин // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2016. - № 4 (35). – С. 34-40.

- 24 Никольский Ю.Н. Расчет проектной урожайности в зависимости от водного режима мелиорируемых земель / Ю.Н. Никольский, В.В. Шабанов // Гидротехника и мелиорация. – 1986. - №9. – С. 52-58.
- 25 Новикова А.В. Прогнозирование вторичного засоления почв при орошении (Оценка пригодности территории под орошение на примере Украинской ССР) / А.В. Новикова. – Киев: Урожай, 1975. – 184 с.
- 26 О мелиорации земель: Федеральный закон от 10 января 1996 г. № 4-ФЗ: по состоянию на 28 ноября 2011 г. // Гарант Эксперт 2013 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2013.
- 27 Орошаемые черноземы / Под. Ред. Б.Г. Розанова. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 240 с.
- 28 Почвы аридной зоны как объект орошения. – М.: Наука, 1968.- 222 с.
- 29 Рекомендации по окультуриванию и сельскохозяйственному использованию мелиорируемых торфяных почв в условиях Нечерноземной зоны РСФСР, Сибири и Дальнего Востока. – М: ВНИИГиМ, 1986. – 48 с.
- 30 Рендов Н.А. Мелиоративное земледелие западной Сибири: учеб. пособие / Н.А. Рендов, В.С. Тараканов, С.И. Мозылева. – Омск: ООО ИПЦ «Сфера», 2009. – 160 с.
- 31 Русинов Н.Ф. Мелиорация земель в Западной Сибири / Н.Ф. Русинов. – М.: Колос, 1982. – 94 с.
- 32 Свод правил СП 100.13330 « СНиП 2.06.03–85. Мелиоративные системы и сооружения» – М.: Минстрой России. – 2016. – 131 с.
- 33 Торфяные месторождения Западной Сибири. – М.: МТИ, 1957. – 150 с.
- 34 Тюлин В.В. Оценка земель и их эффективное использование на северо-Востоке Нечерноземной зоны / В.В. Тюлин, И.Я. Копысов. - Киров: ВГСХА, 1994. – 160 с.
- 35 Шкаруба А.М. Почвенно-экологические аспекты орошения Барабы / А.М. Шкаруба. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2000. - 240 с.

Приложения

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

на выполнение научно-исследовательской работы по теме:

«Усовершенствование системы земледелия на мелиорированных землях, направленной на получение высококачественной продукции и сохранение плодородия почв»

Наименования, виды работ по Контракту, требования, предъявляемые к выполнению работ, включая параметры, определяющие качественные и количественные характеристики работ, особые условия выполнения работ, требования к результатам работ, требования к отчетной документации и другие условия исполнения:

Работа будет считаться выполненной надлежащего качества при условии выполнения требований, изложенных в настоящем Техническом задании, в срок не позднее 18 декабря 2018 года.

Место выполнения Работ – Российская Федерация.

Порядок передачи охраняемых результатов интеллектуальной деятельности, а также иные требования к порядку приемки выполненных работ – не установлен.

1. При выполнении работы Исполнитель обязан выполнить следующие действия:

1) разработать программу исследований в рамках проводимой научно-исследовательской работы (предоставляется Заказчику в течение 14 календарных дней с даты заключения Контракта);

2) выбрать не менее 2 муниципальных районов Омской области в различных природно-климатических зонах Омской области, имеющих мелиорируемые земли (орошаемые и (или) осушенные);

3) провести мониторинг современного мелиоративного состояния мелиорируемых земель в выбранных муниципальных районах Омской области по основным показателям:

- динамика уровня грунтовых вод;
- минерализация грунтовых вод;
- оценка степени засоления почв;

4) осуществить лабораторные исследования мелиорируемых земель в выбранных муниципальных районах Омской области:

- определение содержания гумуса;
- определение pH почвы;
- определение степени и типа засоления почв;
- анализ содержания элементов питания;
- анализ качества поливной воды для орошаемых земель;

5) составить план мероприятий повторного освоения мелиорируемых земель (в случае их не использования на текущий момент) в выбранных муниципальных районах Омской области;

6) рассчитать и обосновать поливные и оросительные нормы на основе тепло-водно балансовых расчетов с учетом сохранения плодородия орошаемых земель;

7) рассчитать и обосновать проведение осушительных мероприятий на основе тепло-водно балансовых расчетов с учетом сохранения плодородия осушенных земель;

8) обосновать подбор сельскохозяйственных культур, структуру посевов и технологию возделывания сельскохозяйственных культур на мелиорируемых землях в выбранных муниципальных районах Омской области;

9) определить выход получаемой растениеводческой продукции с исследуемых мелиорируемых земель;

10) рассчитать экономическую эффективность использования мелиорируемых земель с учетом выхода растениеводческой продукции и оценки их мелиоративного потенциала;

11) разработать рекомендации по ведению усовершенствованной системы земледелия на мелиорируемых землях в Омской области;

12) подготовить и предоставить отчет о выполненной научно-исследовательской работе.

2. В рамках настоящей работы разрабатываются и представляются Заказчику не позднее 18 декабря 2018 года:

1) отчёт о выполненной научно-исследовательской работе, перечень научной и иной документации, подлежащей оформлению и сдаче Исполнителем Заказчику в составе отчетной документации.

Состав и структура отчета о выполненной работе, прилагаемая научная, техническая и другая документация, должны соответствовать ГОСТ 7.32-2001 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления»;

2) рекомендации по ведению усовершенствованной системы земледелия на мелиорируемых землях в Омской области в виде брошюр не менее 30 шт.

Календарный план

Номер п/п	Наименование этапов, основное содержание работы	Срок исполнения работы	Исполнители
1	Изучение имеющейся информации о состоянии мелиоративного фонда Омской области	Апрель-май	Бойко В.С., Дмитриев В.И., Тимохин А.Ю., Гавар С.П.
2	Отбор почвенных образцов для определения рН, степени и типа засоления, на динамику содержания продуктивной влаги в почве, гумуса, нитратного азота, подвижного фосфора, обменного калия	Май-август	Тимохин А.Ю., Гавар С.П., Сбитнева Е.Ю. Бельский С.Е.
3	Определение уровня грунтовых вод, отбор образцов для определения минерализации грунтовых вод		
4	Отбор поливной воды для определения ее ирригационного качества		
5	Определение содержания легкодоступной влаги в почве, гумуса, основных элементов минерального питания (NPK)		
6	Анализ материала, обработка полученных результатов	Сентябрь-октябрь	Тимохин А.Ю., Сбитнева Е.Ю., Балабанова Н.Ф., Бельский С.Е.
7	Составление плана мероприятий повторного освоения мелиорируемых земель		
8	Расчет и обоснование поливных и оросительных норм, проведения осушительных мероприятий		
9	Обоснование подбора сельскохозяйственных культур, структуры посевов и технологии возделывания сельскохозяйственных культур, определение выхода получаемой растениеводческой продукции с исследуемых мелиорируемых земель	Октябрь-ноябрь	Бойко В.С., Дмитриев В.И., Тимохин А.Ю., Гавар С.П.
11	Расчет экономической эффективности использования мелиорируемых земель		
12	Подготовка рекомендаций по ведению усовершенствованной системы земледелия на мелиорируемых землях в Омской области		

График выездов в хозяйства

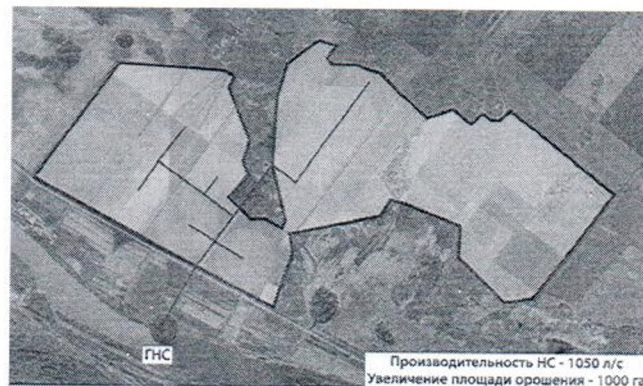
1.	18-20 июня	СПК «Ермак» Нововаршавского района ФГУП «Омское», СПК «Пушкинский»
2.	6-8 августа	СПК «Пушкинский» Омского района
3	13-15 августа	ФГУП «Омское» Омского района
4	13-14 сентября	Бывшая «Котовщикова» осушительная система Знаменского района
5	Май-октябрь	Научный стационар ФГБНУ «Омский АНЦ»

Потенциальные возможности ввода в эксплуатацию дополнительных площадей орошаемых земель в муниципальных районах Омской области
(по данным ФГБУ «Управление «Омскмелиоводхоз»)

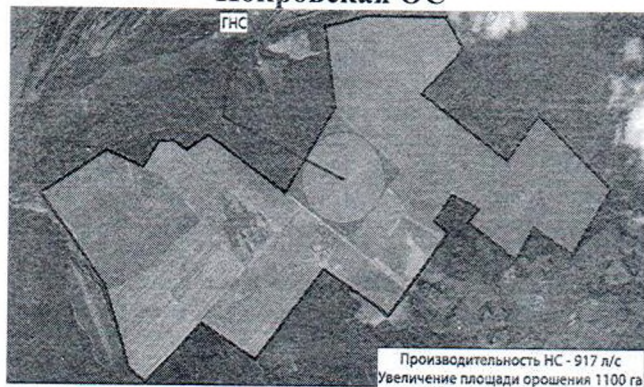
Сибирская ОС



Ачаирская ОС



Покровская ОС



Новоомская ОС



Пушкинская ОС



Рассветовская ОС



Таврическая ОС (НС II-1)



Таврическая ОС (НС II-2)



Потенциальные возможности ввода в эксплуатацию дополнительных площадей
орошаемых земель в муниципальных районах Омской области

(по данным ФГБУ «Управление «Омскмелиоводхоз»)

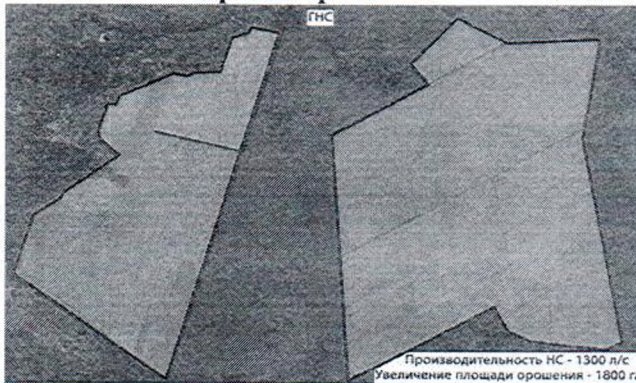
Большереченская ОС



Красногорская ОС



Красноярская ОС



Дружбинская ОС



Соляновская ОС



Иртышская ОС



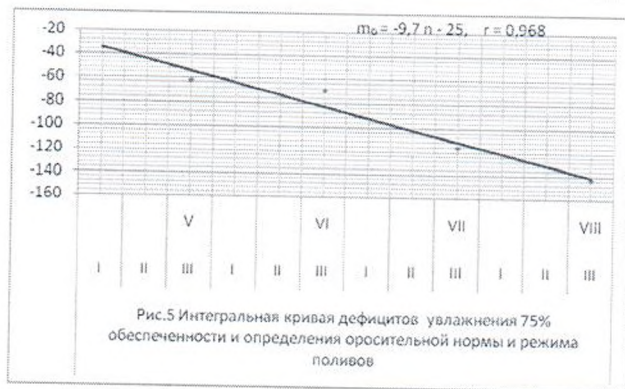
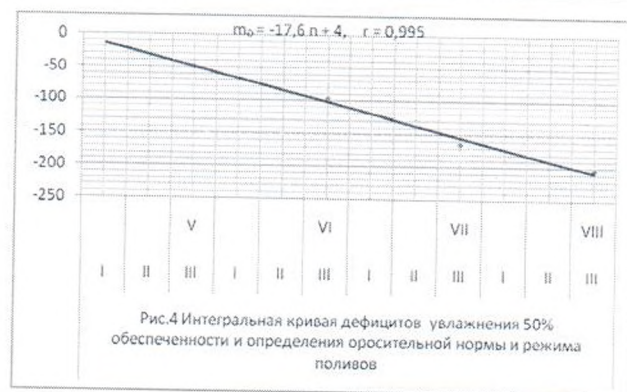
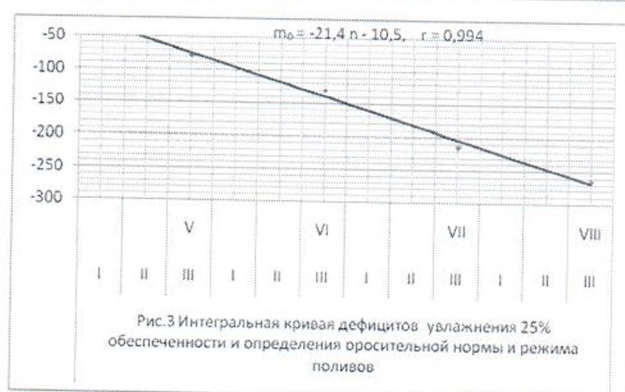
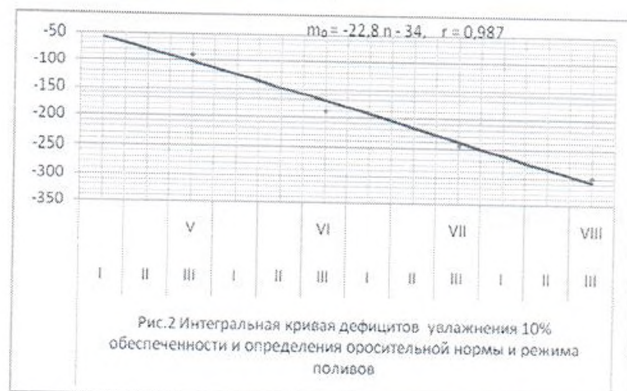
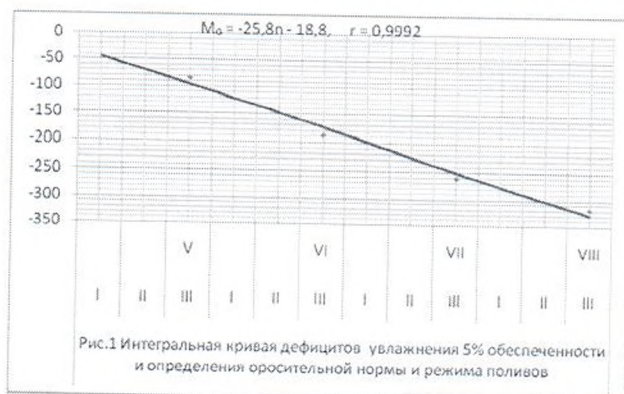
Любинская ОС



Почвенный индекс	Тип почвы
Чередовское сельское поселение	
38	Луговая среднемошная среднегумусовая тяжелосуглинистая
41	Луговая среднемошная среднегумусовая тяжелосуглинистая в комплексе от 10 до 25% с лугово-болотной перегнойной
54	Торфяная перегнойная глеевая низинная
58	Торфяная перегнойная низинная на мелких торфах
60	Торфяная перегнойная низинная на средних торфах
62	Торфяная перегнойная низинная на глубоких торфах
63	Торфяная перегнойная низинная осушенная на мелких и средних торфах
Завьяловское сельское поселение	
54	Торфяная перегнойная низинная осушенная на средних торфах
55	Торфяная перегнойная низинная осушенная на глубоких торфах
56	Торфяная перегнойная низинная осушенная на мелких торфах

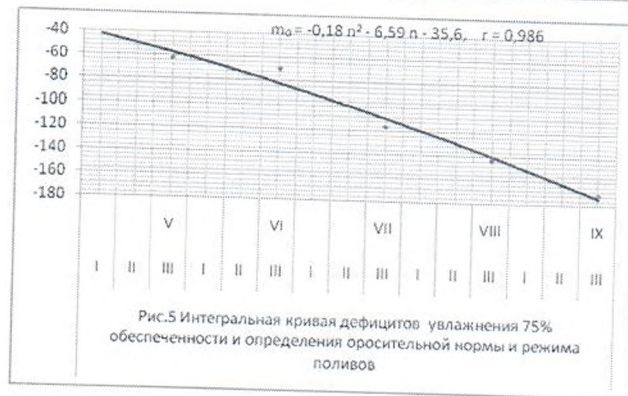
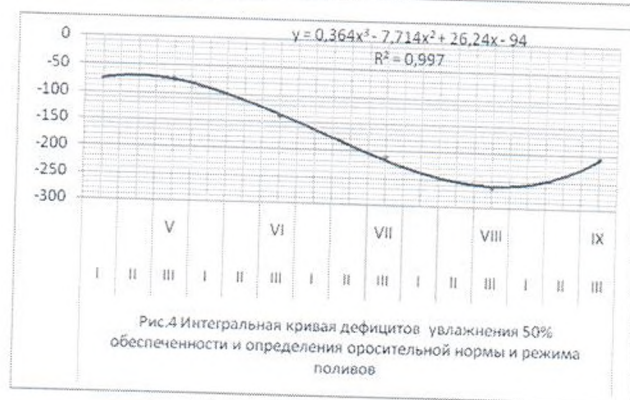
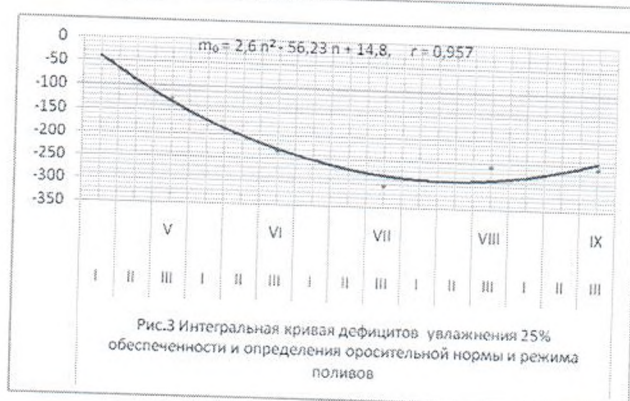
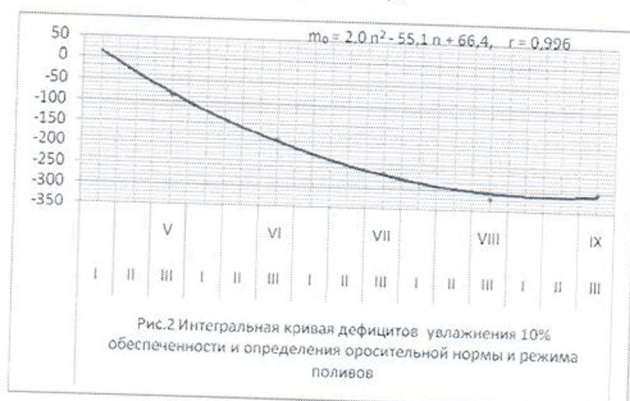
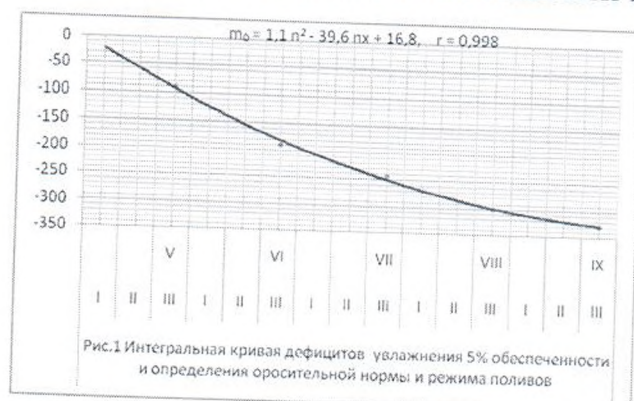
Приложение Д

Интегральные кривые дефицитов суммарного увлажнения яровой пшеницы при различной обеспеченности в южной лесостепи (Омск), мм

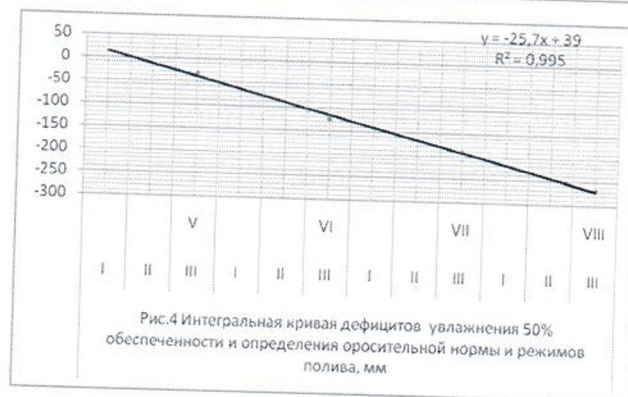
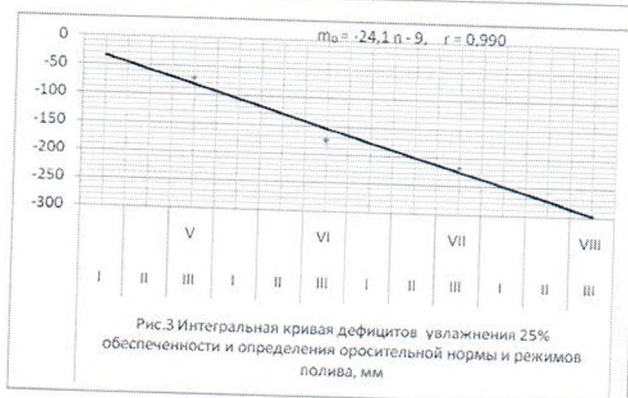
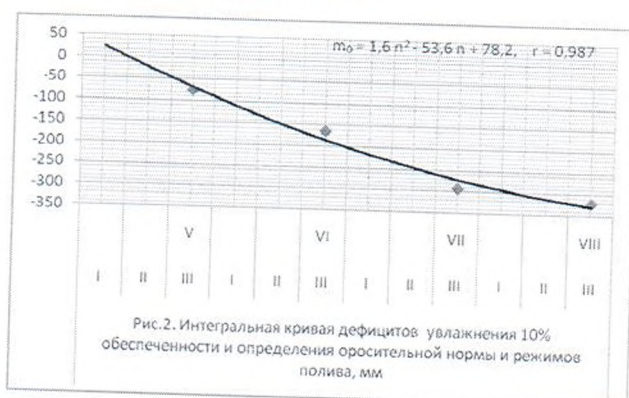
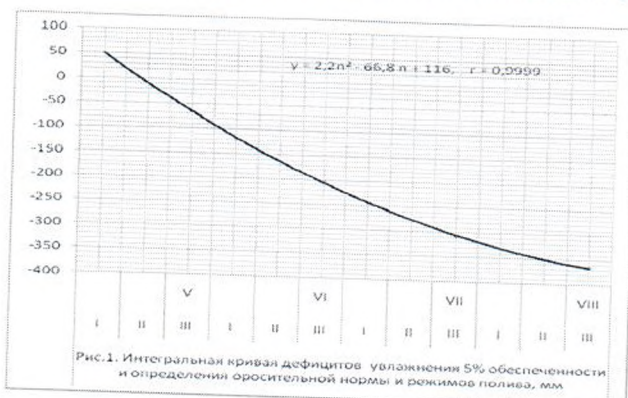


Продолжение приложения Д

Интегральные кривые дефицитов суммарного увлажнения многолетних трав при различной обеспеченности в южной лесостепи (Омск), мм



Приложение Е Интегральные кривые дефицитов суммарного увлажнения яровой пшеницы при различной обеспеченности в степной зоне (Черлак), мм



Продолжение приложения Е

Интегральные кривые дефицитов суммарного увлажнения многолетних трав при различной обеспеченности в степной зоне (Черлак), мм

