

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Департамент мелиорации

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПРОБЛЕМ МЕЛИОРАЦИИ»
(ФГБНУ «РосНИИПМ»)

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИЙ
ОРОШЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕСТНОГО СТОКА ДЛЯ
ОРОШЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО
НАЗНАЧЕНИЯ**

Новочеркасск 2015

Методические указания по совершенствованию технологий орошения и повышению эффективности использования местного стока для орошения земель сельскохозяйственного назначения подготовлены сотрудниками ФГБНУ «РосНИИПМ»: академиком РАН, доктором технических наук, профессором В. Н. Щедриным; доктором технических наук Ю. Ф. Снопичем, кандидатом технических наук Г. А. Сенчуковым; кандидатом сельскохозяйственных наук В. Д. Гостищевым; кандидатом технических наук А. С. Капустяном; кандидатом сельскохозяйственных наук Л. М. Докучаевой; кандидатом технических наук А. С. Штанько; кандидатом технических наук А. Л. Кожановым; кандидатом сельскохозяйственных наук А. А. Кузьмичевым.

Методические указания по совершенствованию технологий орошения и повышению эффективности использования местного стока для орошения земель сельскохозяйственного назначения одобрены на заседании секции мелиорации «26» марта 2015 года, утверждены и введены в действие приказом директора ФГБНУ «РосНИИПМ» № 21 от «29» июня 2015 года.

Содержание

Введение.....	5
1 Область применения.....	6
2 Термины и определения.....	6
3 Нормативно-правовая база использования водных объектов для орошения земель.....	7
4 Оценка целесообразности организации орошения на местном стоке.....	8
5 Инженерные изыскания.....	11
6 Технологии орошения.....	14
6.1 Способы орошения и поливная техника.....	18
6.2 Периодическое орошение.....	25
6.2.1 Условия применения.....	26
6.2.2 Модель процесса принятия решений при организации поливов.....	27
6.2.3 Методика расчета дополнительной площади периодического орошения.....	31
6.2.4 Методика расчета размеров емкости аккумулирующего водоема.....	33
6.3 Циклическое орошение.....	34
6.3.1 Условия применения циклического орошения.....	35
6.3.2 Мероприятия по фазам циклического орошения.....	36
6.3.3 Требования к культурам при циклическом орошении.....	37
6.3.4 Технология циклических поливов.....	39
7 Основные направления совершенствования технологий выращивания сельскохозяйственных культур в условиях орошения на местном стоке.....	42
7.1 Севообороты.....	42
7.2 Орошение.....	49
7.3 Агротехнические приемы.....	50
7.4 Сельскохозяйственное использование лиманов.....	51
8 Общие требования к проектированию и эксплуатации объектов на местном стоке.....	54
8.1 Водохранилища (пруды).....	54
8.2 Оросительная сеть.....	58

8.2.1 Условия применения мобильных оросительных комплексов.....	58
8.2.2 Структура мобильного оросительного комплекса и состав мобильного оросительного оборудования.....	60
8.2.3 Выбор дождевальной техники для использования в составе мобильного оросительного комплекса.....	64
8.2.4 Алгоритм расчета параметров мобильного оросительного комплекса.....	65
8.2.5 Типовые схемы и параметры мобильных оросительных комплексов.....	72
8.3 Системы лиманного орошения.....	77
8.3.1 Типы и конструкции.....	78
8.3.2 Принципы проектирования.....	86
8.3.3 Расчет и устройство систем лиманного орошения.....	88
8.3.4 Эксплуатация.....	94
8.4 Системы капельного орошения.....	95
8.4.1 Требования к технике и технологии капельного орошения.....	95
8.4.2 Организация системы капельного орошения.....	97
8.4.3 Оценка технологии полива.....	103
9 Мониторинг эколого-мелиоративного состояния орошаемого массива.....	105
10 Мониторинг безопасности гидротехнических сооружений.....	114
Заключение.....	117
Список использованных источников.....	118
Приложение А Почвенно-мелиоративная классификация оросительных вод.....	127
Приложение Б Основные условия, определяющие выбор поливной техники в зависимости от природохозяйственных факторов.....	129
Приложение В Предельно-допустимые и оптимальные параметры орошаемых почв в слое 0–40 см.....	134
Приложение Г Градация культурных растений по группам солеустойчивости.....	137
Приложение Д План размещения циклически орошаемых полей севооборота на оросительной системе.....	139

Введение

В настоящее время орошение на местном стоке практически утрачено, удельный вес местного стока в объеме орошения сократился с 30 % до 6 %. Технологии орошения на базе использования местного стока 50–60-х годов прошлого века морально и технически устарели и требуют существенного пересмотра с учетом современных требований, предъявляемым к оросительным системам нового поколения. Несмотря на это, объемы воды существующих прудов и водохранилищ, а также незадействованные резервы местного стока представляют собой значительный потенциал для развития орошения.

В настоящих методических указаниях впервые сделан комплексный подход к решению вопросов по эффективному использованию местного стока, разработаны усовершенствованные схемы и алгоритмы использования местного стока на основе периодического и циклического орошения. Предложены методы оценки целесообразности использования местного стока для целей орошения. Рассмотрены особенности выращивания сельскохозяйственных культур в условиях дефицита водных ресурсов. Сформулированы требования к агротехническим приемам, к проектированию и эксплуатации МС на местном стоке, организации мониторинга безопасного состояния гидротехнических сооружений и эколого-мелиоративного состояния орошаемых земель.

В методических указаниях использованы разработки ФГБНУ «РосНИИПМ»: авторское свидетельство № 1743481 «Способ мелиорации черноземов»; патент № 2467561 «Оросительная система с использованием местного стока»; патент № 2353088 «Оросительная система с использованием прудов-накопителей»; патент № 2401804 «Способ очистки дренажного стока и устройство для его осуществления»; патент № 2324331 «Способ мелиорации орошаемых черноземов».

1 Область применения

Методические указания рекомендуются для Минсельхоза России, региональных органов управления АПК, Федеральных государственных учреждений «Управления по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению», проектных и эксплуатационных организаций мелиоративной отрасли, отделов по сельскому хозяйству районов, органов муниципальных образований, сельхозтоваропроизводителей.

Методические указания предназначены для организации орошения с использованием вод местного стока на основе усовершенствованных технологий в умеренном и теплом почвенно-биоклиматических поясах с недостаточной и незначительной зонами увлажнения в степной, сухостепной и пустынно-степной областях.

2 Термины и определения

В методических указаниях использованы следующие термины и определения:

- местный сток – сток дождевых и (или) талых вод с малых водосборов, накапливаемый в малых водоемах (лиманах, озерах, прудах, малых водохранилищах) или стекающий по временным водотокам (оврагам, балкам и малым рекам) и не имеющий водохозяйственного значения без регулирования [1];

- технология орошения – совокупность операций и приемов регулирования водно-воздушного и мелиоративного состояния орошаемых почв при возделывании сельскохозяйственных культур на орошении [2];

- регулярное орошение – вид орошения земель, обеспечивающий ежегодный полив возделываемых культур на данном орошаемом массиве в соответствии с потребностью растений [3];

- циклическое орошение – вид орошения земель, предусматривающий поочередное использование полей севооборота в орошаемом и неорошаемом режимах [4];

- периодическое орошение – вид орошения земель, предусматривающий полив участков (дополнительных площадей), прилегающих к орошаемому массиву в зависимости от наличия излишков воды и технической возможности систем;

- лиманное орошение – вид орошения земель, предусматривающий повышение влагообеспеченности сельскохозяйственных угодий путем ак-

кумуляции стока талых и паводковых вод (местного стока) на пониженных или обвалованных участках (в чашах лиманов);

- система лиманного орошения – совокупность инженерных сооружений (плотины, пруды, водохранилища, вододерживающие и водораспределяющие валы, каналы, водосбросные сооружения и водообходы), предназначенных для затопления площади лимана водами [5];

- мобильный оросительный комплекс – комплекс взаимосвязанных элементов мобильного оросительного оборудования, предназначенный для орошения севооборотного участка;

- мобильное оросительное оборудование – набор элементов, применяемых для орошения сельскохозяйственных культур, включающий в себя передвижные насосные станции, водопроводящие разборные трубопроводы или другие виды сборно-разборных водоводов, технические средства транспортировки и монтажа элементов мобильного оросительного оборудования, оросительная техника, которые не являются стационарными и могут перемещаться и устанавливаться на различных полях орошаемого севооборота.

3 Нормативно-правовая база использования водных объектов для орошения земель

Основными нормативно-правовыми документами, регламентирующими использование водных объектов для орошения земель, являются:

- Водный кодекс РФ [6];
- Водная стратегия РФ на период до 2020 года [7];
- постановление Правительства РФ от 12 мая 2008 г. № 165 «О подготовке и заключении договора водопользования» [8];
- Федеральный закон «О мелиорации земель» от 10 января 1996 г. № 4-ФЗ [9].

Водный кодекс Российской Федерации регулирует отношения в области использования и охраны водных объектов и устанавливает правовой режим имущественных прав на водные объекты, а также содержит много новых норм, правил и положений, разработанных с учетом действующей конституции Российской Федерации и нового гражданского законодательства.

При решении вопросов, касающихся целесообразности использования водных объектов для целей орошения, принимается во внимание постановление Правительства РФ от 30 декабря 2006 г. № 876 «О ставках

платы за пользование водными объектами, находящимися в федеральной собственности» [10].

Водная стратегия определяет основные направления деятельности по развитию водохозяйственного комплекса России, обеспечивающего устойчивое водопользование, охрану водных объектов и защиту от негативного воздействия вод. Она закрепляет базовые принципы государственной политики в области использования и охраны водных объектов с целью сохранения водных экосистем и создания условий для эффективного взаимодействия участников водных отношений.

Постановление Правительства РФ «О подготовке и заключении договора водопользования» регламентирует правила подготовки и заключения договора водопользования.

Федеральный закон «О мелиорации земель» регламентирует правовые основы деятельности в области мелиорации земель, определяет полномочия органов государственной власти, органов местного самоуправления по регулированию указанной деятельности, а также права и обязанности граждан (физических лиц) и юридических лиц, осуществляющих деятельность в области мелиорации земель и обеспечивающих эффективное использование и охрану мелиорированных земель.

4 Оценка целесообразности организации орошения на местном стоке

Целесообразность строительства оросительной системы (ОС) с использованием вод местного стока определяется с помощью алгоритма, приведенного на рисунке 1.

Качество оросительной воды оценивают по агрономическим, экологическим и техническим критериям (ГОСТ 17.1.2.03-90) [11].

Агрономические критерии определяют качество воды для орошения по ее воздействию:

- на почвы с целью сохранения и повышения плодородия и предотвращения процессов засоления, осолонцевания, содообразования, слитизации нарушения микробиологического режима;
- урожайность сельскохозяйственных культур по валовому сбору и интенсивности развития;
- качество сельскохозяйственной продукции, в особенности на формирование ее полноценности, доброкачественности и сохранности.

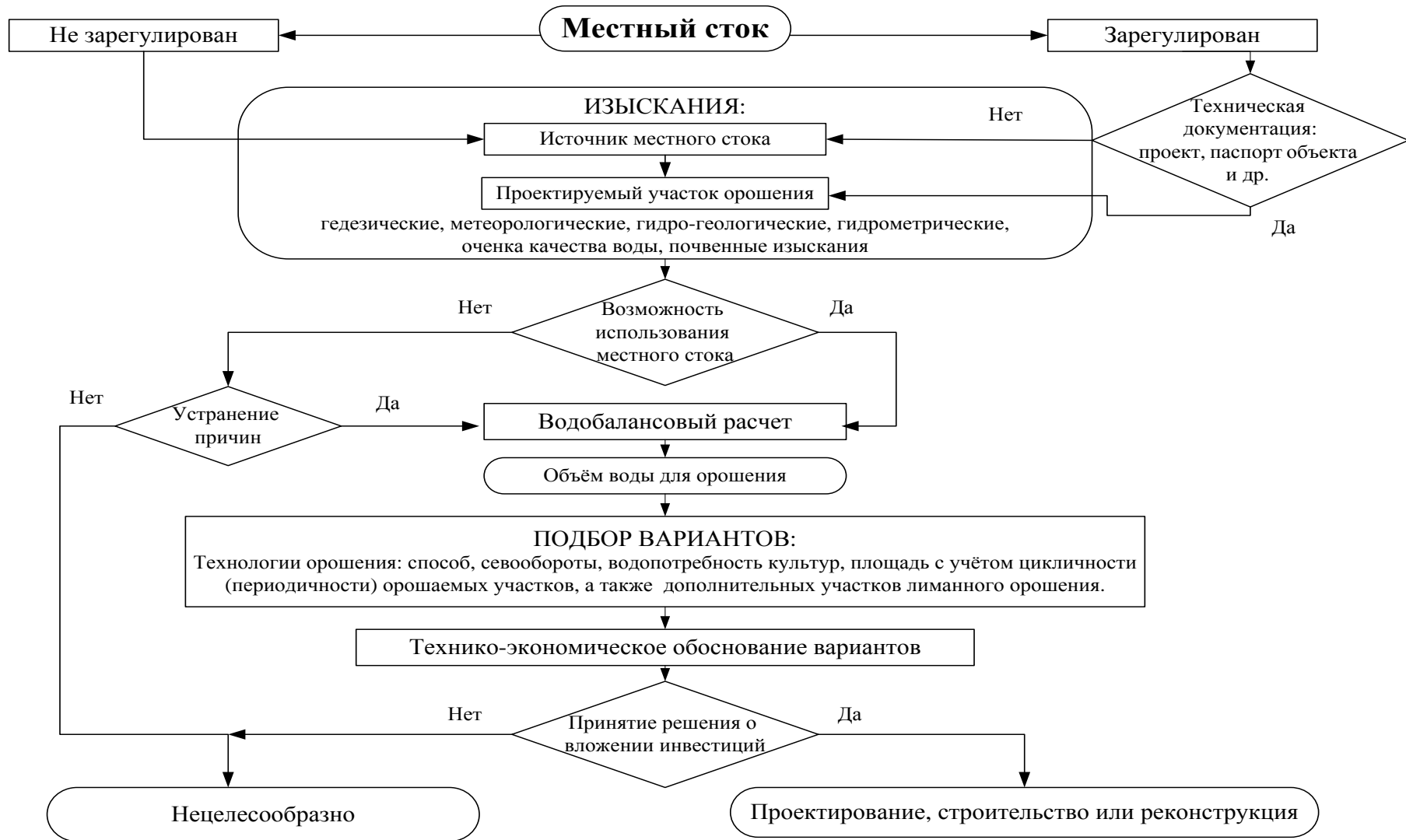


Рисунок 1 – Схема принятия решения о целесообразности строительства оросительной системы на местном стоке

Экологические критерии определяют качество воды для орошения с учетом необходимости обеспечения безопасной санитарно-гигиенической обстановки на данной территории и охраны окружающей среды.

Технические критерии определяют качество воды для орошения с точки зрения воздействия на сохранность и эффективность эксплуатации гидромелиоративных систем и их составных частей.

Качество оросительной воды оценивают комплексно с учетом влияния на почвы, растения и сооружения, подводящие воду от источника до орошаемого поля.

Для почвенно-мелиоративной оценки качества оросительной воды по степени опасности развития процессов общего (минерализация воды) и хлоридного (Cl⁻) засоления, натриевого (Na⁺/Ca²⁺) и магниевое (Mg²⁺/Ca²⁺) осолонцевания и содообразования почв [(CO₃²⁻ + HCO₃⁻)-(Ca²⁺+Mg²⁺)] пользуются таблицей приложения А, в которой приведена характеристика четырех классов качества воды применительно к почвам с различным механическим составом и емкостью поглощения [12].

Далее на основании инженерных изысканий источника местного стока и потенциального участка орошения предварительно дается оценка их возможного использования. При отрицательной оценке рассматривают мероприятия по устранению данных причин. Если это невозможно по какой-то причине, то следует отказаться от орошения.

При благоприятных условиях использования местного стока продолжают следующие работы. По водобалансовому расчету источника воды определяют гарантированные и возможные дополнительные объемы воды, предполагаемые к забору для нужд орошения. Исходя из конкретных условий местности и объемов воды, разрабатываются варианты элементов, слагающих технологию орошения. Основные элементы технологии орошения на местном стоке, которые необходимо рассчитать и выбрать: средства забора и доставки воды; севообороты, учитывающие водопотребность культур; способы орошения; площадь участков с учетом цикличности (периодичности) орошения, а также возможные дополнительные участки лиманного орошения.

Наиболее удачные варианты по компоновке оросительной сети и включающие технические решения по комплексному использованию местного стока подлежат технико-экономическому обоснованию проекта орошения, после чего сравниваются между собой. В результате выбора окончательного варианта и его дополнительной оценки принимается решение по вложению инвестиций в строительство оросительной системы на местном стоке.

5 Инженерные изыскания

Для оценки целесообразности строительства оросительной системы с использованием вод местного стока необходимо проведение комплекса инженерных изысканий. Так как речь идет о регулировании и использовании местного стока, то особое внимание в этом плане следует уделить гидрометеорологическим и геологическим изысканиям.

Инженерные изыскания для разработки рабочих проектов, согласно действующей инструкции, следует выполнить в соответствии с требованиями действующих отраслевых и строительных норм и правил:

- СНиП 11-02-96 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения [13];
- СП 11-102-97 Инженерно-экологические изыскания для строительства [14];
- СП 11-103-97 Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства [15];
- СП 11-104-97 Инженерно-геодезические изыскания для строительства [16];
- СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства [17];
- ВСН 33-2.1.02-91 Гидромелиоративные системы и сооружения. Почвенные изыскания для мелиоративного строительства [18];
- ВСН 33-2.1.05-90 Гидромелиоративные системы и сооружения. Гидрогеологические и инженерно-геологические изыскания [19];
- ВСН 33-2.1.07-90 Гидромелиоративные системы и сооружения. Инженерно-геодезические изыскания [20];
- ВСН 33-2.1.10-91 Гидромелиоративные системы и сооружения. Инженерно-гидрометеорологические изыскания [21].

Инженерные изыскания для строительства (СНиП 11-02-96) [13] обеспечивают комплексное изучение природных и техногенных условий территории (региона, района, площадки, участка, трассы) объектов строительства, составление прогнозов взаимодействия этих объектов с окружающей средой, обоснование их инженерной защиты и безопасных условий жизни населения.

В состав инженерных изысканий для строительства входят следующие основные их виды: инженерно-геодезические, инженерно-геологические, инженерно-гидрометеорологические, инженерно-

экологические изыскания, изыскания грунтовых строительных материалов и источников водоснабжения на базе подземных вод.

К инженерным изысканиям для строительства также относятся:

- геотехнический контроль;
- обследование грунтов оснований фундаментов зданий и сооружений;
- оценка опасности и риска от природных и техноприродных процессов;
- обоснование мероприятий по инженерной защите территорий;
- локальный мониторинг компонентов окружающей среды;
- геодезические, геологические, гидрогеологические, гидрологические, кадастровые и другие сопутствующие работы и исследования (наблюдения) в процессе строительства, эксплуатации и ликвидации объектов;
- научные исследования в процессе инженерных изысканий для строительства предприятий, зданий и сооружений;
- авторский надзор за использованием изыскательской продукции в процессе строительства в составе комиссии (рабочей группы);
- инжиниринговые услуги по организации и проведению инженерных изысканий.

Инженерно-геодезические изыскания для строительства должны обеспечивать получение топографо-геодезических материалов и данных о ситуации и рельефе местности (в том числе дна водотоков, водоемов и акваторий), существующих зданиях и сооружениях (наземных, подземных и надземных), элементах планировки, необходимых для комплексной оценки природных и техногенных условий территории строительства и обоснования проектирования, строительства и эксплуатации объектов.

Инженерно-геологические изыскания должны обеспечивать комплексное изучение инженерно-геологических условий района проектируемого строительства, включая геологическое строение, геоморфологические и гидрогеологические условия, состав, состояние и свойства грунтов, геологические и инженерно-геологические процессы, изменение условий освоенных территорий, составление прогноза возможных изменений инженерно-геологических условий в сфере взаимодействия проектируемых объектов с геологической средой с целью получения необходимых и достаточных материалов для проектирования, строительства и эксплуатации объектов.

Инженерно-гидрометеорологические изыскания должны обеспечивать комплексное изучение гидрометеорологических условий территории строительства и прогноз возможных изменений этих условий в результате взаимодействия с проектируемым объектом с целью получения необходимых и достаточных материалов и данных для принятия обоснованных проектных решений.

Изучению при инженерно-гидрометеорологических изысканиях подлежат:

- гидрологический режим (рек, озер, водохранилищ, болот, устьевых участков рек, временных водотоков, прибрежной и шельфовой зон морей);
- климатические условия и отдельные метеорологические характеристики;
- опасные гидрометеорологические процессы и явления;
- техногенные изменения гидрологических и климатических условий или их отдельных характеристик.

Инженерно-экологические изыскания выполняются для экологического обоснования строительства и иной хозяйственной деятельности с целью предотвращения, снижения или ликвидации неблагоприятных экологических и связанных с ними социальных, экономических и других последствий и сохранения оптимальных условий жизни населения.

Инженерно-экологические изыскания должны обеспечивать:

- комплексное изучение природных и техногенных условий территории, ее хозяйственного использования и социальной сферы;
- оценку современного экологического состояния отдельных компонентов природной среды и экосистем в целом, их устойчивости к техногенным воздействиям и способности к восстановлению;
- разработку прогноза возможных изменений природных (природно-технических) систем при строительстве, эксплуатации и ликвидации объекта;
- оценку экологической опасности и риска;
- разработку рекомендаций по предотвращению вредных и нежелательных экологических последствий инженерно-хозяйственной деятельности и обоснование природоохранных и компенсационных мероприятий по сохранению, восстановлению и оздоровлению экологической обстановки;
- разработку рекомендаций и (или) программы организации и проведения локального экологического мониторинга, отвечающего этапам (стадиям) предпроектных и проектных работ.

Назначение и необходимость отдельных видов работ и исследований, условия их взаимозаменяемости устанавливаются в программе инженерных изысканий на основе технического задания заказчика в зависимости от вида строительства, характера и уровня ответственности проектируемых сооружений, особенностей природно-техногенной обстановки, степени экологической изученности территории и стадии проектных работ.

6 Технологии орошения

Задачей технологии орошения является создание благоприятных условий роста и развития растений на основе выявления биологических, физических, химических, технических и других закономерностей с целью определения и использования на практике наиболее эффективных агротехнических приемов возделывания сельскохозяйственных культур, требующих наименьших затрат времени и материальных ресурсов, при сохранении экологически устойчивой и благоприятной среды обитания человека [21–23].

Выбор способов и техники полива является звеном технологии орошения и определяется рядом технических и технологических показателей. Для полного сопряжения техники и способов полива с природно-климатическими и агротехническими условиями, сохранения и повышения плодородия орошаемых земель, улучшения их экологической ситуации необходимо проведение дополнительных, помимо поливов, операций, которые в совокупности с поливами и составляют технологию орошения. Во всех случаях она складывается из следующих основных операций:

- полива сельскохозяйственных культур (режим орошения);
- регулирования пищевого режима орошаемого поля (внесение минеральных и органических удобрений, сидерации);
- регулирования солевого режима почв (химмелиорации, мелиоративные обработки);
- регулирования уровня грунтовых вод (применение закрытой оросительной и поливной сети, строгое дозирование поливных норм, устройство дренажа);
- комплекса противоэрозионных агромелиоративных мероприятий.

Все эти операции могут осуществляться в полном перечисленном составе или в различных сочетаниях в зависимости от почвенных, рельефных, гидрогеологических и агробиологических условий.

Выбор технологии орошения определяется следующими показателями:

- скоростью впитывания воды в почву;
- степенью естественной дренированности территории;
- уровнем залегания грунтовых вод;
- уровнем минерализации грунтовых вод;
- степенью засоления почв;
- плодородием почв (бонитировочный балл);
- уклонами поверхности орошаемого массива;
- качеством оросительной воды (класс воды по С. Я. Бездниной).

Для выбора технологий орошения необходимо установить качественные значения типовых показателей по трехбалльной системе: низкий, средний, высокий. Количественные значения типовых качественных показателей сгруппированы в таблице 1 [11].

Таблица 1 – Количественные значения типовых качественных показателей выбора технологии орошения

Наименование показателя	Размерность	Показатель (качественное значение)		
		низкий	средний	высокий
		Критериальное значение показателя (количественное)		
Впитывающая способность почв	см в первый час	< 3,0	3,0–7,0	7,0–10,0
Уклон поверхности орошаемого массива	–	< 0,005	0,001–0,005	< 0,001
Степень естественной дренированности	м ³ /га в год	500–1500	1500–3000	> 3000
Уровень залегания грунтовых вод	м	< 2,0	2,0–3,0	> 3,0
Степень минерализации грунтовых вод	г/л	> 5,0	3,0–5,0	< 3,0
Степень засоления почв	%	> 1,0	1,0–0,5	< 0,5
Плодородие почв (бонитировочный балл)	баллы	< 80	80–100	> 100
Качество оросительной воды (по С. Я. Бездниной)	класс	III	II	I

При проектировании орошаемых участков, имея по материалам изысканий количественные значения типовых качественных показателей, устанавливают набор необходимых операций, определяющих технологию орошения, а по впитывающей способности почв, максимальному уклону местности и величине максимальной поливной нормы подбирают технику полива.

Если впитывающая способность почв характеризуется средним и высоким значениями, предпочтение отдается дождевальной технике. При низкой впитывающей способности предпочтение отдается поверхностным способам полива, и если по тем или иным причинам их невозможно применить, то применяется дождевание на фоне мелиоративных мероприятий, обеспечивающих повышение впитывающей способности почв (рыхление, щелчевание и т. д.) и не допускающих ирригационной эрозии.

Степень естественной дренированности территории определяет необходимость применения дренажа или комплекса противифльтрационных мероприятий. При средней и высокой дренированности территории, при оросительных нормах до 3000 м³/га систематический дренаж не применяется. Возможно применение выборочного дренажа в местах разгрузки грунтовых потоков. При низкой естественной дренированности во всех случаях требуется устройство систематического и выборочного дренажа, даже если показатель залегания грунтовых вод высокий (превышает 3 м).

Уровень залегания грунтовых вод (УГВ) и степень их минерализации определяют необходимость устройства дренажа и величину поливной нормы. При близком залегании УГВ (< 3,0 м) устройство дренажа обязательно. При среднем и высоком показателях залегания УГВ необходимость устройства дренажа определяется степенью естественной дренированности территории. Степень минерализации грунтовых вод определяет предельно допустимый УГВ и максимальное значение поливной нормы (режим орошения). При низкой степени минерализации грунтовых вод (< 3,0 г/л) возможно смыкание оросительной воды с грунтовыми водами, при средней (3–5 г/л) и большой минерализации (> 5 г/л) смыкание недопустимо, требуется устройство дренажа и жесткое нормирование поливных норм.

Степень засоления почв определяет выбор мелиоративных мероприятий, предупреждающих деградацию и снижение плодородия почв. При низкой степени засоления почв (< 0,5 %) и орошении пресной водой можно обойтись такими агроприемами, как внесение органических удобрений. При средней степени засоления почв (0,5–1,0 %) необходимо предусмотреть мелиоративную обработку и проведение фитомелиораций. С ростом степени засоленности (> 1 %) наряду с мелиоративной обработкой и проведением фитомелиораций необходимо предусматривать химмелиорации, а при наличии дренажа – промывки.

Низкое значение бонитировочного балла (< 80) орошаемых почв требует применения комплекса агро-мелиоративных мероприятий, таких как фитомелиорация, внесение оптимальных норм органических и минеральных

удобрений. При средних значениях бонитировочного балла (80–100) необходимо применять комплекс агромелиоративных мероприятий путем проведения фитомелиораций и внесения умеренных доз органических и минеральных удобрений, повышающих продуктивность орошаемых земель до уровня проектных значений. Орошаемые земли с уровнем бонитировочного балла 100 и более требуют внесения органических и минеральных удобрений, покрывающих вынос питательных веществ вместе с урожаем сельскохозяйственных культур и предупреждающих снижение плодородия почв.

Качество оросительной воды оказывает сильное влияние на протекание почвенных процессов, изменение их водно-физических свойств и урожайность сельскохозяйственных культур. Для оценки качества оросительной воды в мелиорации используют классификацию, представленную в приложении А [11], как наиболее полно отражающую механизм воздействия оросительной воды на почвенные процессы и, в зависимости от класса воды, предусмотрен комплекс мероприятий, снижающих ее негативное воздействие.

С учетом обоснованных допустимых нагрузок на природную среду, объемов и состава мелиоративных мероприятий определяют пределы изменения основных типовых показателей мелиоративных режимов. В результате анализа этих показателей выявляют допустимые пределы вариаций, составов операций и приемов, которые используют при выборе приемлемого варианта технологии орошения.

Оптимальные параметры технологии орошения соответствуют минимуму или максимуму функции цели (показателя сравнения выбранных вариантов технологии орошения) [21]. В качестве таких функций (показателей) могут быть выбраны следующие:

- минимальные удельные приведенные затраты на приобретение (аренду) и эксплуатацию необходимой поливной и другой мелиоративной техники, совместно с комплексом сопутствующих мероприятий на единицу стоимости продукции, полученной в результате орошения;
- максимальная продуктивность за ряд лет орошения при соблюдении принятой технологии орошения;
- максимальный коэффициент экономической эффективности используемой технологии орошения с учетом вариации урожайности по годам.

6.1 Способы орошения и поливная техника

Способы орошения являются одними из основных элементов в технологии орошения.

Для локальных участков орошения на местном стоке приемлемы следующие способы орошения:

- дождевание – создание искусственного дождя;
- поверхностное – распределение воды по поверхности земли с помощью борозд, полос или затоплением чеков;
- внутрипочвенное – подача воды непосредственно в корнеобитаемую зону почвы по увлажнителям или подъем уровня грунтовых вод;
- капельное – локальное орошение с помощью микроводовыпусков, поливных капельниц.

Основное назначение и условия применения различных способов орошения приведены в таблицах 2 и 3 [11].

Таблица 2 – Основное назначение различных способов орошения

Способ орошения	Увлажнение почвы	Увлажнение воздуха	Влагозарядка	Промывка от солей	Внесение удобрений	Орошение сточными водами	Терморегуляционное увлажнение растений	Провокационный полив для роста сорняков
Дождевание	+	+	×	+	+	×	+	+
Поверхностное	+	×	+	+	×	+	–	+
Внутрипочвенное	+	–	–	–	+	+	–	–
Капельное	+	–	–	–	+	–	–	–
Примечание – «+» – обеспечивает; «–» – не обеспечивает; «×» – частично обеспечивает.								

По типу забора воды из источника орошения на местном стоке следует рассматривать самотечные и с машинным водоподъемом. В условиях, когда орошаемый участок находится ниже водоисточника, устраивают также самонапорные закрытые системы, использующие разницу гидравлического напора в трубопроводах.

Таблица 3 – Применение различных способов орошения в неблагоприятных природно-климатических условиях

Способ орошения	Засоленные почвы	Легкие песчаные почвы	Тяжелые почвы	Сложный рельеф	Большие уклоны	Близко расположенные минерализованные воды	Дефицит водных ресурсов	Минерализованная поливная вода	Сильный ветер
Дождевание	–	+	×	+	+	+	+	–	×
Поверхностное	+	×	+	×	×	×	×	×	+
Внутрипочвенное	–	×	×	×	+	–	+	–	+
Капельное	–	×	+	+	+	–	+	–	+
Примечание – «+» – применимо; «–» – неприменимо; «×» – частично применимо.									

При выборе способа орошения и поливной техники нужно учитывать следующие факторы:

- климатические факторы: увлажненность территории, испаряемость, температура и влажность воздуха, ветровой режим (скорость и направление ветра);

- почвенные факторы: гранулометрический состав, влагоемкость, водопроницаемость, степень засоления, мощность почвенного покрова и устойчивость почв против водной эрозии;

- геоморфологические факторы: уклон поверхности земли и протяженность склонов;

- гидрологические факторы: глубина залегания и минерализация грунтовых вод;

- биологические факторы: требование культур к режиму орошения, характер развития растений;

- водохозяйственные факторы: размещение и специализация сельскохозяйственного производства, севообороты (размер полей и виды севооборотов, организация территории, конфигурация участков орошения);

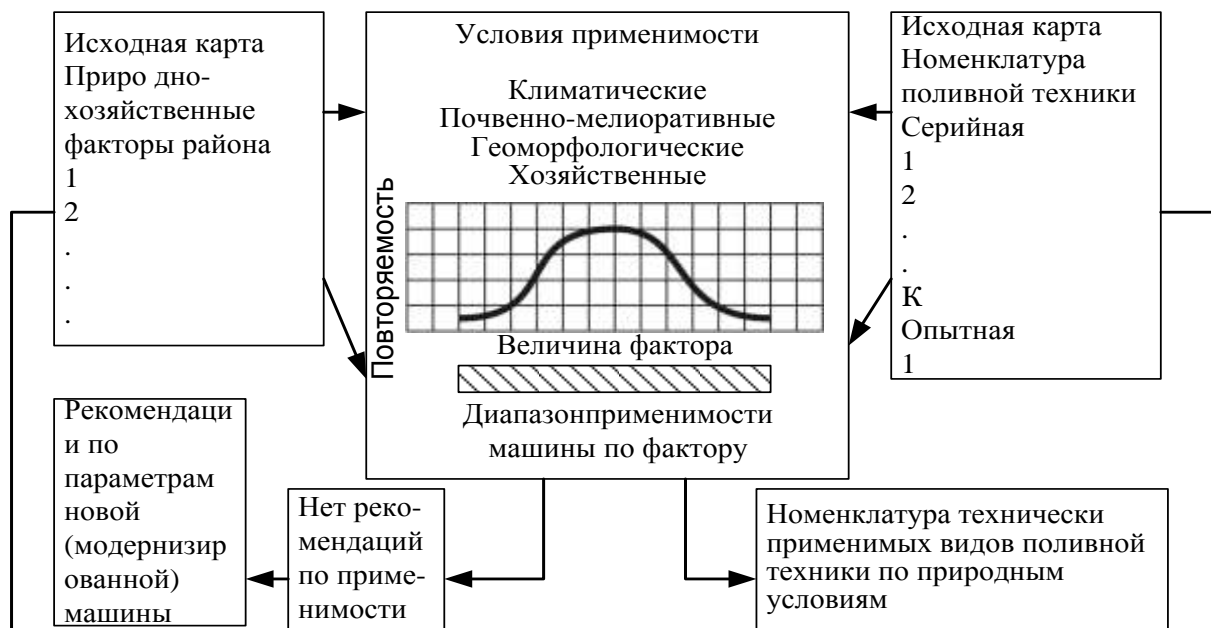
- хозяйственные факторы;

- экономические и другие факторы.

Основные условия, определяющие способ орошения и технику полива, приведены в приложении Б. Окончательное решение принимают на основе анализа экономических показателей [11].

Блок-схема выбора и взаимодействия условий применения поливной техники приведена на рисунке 2.

I этап. Оценка технической применимости поливной техники



II этап. Определение параметров работы поливной техники



III этап. Оценка экономической эффективности применения поливной техники



Рисунок 2 – Блок-схема выбора поливной техники для конкретного массива орошения

Способ орошения и поливная техника являются неотъемлемыми важными составляющими технологии орошения и являются базовыми составляющими для ее совершенствования.

Эффективным и малоэнергоёмким способом использования вод местного стока может быть применение его для лиманного орошения (ЛО) [5, 11, 24–27].

Системы ЛО следует проектировать в районах неустойчивого увлажнения, когда использование местного поверхностного стока для регулярного орошения по природным условиям технически невозможно или экономически нецелесообразно (СНиП 2.06.03-85) [28]. Это наиболее легко осуществимое инженерно-мелиоративное мероприятие, так как сводится к насыпке земляных валов, предназначенных для задержания на определенной площади непродуцируемо стекающих вод весеннего половодья.

ЛО можно устраивать в малонаселенных районах при использовании степных участков, речных долин, пойм рек, замкнутых котловин, склонов с уклоном местности до 0,05, с хорошо одернованной поверхностью на незасоленных и слабозасоленных почвах под естественные сенокосы, кормовые, зерновые и зернобобовые культуры.

Применение ЛО способствует уменьшению половодий и усилению внутреннего влагооборота, уменьшению размывов почвы и роста оврагов.

В то же время ЛО обеспечивает предупреждение почвенной засухи и последующее улучшение земель, что приводит к росту урожайности и продуктивности сельскохозяйственных угодий.

При выборе ЛО в качестве основного способа использования вод местного стока необходимо учесть следующие позиции:

- продуктивность лиманных земель выше богарных при выращивании зерновых 1,5–2,5 раза; силосных культур (кукурузы) и многолетних трав – в 4–5 раз; естественных сенокосов и пастбищ – в 5–7 раз. При этом урожайность яровых зерновых культур достигает 2–2,5 т/га; сеяных многолетних трав – в 4–6 т/га; зеленой массы силосных культур (кукурузы, сорго, подсолнечника) – 25–30 т/га; зерна початков кукурузы – 8 т/га;

- невысокая строительная стоимость (затраты на строительство в 10-15 раз ниже стоимости регулярного орошения);

- автоматизация по распределению воды и простота эксплуатации;

- положительное воздействие на микроклимат территории, на почвообразовательные процессы и внутрипочвенный влагооборот;

- природоохранный комплекс – защита территорий от размыва паводковыми и ливневыми водами; защита рек от заиления путем аккумуляции твердого стока; промывка родников, ключей и питание рек чистыми водами за счет перевода поверхностного стока в грунтовый.

К недостаткам относятся колебания орошаемой площади по годам, связанные со стихийными изменениями величины местного стока. Кроме того, при строительстве глубоководных лиманов возникает существенная неравномерность увлажнения разных частей, что ведет к засолению и заболачиванию.

В настоящее время, в связи с созданием крупных водохранилищ и обводнительно-оросительных систем, а также наличием мощных насосов и передвижных НС, открыты возможности для устранения больших изменений орошаемой площади лиманов по годам из-за резких колебаний величины стока.

Многие участки ЛО могут эксплуатироваться ежегодно как постоянно, периодически или циклически орошаемые. Появилась возможность проводить не только весеннее однократное затопление площади, но и двукратный полив растений в период их вегетации, что обеспечит устойчивый урожай сельскохозяйственных культур независимо от стока талых вод. Наибольшую ценность в этом отношении представляют ирригационно освоенные системы ЛО.

Существуют различные схемы и способы затопления участков ЛО. В качестве водоисточника может быть использован:

- сток весенних талых и ливневых вод (с прилегающих водосборных территорий);
- паводковые воды рек;
- воды местных источников (прудов, озер, рек);
- оросительные, сбросные и коллекторно-дренажные воды ОС.

На стадии предпроектных изысканий возможность применения ЛО определяют в первую очередь следующие условия:

- наличие местного стока не менее 0,4–0,5 л/сек с квадратного километра. При меньшем стоке требуется большая площадь водосбора для заполнения одного гектара лимана, что технически более сложно;
- при поверхностном стоке не более 0,9–1,0 л/сек с 1 км² необходимо наличие балок, из которых зарегулированный сток в прудах может подаваться на лиманы самотеком или насосами;

- наличие спокойного рельефа с уклонами не более 0,002. При большом уклоне придется располагать валы по склону чаще, что усложняет работу машин на поле и удорожает строительство.

При проектировании систем ЛО необходим учет совокупности конкретных почвенных, гидрогеологических и климатических условий района, где оно осуществляется. Каждая система ЛО, осуществляемая в том или ином конкретном районе, будет экономически целесообразна только в том случае, если она будет запроектирована в полном соответствии с существующими данной местности гидролого-климатическими и почвенно-геологическими условиями.

Климатологические факторы и в первую очередь естественное увлажнение территории определяют норму лиманного орошения. Естественное увлажнение территории зависит от количества выпадающих осадков по периодам года и продуктивной их части, идущей на пополнение почвенной влаги. Продуктивная часть осадков в свою очередь зависит от температурного режима данной территории и ее почвенного покрова. Гидрологические факторы связаны с климатологическими факторами, влияют на величину стока, который может быть использован для ЛО. От рельефа территории в большинстве случаев зависит выбор схем ЛО, а иногда вообще возможность осуществления этого способа орошения. Почвенные условия территории и в первую очередь водопроницаемость почвы также определяют выбор схемы ЛО и возможность его устройства. От характера сельскохозяйственного использования зависит выбор схемы ЛО и величина оросительной нормы. При проектировании системы ЛО необходимо заранее определить предполагаемый характер сельскохозяйственного использования площадей, так как проектируемый водный режим должен быть согласован и увязан с биологическими особенностями сельскохозяйственных культур, возделываемых на лиманах, что в свою очередь повлияет на конструктивные особенности системы.

Совершенствование технологии орошения на местном стоке может быть реализовано как сочетание современной блочно-модульной компоновки оросительной системы в комплексе с ЛО. Например, весной, когда источники орошения наиболее полноводны, а на орошаемых участках, еще достаточно увлажненных талыми водами, идет предпосевная обработка почвы, посев, нарезка временной оросительной сети и другие сельскохозяйственные работы, из водохранилищ, прудов, а также ОС после их заполнения сбрасываются впустую огромные объемы воды. Осенью осуществляют заравнивание временной оросительной сети, уборку урожая,

вспашку зяби и посев озимых культур, что также препятствует подаче оросительной воды на поля и сокращает ее потребление. Кроме того, глубокой осенью большинство каналов ОС опорожняется, и целые реки оросительной воды уходят через сбросные сооружения. А между тем сбросные воды целесообразно было бы использовать для влагозарядки лиманов с целью обеспечения будущих урожаев сельскохозяйственных культур.

Капельное орошение в настоящее время является одним из интенсивно развивающихся способов орошения. Системы капельного орошения (СКО) обеспечивают водой и питательными элементами корнеобитаемую зону растения напрямую через встроенные в полиэтиленовых трубках капельницы, которые могут быть расположены на поверхности почвы или ниже. Практика применения СКО показала, что правильно спроектированные и управляемые системы могут увеличивать урожайность при одновременной экономии воды, удобрений, энергии и денежных средств.

Использование капельного орошения позволяет снизить оросительные нормы более чем на 50 % по сравнению с традиционными способами, вносить удобрения для получения максимальных урожаев запланированного качества. Его возможно применять при повышенной минерализации воды, на полях неправильной формы, при наличии малодебитных источников водоснабжения и использовании местного стока, резервы которого на Юге России составляют до 7,0 км³/год, что может обеспечить полив на площади около 2,0 млн га [29].

Применение капельного орошения во многих странах мира доказало его достоинства, среди которых [30, 31]:

- повышение урожайности культуры с одновременным снижением поливных норм и уменьшением затрат воды на получение единицы продукции;
- уменьшение площади увлажняемой зоны и, как следствие, снижение потерь влаги за счет испарения;
- возможность проведения поливов при сильном ветре с сохранением равномерности распределения влаги на орошаемом участке;
- отсутствие необходимости тщательной планировки орошаемого участка, так как поливные трубопроводы с компенсирующими давление капельницами позволяют применять их в самых сложных топографических условиях при отсутствии поверхностного стока;
- снижение оросительных норм, практически исключая возможность фильтрации в нижележащие горизонты, позволяет применять СКО на территориях с залеганием уровня грунтовых вод выше, чем допу-

стимо для других способов полива без опасности вторичного засоления;

- предоставляется возможность проведения сельскохозяйственных работ во время орошения;
- обеспечивается подача удобрений непосредственно в корнеобитаемый слой;
- исключаются периферийные потери воды;
- уменьшается количество сорняков в междурядьях;
- при переходе от других типов орошения к капельному процесс адаптации происходит быстро и без проблем;
- улучшение экологической обстановки за счет исключения водной эрозии и стока с участков, где применяется капельное орошение;
- возможность использования на крутых склонах, где методы могут вызвать чрезмерную эрозию.

Недостатки капельного орошения [29, 31]:

- высокая стоимость (в зависимости от материала – от 80 до 120 тыс. руб/га);
- большое количество пластмассовых труб, которые необходимо утилизировать, следовательно, увеличение количества отходов (ежегодно приходится менять капельные линии, т. к. аккуратно собрать их с поля крайне затруднительно, а на 1 га приходится от 10 до 12 км);
- засорение капельниц (достигает до 30 % за поливной сезон, а промывка их крайне затруднительна);
- непригодность для использования в качестве противозаморозкового орошения, т. к. приземный воздух не увлажняется;
- при определенных типах почв и поливной воды возможно увеличение концентрации солей в зоне смоченного контура, влекущее за собой опасность их попадания в корневой горизонт в случае длительного выпадения осадков небольшими расходами;
- отсутствует эффект «смягчения» микроклимата (влажность и температура воздуха могут оказывать существенное влияние на рост и развитие некоторых культур).

6.2 Периодическое орошение

В относительно влажные годы, когда оросительные нормы всех выращиваемых культур значительно снижаются, на ОС появляются неиспользованные лимиты воды, часть которых, как правило, сбрасывается.

Помимо этого, в многоводные годы при аккумуляции местного стока производятся сбросы не востребуемых объемов воды.

Перспективным решением повышения эффективности использования водных ресурсов на ОС в таких случаях является применение неиспользованных лимитов поливной воды для периодического орошения дополнительных площадей. Ряд авторов, в т. ч. специалисты ФГБНУ «РосНИИПМ», рекомендуют при орошении сельскохозяйственных угодий в зоне неустойчивого увлажнения использовать периодическое орошение для более рационального потребления водных, трудовых и материальных ресурсов [32–35]. Это повышает суммарную эффективность использования воды, дождевальной техники, улучшает почвенно-мелиоративные условия и т. д. Применение полустационарных или мобильных оросительных систем при периодическом орошении и реконструкция стационарной сети для периодического орошения позволит существенно снизить эти потери [36, 37]. Использование периодического орошения дополнительных площадей в наибольшей степени отвечает условиям орошения на базе местного стока при быстрой смене дождливых периодов засушливыми, сокращает затраты машинного и ручного труда.

Основными факторами, влияющими на получение неиспользованных лимитов на регулярных площадях орошения во влажные годы, являются метеоусловия (температура воздуха, влажность воздуха, атмосферные осадки и др.) и контроль состояния площадей орошения. Контроль состояния необходимо проводить как на регулярных площадях, так и на выделенных дополнительных площадях периодического орошения. Общий алгоритм обоснования применимости периодического орошения представлен на рисунке 3 [38].

6.2.1 Условия применения

Условия применения периодического орошения:

- система периодического орошения не имеет жестко привязанной к площадям оросительной техники, техника появляется на системе периодического орошения в случае простоев при обслуживании традиционной оросительной системы;
- площади системы периодического орошения не постоянны, а изменяются в зависимости от обеспеченности дефицита водного баланса;

- в состав сельскохозяйственных культур, возделываемых при системе периодического орошения, необходимо включать культуры, способные произрастать при богарных условиях;

- оросительная техника, применяемая в системе периодического орошения, должна быть мобильна.

При отсутствии или недостатке дождевальной техники полив можно производить поверхностными способами.



Рисунок 3 – Общий алгоритм обоснования применимости периодического орошения

6.2.2 Модель процесса принятия решений при организации поливов

Для организации поливов площадей периодического орошения необходимо учесть ряд факторов. Для формализации задачи выражаем в математическом виде модель процесса принятия решений (ППР) при организации поливов площадей периодического орошения [39]:

$$M = \langle S_0, T, Q, S, A, B, Y, f, K, Y^* \rangle, \quad (1)$$

где S_0 – проблемная ситуация;

T – время для принятия решения;

Q – другие ресурсы, необходимые для принятия решения;

S – множество альтернативных ситуаций, которые доопределяют проблемную ситуацию S_0 ;

A – множество целей, влияющих на ППР;

B – множество ограничений;

Y – множество альтернативных решений;

f – функция предпочтения лица, принимающего решение;

K – множество критериев выбора наилучшего решения;

Y^* – оптимальное решение.

Проблемная ситуация (S_0) – организация полива площадей периодического орошения в годы обеспеченности дефицита водного баланса более 25 %, не допустить влажность завядания на регулярных и дополнительных площадях орошения.

Время для принятия решения (T) зависит от средств обеспечения контроля состояния и средств обработки информации, необходимой для принятия того или иного решения, и должно стремиться к минимуму, не превышая то время, которое необходимо для понижения влажности почвы от 100 % до 70 % НВ.

Другие ресурсы (Q), необходимые для принятия решения: данные по влажности почвы, запасам влаги в почве, виду сельскохозяйственных культур, возделываемых как на регулярных, так и на дополнительных площадях, испарению и эвапотранспирации, наличие неиспользованных лимитов воды, необходимых для орошения дополнительных площадей и по простоям дождевальными машинами на регулярных площадях орошения.

Множеством альтернативных ситуаций (S), которые доопределяют проблемную ситуацию, может быть увеличение урожая и, соответственно,

получение дополнительной прибыли за счет полива дополнительных площадей периодического орошения.

Множество целей, влияющих на ППР (A), – получение дополнительной продукции на площадях периодического орошения, рациональное использование трудовых и материальных ресурсов, дождевальная техника.

Множество ограничений (B) является не нарушение водного режима почвы на площадях регулярного орошения, т. е. не допустить снижение влажности почвы ниже 80–70 % НВ.

Функция предпочтения лица, принимающего решение (f), – освобождение техники, простой техники, влагозапасы, регулярная площадь орошения.

Множество критериев выбора наилучшего решения (K) – рамки, ограничивающие принятие решений.

Оптимальное решение (Y^*) – сопоставление множества критериев для принятия оптимального решения.

Визуализация процесса организации периодического орошения представлена на рисунке 4 [40].

Последовательность процесса организации периодического орошения состоит из шести блоков:

- расчет площади периодического орошения;
- выбор участка под периодическое орошение;
- выбор схемы периодического орошения и состава оборудования;
- расчет технических характеристик системы периодического орошения;
- выбор технологии перемещения и монтажа системы периодического орошения;
- стоимостная оценка системы периодического орошения.

Данный подход обеспечивает поэтапное проведение процесса организации периодического орошения специалистами сельскохозяйственных, проектных, других заинтересованных организаций.

Варианты устройств системы периодического орошения могут быть разнообразны.

В таблице 4 представлены возможные варианты устройства системы периодического орошения для различных способов подачи воды на участок [39].

В случае неприемлемого технического решения (подача воды самотечная и материал трубы) такое решение исключается, так как при самотечной подаче трубопровод не требуется.



Рисунок 4 – Схема организации системы периодического орошения

Таблица 4 – Варианты устройства системы периодического орошения

Признак	Альтернативный вариант (номер столбца)			
	1	2	3	4
1 Подача воды	самотечная	с машинным водоподъемом	самотечно-напорная	–
2 Материал трубы	металл	полиэтилен	асбестоцемент	стеклопластик
3 Тип соединения	сварное	фланцевое	муфтовое	–
4 Тип водозабора	открытый водоисточник	гидрант напорной сети	–	–
5 Наличие прудонакопителя (бассейн суточного регулирования)	есть	нет	–	–
6 Способ орошения	поверхностное	дождевание	капельное	внутрипочвенное

6.2.3 Методика расчета дополнительной площади периодического орошения

При определении возможной площади периодического орошения необходимо исходить из следующих соображений. Каждое хозяйство, вне зависимости от складывающихся погодных условий, должно полностью использовать воду на орошение. При сокращении расхода воды на площадях регулярного орошения в относительно влажные годы и периоды вода должна использоваться для полива дополнительных площадей.

Для расчета дополнительной площади периодического орошения необходимо иметь следующие исходные данные:

- площадь регулярного орошения;
- фактическую структуру посевов на площади регулярного орошения;
- планируемую структуру посевов на площади дополнительного орошения;
- оросительные нормы возделываемых культур или, при их отсутствии, многолетние ряды метеорологических данных по ближайшей метеостанции для расчета.

Расчет величины оросительных норм сельскохозяйственных культур в годы различной обеспеченности водного баланса проводим методом А. М. Алпатьева и С. М. Алпатьева [39].

Вначале определяем суммарное испарение E , мм:

$$E = k \cdot \sum d, \quad (2)$$

где k – коэффициент биологической кривой, определяемый путем деления валового расхода воды на сумму дефицитов влажности воздуха;

$\sum d$ – сумма дефицитов влажности воздуха за тот же период, мм.

Оросительные нормы сельскохозяйственных культур, возделываемых на площадях регулярного орошения M , м³/га, берутся из литературных источников или определяются по формуле:

$$M = E \sum P, \quad (3)$$

где $\sum P$ – сумма осадков за вегетацию, мм.

Средневзвешенная оросительная норма на площади регулярного орошения M_{ce}^p , м³/га, определяется по формуле:

$$M_{ce}^p = \frac{M_1^p \cdot K_1 + M_2^p \cdot K_2 + \dots + M_n^p \cdot K_n}{K_1 + K_2 + \dots + K_n}, \quad (4)$$

где $M_{1..n}^p$ – оросительные нормы возделываемых сельскохозяйственных культур, м³/га;

$K_{1..n}$ – коэффициент, учитывающий долю культуры в структуре посевных площадей, %.

Объем неиспользованных лимитов оросительной воды на 1 га площади регулярного орошения в год обеспеченности дефицита водного баланса более 25 % ΔM_{ce}^p , м³/га, определяем по разности:

$$\Delta M_{ce}^p = M_{ce}^{25} - M_{ce}^p, \quad (5)$$

где M_{ce}^{25} – средневзвешенная оросительная норма в год 25 % обеспеченности дефицита водного баланса, м³/га;

M_{ce}^p – средневзвешенная оросительная норма в расчетный год обеспеченности дефицита водного баланса, м³/га.

Суммарная величина уменьшения объема воды со всей площади регулярного орошения в средние и в средневлажные годы, V^p , м³, равняется:

$$V^p = \Delta M_{ce}^p \cdot S_p, \quad (6)$$

где S_p – площадь регулярного орошения, га.

Площадь дополнительного орошения S_o , га, определяем по формуле:

$$S_o = \frac{V^p \cdot \eta}{M_o^p}, \quad (7)$$

где η – проектируемый коэффициент полезного действия оросительной сети (0,8–0,95);

M_o^p – оросительная норма культуры на участке дополнительного орошения или средневзвешенная оросительная норма на участке дополнительного орошения, рассчитываемая таким же образом, что и для площади регулярного орошения в расчетный год обеспеченности дефицита водного баланса, м³/га.

6.2.4 Методика расчета размеров емкости аккумулирующего водоема

Для определения емкости аккумулирующего водоема (пруда-накопителя) для орошаемого массива необходимо по гидромодулю рассчитать суточную норму водоподачи на площадь орошения Q , м³ [39]. Она составит:

$$Q = 3,6 \cdot q \cdot t \cdot S, \quad (8)$$

где q – ордината расчетного гидромодуля, л/с на 1 га;

t – продолжительность водоподачи, час (24);

S – площадь орошения (нетто), га.

Рабочая емкость пруда-накопителя W_p , м³, определяется по зависимости:

$$W_p = Q \cdot t_0, \quad (9)$$

где t_0 – количество запасо-дней воды, сут.

Полезный объем воды или объем, используемый на орошение сельскохозяйственных культур W_n , м³, рассчитывается по зависимости:

$$W_n = W_p - (E + f), \quad (10)$$

где E – испарение с поверхности водоема, м³;

f – потери на фильтрацию воды, м³.

Для приближенных расчетов можно воспользоваться формулой:

$$W_n = W_p \cdot \eta, \quad (11)$$

где η – коэффициент полезного действия водоема (0,7–0,8).

Величина мертвого объема $W_{мо}$, м³, назначается исходя из срока заиливания, а также обеспечения командования при самотечной подаче воды

на орошение и санитарно-гигиенических требований и определяется по зависимости:

$$W_{\text{мо}} = \frac{V_c \cdot \rho}{1000 \cdot \gamma} \cdot T, \quad (12)$$

где V_c – среднегодовой объем сбросов, м³;

ρ – мутность воды в канале, кг/м³;

γ – объемная масса наносов, т/м³;

T – заданный срок службы, лет.

Полный объем водоема W , м³, равен:

$$W = W_p + W_{\text{мо}}. \quad (13)$$

В случае необходимости устройства нескольких водоемов, общую емкость делят на их количество.

6.3 Циклическое орошение

При орошении на местном стоке возможна ситуация, когда из-за неудовлетворительного эколого-мелиоративного состояния часть орошаемых площадей целесообразно на некоторое время переводить в неорошаемый цикл сельскохозяйственного использования, для того чтобы предотвратить возникновение таких отрицательных последствий, которые неизбежно возникают при проведении регулярного орошения (засоление, заболачивание, слитизация, потеря агрономически ценных почвенных агрегатов), оставляя в то же время поливы необходимым ресурсом сельскохозяйственного производства.

В бездренажных условиях наблюдается поднятие уровня грунтовых вод, которые зачастую являются минерализованными. Эти негативные явления проявляются при орошении пресными водами, но еще более усугубляются и ускоряются при поливах слабоминерализованными водами [41], что характерно для вод местного стока.

Основная цель циклического орошения – не доводить почву до границы неудовлетворительного эколого-мелиоративного состояния, а вовремя снизить оросительные нормы, или вообще прекратить поливы на определенный период для восстановления природного плодородия. Для сохранения благоприятных мелиоративных условий в каждой ландшафтно-климатической зоне объемы перемещаемых водных, почвенных и солевых «масс» не должны превышать природные 40–50-летние ритмы. В этом случае циклы 80–100 лет нивелируют отрицательные последствия регулярного орошения. Орошение в таких природно-хозяйственных условиях целесообразно

осуществлять по принципу передвижных циклических мелиораций, когда процесс производства сельскохозяйственной продукции основан на сочетании циклов богарного и орошаемого земледелия [42–44].

6.3.1 Условия применения циклического орошения

Основные положения оптимального использования технологий циклического орошения следующие [42, 44–46]:

- пространственно-временная организация циклического орошения агроландшафтов должна быть максимально приближенной к их природной структуре и динамике;

- циклическое орошение не должно менять благоприятный водный и солевой режимы, особенности которых предопределили формирование конкретной почвы;

- в зависимости от зоны естественного увлажнения, каждое поле севооборота должно находиться в условиях искусственного орошения в течение 20–50 % продолжительности ротации принятого севооборота;

- в севооборотах следует предусматривать определенный набор засухоустойчивых и влаголюбивых культур с режимом орошения, обеспечивающим водосбережение и экологическую безопасность почв;

- водораспределительная сеть, оросительная техника и другое оборудование должны быть полустационарно-мобильного исполнения и так спроектированы и сконструированы, чтобы не только обеспечить расчетный режим орошения каждого поля севооборота в каждый оросительный период его ротаций, но и быть ежегодно загруженными, чтобы исключить простои, консервацию отдельных ее элементов и звеньев;

- в зависимости от водообеспеченности текущего года полустационарно-мобильная оросительная система должна предусматривать возможность переброски какой-то части водораспределительной сети, оросительной техники и оборудования на соседние богарные поля (даже за пределы данного севооборота) для орошения дополнительной площади за счет имеющегося резерва оросительной воды;

- циклическое орошение полей севооборотов должно производиться там, где оно экономически целесообразно и экологически безопасно.

Достоинством циклического орошения по сравнению с регулярным является снижение водной нагрузки на почвы, что позволяет решить одновременно вопросы оптимального состояния почв и рационального использования водных ресурсов.

При расчете оросительных норм необходимо исходить из условий восстановления нарушенного распашкой гидротермического режима с учетом наиболее полного использования ресурсов естественного увлажнения за счет применения агротехнических и агролесотехнических мелиораций, а также учесть индекс сухости и поверхностный сток [47]. Средне-многолетняя величина оросительной нормы для сухостепной зоны должна быть $\leq 200\text{--}250$ мм, а степной $\leq 120\text{--}140$ мм [48].

Перерыв в орошении на три года и переход на богарное земледелие положительно сказываются на снижении уровня грунтовых вод и выносе из почвы солей.

6.3.2 Мероприятия по фазам циклического орошения

Согласно схеме циклического орошения, обоснование выбора мероприятий должно начинаться с оценки состояния орошаемого массива [46]. Для этих целей используются показатели и критерии состояния почв, которые характеризуют оптимальные параметры (ОП) и предельно-допустимые параметры (ПДП) (приложение В) [48, 49].

Согласно критериям следует выбрать начальную и последующие фазы циклического орошения (рисунок 5).

При вступлении в неорошаемый режим в последние годы орошаемой фазы в осваиваемых почвах должны быть устранены негативные процессы, которые могут быть ликвидированы только путем коренной мелиорации и на фоне уровня грунтовых вод, расположенных ниже критического уровня, а именно:

- при наличии токсичных солей выше предельно-допустимых концентраций (ПДК) следует провести промывки для устранения вторичного засоления;

- для исключения солонцеватости, щелочности и уплотнения необходимо провести комплексную мелиорацию, включая химическую, с целью оптимизации кальциевого режима.

Дальнейшее доведение свойств почв до оптимальных параметров осуществляется в неорошаемых условиях.

Расчеты показывают, что дефицит гумуса между ОП и ПДП составляет около 20 т/га, 13–15 т/га следует компенсировать при осуществлении химической мелиорации, которую, по разработкам РосНИИПМ, рекомендуется проводить удобрительно-мелиорирующими компостами или сочетая кальцийсодержащие вещества (гипс, фосфогипс) и органику [46, 48].

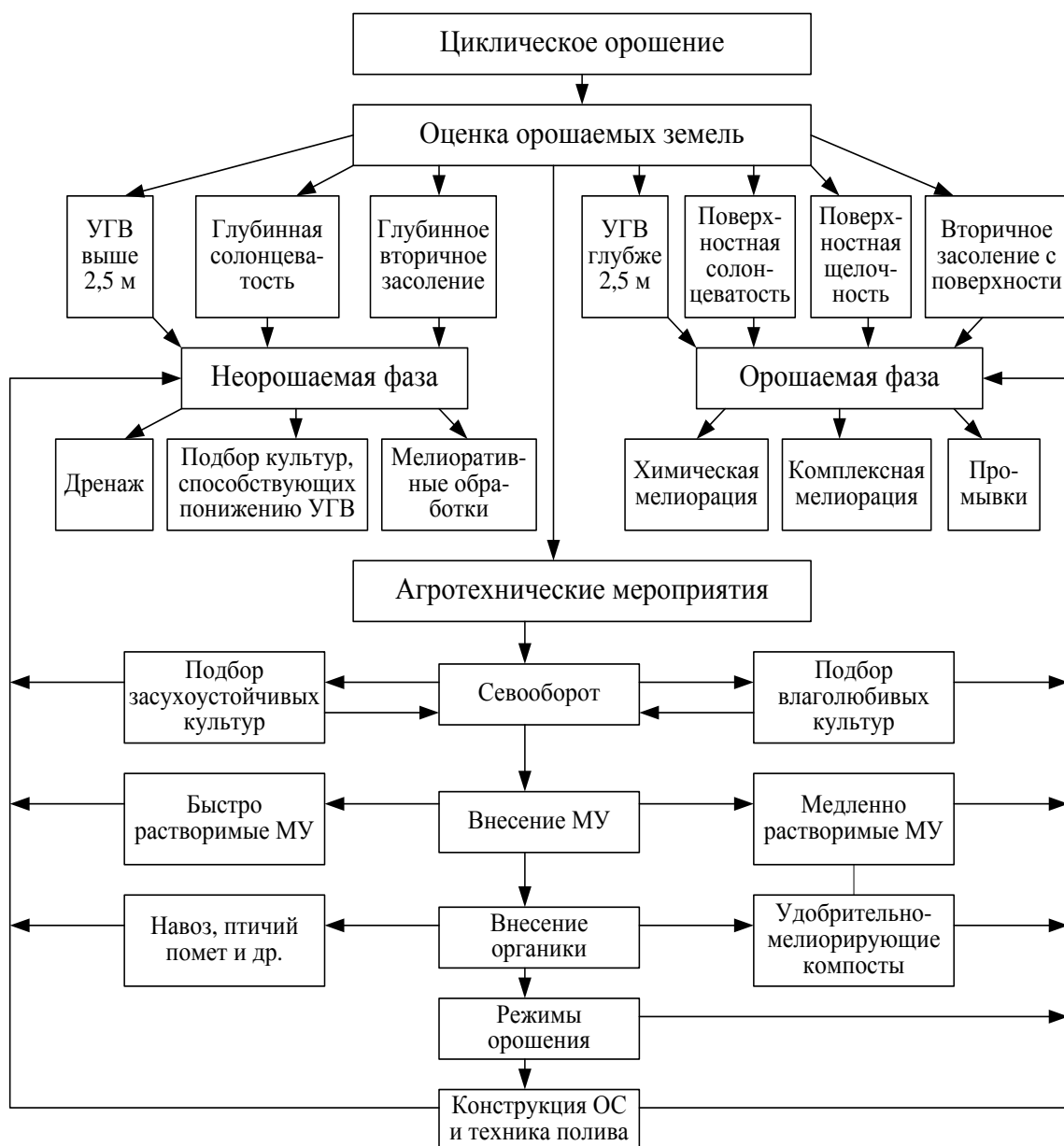


Рисунок 5 – Схема циклического орошения и мероприятий, проводимых в каждую из его фаз

Остальные запасы гумуса должны быть восполнены в неорошаемую фазу. Продолжительность неорошаемой фазы определяется сроком накопления гумуса, необходимого для получения почв с ОП, а это зависит от правильного подбора культур.

6.3.3 Требования к культурам при циклическом орошении

В первую очередь при неорошаемом режиме необходимо осваивать малотребовательные к влаге культуры, оптимум влажности почв при выращивании которых составляет менее 70 % от НВ: свекла, люцерна, пше-

ница, рожь, ячмень, хлопчатник, подсолнечник, просо, сорго, горчица, лен. Этот ряд культур, с учетом их продуктивности и оставляемых после себя пожнивно-корневых остатков, представлен в таблицу 5 [46].

Таблица 5 – Образование гумуса в зависимости от выращивания сельскохозяйственных культур в неорошаемых условиях

Культура, требующая влажности почв менее 70 % НВ	Урожайность основной продукции, ц/га	Количество пожнивных и органических остатков, ц/га	Коэффициент гумификации сухой массы пожнивно-корневых остатков	Образование гумуса, ц/га	Средняя величина образования гумуса, ц/га
Свекла (кормовые корнеплоды)	200–300	26–36	0,1	2,6–3,6	3,1
Люцерна на сено (многолетние бобовые травы)	30–50	45–65	0,2	9,4–13,0	11,2
Озимая пшеница	20–40	35–44	0,2	7,0–8,8	7,9
Озимая рожь	14–30	18–36	0,2	3,6–7,2	5,4
Ячмень на зерно	18–22	27–31	0,2	5,4–6,2	5,8
Просо на семена	15–20	19,5–26	0,2	3,9–5,2	4,6
Сорго: на семена	15–30	19,5–36	0,2	3,9–7,2	5,6
на зеленую массу	200–300	40–42	0,2	8,0–8,4	8,2
Горчица: на семена	12–15	15,6–19,5	0,2	3,1–3,9	3,5
на зеленую массу	200–250	40–37,5	0,2	8,0–7,5	7,8
Подсолнечник на семена	14–27	18,2–32,4	0,2	3,6–6,5	5,1
Лен: на волокно	7–8	7,7–8,8	0,2	1,5–1,8	1,7
на семена	4–5	5,6–7,0	0,2	1,1–1,4	1,3

При составлении примерной схемы чередования культур в неорошаемой фазе при циклическом орошении и с учетом использования люцерны в первый год рекомендуется возделывать озимую рожь на зерно. В этот же год в зиму целесообразно высеять люцерну под покров ячменя.

Пшеница более требовательна к органике, а свойства почв после возделывания люцерны восстанавливаются практически до ОП. За пять лет накопление гумуса по расчетам должно составить 5,6 т/га. Кроме того, озимая пшеница способствует образованию гумуса в пределах 0,7–0,9 т/га.

Примерная стоимость продукции засухоустойчивых культур представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Примерная стоимость продукции засухоустойчивых культур

Культура	Урожай, т/га	Кормовая единица	Стоимость, тыс. руб.
Кормовая свекла сах.	20–30	2,4–3,6 5,2–7,8	7,2–10,8 15,6–23,4
Люцерна на сено	3–5	1,5–2,5	4,5–7,5
Озимая пшеница	2–4	2,38–4,76	7,1–14,3
Озимая рожь	1,4–3,0	1,62–3,48	4,9–10,4
Ячмень на зерно	1,8–2,2	2,03–2,49	6,01–7,5
Просо	1,5–2,0	1,74–2,32	5,2–7,0
Сорго на семена, зеленую массу	1,5–3,0 20–30	1,74–3,48 3,8–5,7	5,2–10,4 11,4–17,1
Горчица на семена зеленую массу	1,2–1,5 20–25	1,4–1,7 3,8–4,8	4,2–5,1 11,4–14,4
Подсолнечник	1,4–2,7	2,03–3,9	6,1–11,8
Лен на волокно, на семена	0,4–0,5	0,6–0,7	1,8–2,1
Примечание – Стоимость 1 тонны кормовых единиц принята 3000 руб.			

При циклическом орошении устраняются негативные последствия, возникающие при поливах слабоминерализованной водой неблагоприятного состава. В ряде случаев циклическое орошение позволит избежать необходимости в устройстве дренажа, выращивая в богарный период культуры, обладающей хорошей биологической способностью дренажа (люцерна, озимая пшеница и т. д.).

6.3.4 Технология циклических поливов

Одно из возможных технических решений для осуществления предлагаемой технологии орошения представлено на рисунке 6.

Разработанная технология циклического орошения, подтвержденная авторским свидетельством с участием сотрудников РосНИИПМ [50], предусматривает, что за каждую ротацию севооборота каждое поле восьмипольного севооборота будет под орошением только четыре года, то есть 50 % продолжительности ротации, а четыре года восстанавливает утраченные качества.

лок 2, а дождевальные шлейфы – по направлению стрелок 13. Другие четыре поля Д, Б, Ж, Г остаются без орошения. После завершения оросительного периода для полей А, В, Е, И (четыре года), оросительное оборудование перемещается на поля Д, Б, Ж, Г.

С этой целью трубопроводы 6 перемещаются по направлению стрелки 9 на позицию 7. К трубопроводу 6, перемещаемому на новое поле, перемещаются трубопроводы 10 по направлению стрелок 2, а к ним подключаются дождевальные шлейфы.

Как видно из схемы, магистральный канал (трубопровод) должен быть рассчитан на пропуск 50 % расхода, необходимого для орошения восьмипольного севооборота при общепринятом, существующем способе орошения: на участке работают только четыре распределительных трубопровода 6, одновременно орошающие только четыре поля (из восьми).

Поэтому магистральный трубопровод может быть уложен из труб меньшего диаметра (или из лотков меньших размеров) и т.д. Распределительные же трубопроводы 6 должны обеспечить 100 % -ную подачу воды для возможности осуществления оптимального режима орошения самой влаголюбивой культуры и принятого севооборота при ее размещении на любом поле.

Аналогично разработаны схемы, при которых орошение каждого поля продолжается в течение 20–50 % времени ротации севооборота, что подтверждено патентом РФ № 2353088 (приложение Д) [50].

Продолжительность цикла орошения может составлять от четырех до шести лет. Такой способ применим при осуществлении циклического орошения на почвах, не подвергшихся негативному воздействию длительного орошения.

Данный способ мелиорации черноземов используется при орошении для сохранения и восстановления природного плодородия черноземов, предотвращения анаэробных процессов и процессов вторичного засоления при минимальных удельных капитальных и эксплуатационных затратах оросительной сети за счет мобильности оборудования и его более продолжительного использования во времени. На орошаемом участке, в зависимости от зоны естественного увлажнения, формируют севообороты с чередованием влаголюбивых и засухоустойчивых культур. Каждое поле за период ротации севооборота эксплуатируется в режиме орошения в пределах 20–50 % времени ротации. В остальные периоды поле используется как богарное в условиях естественного водного и теплового режимов данного региона и оптимальных агротехнических приемов обработки почвы, при

этом ежегодно производят их корректировку с учетом особенностей текущего гидрологического режима и метеорологического прогноза предстоящего года.

Решение задач циклического орошения достигается включением в оросительную систему прудов-накопителей, расположенных на распределительных каналах, где поливная вода приобретает необходимые для полива характеристики, а также отходящих от прудов-накопителей поливных каналов, расположенных по горизонталям местности и соединенных в концевой части попарно сбросными каналами со следующей парой поливных каналов.

7 Основные направления совершенствования технологий выращивания сельскохозяйственных культур в условиях орошения на местном стоке

Совершенствование технологий выращивания сельскохозяйственных культур в условиях орошения на местном стоке должно осуществляться за счет: оптимизации севооборотов, рационализации режимов орошения, совершенствования агротехнических приемов.

Основными факторами, которые учитывались при разработке данного раздела, были: почвенно-гидрологические условия орошаемых земель; ограниченность территории орошения на местном стоке (10–200 га); лимитированность объемов источников орошения, сезонный характер их наполнения, в связи с чем, режимы орошения сельскохозяйственных культур должны быть ресурсосберегающими; низкая водообеспеченность (гидромодуль 0,3–0,4 л/с га) оросительных систем на местном стоке, обуславливающая необходимость размещения в севооборотах культур, использующих поливную воду в основном весной и летом; опыт в размещении сельскохозяйственных культур в севооборотах на орошаемых землях в годы эффективной работы мелиорации.

7.1 Севообороты

Научно обоснованные севообороты, рациональное применение удобрений, надлежащая обработка почвы всегда были и остаются главными и незаменимыми звеньями системы земледелия. Правильная смена культур позволяет полнее использовать питательные вещества почвы и вносимых удобрений, успешнее вести борьбу с сорняками, вредителями и болезнями, подавлять их вредное воздействие на культурные растения.

Возделывание разнообразных культур в таком севообороте обеспечивает им лучшие фитосанитарные условия, предохраняет почву от эрозии, позволяет увеличивать в ней запас органического вещества и улучшать ее физические свойства [51, 52].

Для условий орошения на местном стоке наиболее приемлемы упрощенные высоконасыщенные севообороты короткой ротации, севообороты, характерные для фермерских (крестьянских) хозяйств, циклического орошения.

Приоритетность в севообороте отводится тем культурам, которые ввиду своих биологических особенностей:

- испытывают наибольшую потребность в орошении в весенний период и первую половину лета;
- имеют относительно невысокие оросительные нормы;
- наиболее адаптивны к местным условиям.

В таблице 7 приводятся данные зависимости суммы активных температур от скороспелости культур [53].

Таблица 7 – Потребность в сумме активных температур (С °) у различных культур

Культура	Сорт		
	раннеспелый	среднеспелый	позднеспелый
1	2	3	4
Лен-долгунец	1000	1100	1300
Горох	1100	1350	1550
Ячмень яровой	1150	1300	1400
Гречиха	1200	1300	1400
Картофель	1000–1200	1100–1500	1400–1800
Капуста	1000–1200	1200–1500	1300–1700
Лук	1500–1600	1600–1700	> 1700
Томаты	1800–1900	1900–2000	> 2000
Огурец	800–900	900–1000	> 1000
Овес	1250	1400	1500
Рожь озимая	1300	1350	1400
Пшеница яровая	1300	1500	1700
Конопля на волокно	1300	1500	1800
Просо	1400	1600	1860
Фасоль	1500	1700	2000
Подсолнечник	1600	2000	2300
Кукуруза на силос	1700	2200	2600
Сахарная свекла	1800	2100	2400
Кукуруза на зерно	2000	2500	3000
Соя	2000	2500	3000

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4
Пшеница озимая	2100	2600	3200
Сорго	2200	2500	3000
Рис	2200	2700	3200
Хлопчатник	3000	3400	4000
Люцерна	3500–4500		

Для зон и хозяйств с недостатком орошаемых земель наиболее эффективны следующие схемы овощных севооборотов короткой ротации: 1 – капуста, 2 – томаты, 3 – огурцы, 4 – лук, корнеплоды, 5 – картофель; 1 – томаты, 2 – капуста, 3 – огурцы, 4 – лук, корнеплоды [52, 54, 55].

Севообороты крестьянских хозяйств в орошаемой зоне имеют свои особенности и также приемлемы для использования в условиях поливов местным стоком. В них можно возделывать практически все полевые культуры, продукция которых пользуется повышенным спросом и которые отвечают требованиям к орошению в условиях ограниченности водных ресурсов. Это зерновые – озимая пшеница, кукуруза, гречихи, просо и др.; кормовые – люцерна, люцерно-злаковые смеси, кукурузо-сое-суданковые и злаково-бобовые смеси на корм, подсолнечник, соя, горчица, овощные и бахчевые культуры, картофель [56].

Чередование культур в севооборотах должно обеспечивать сохранение и повышение плодородия, а культуры следует размещать по лучшим предшественникам.

Наиболее приемлемы следующие севообороты с короткой ротацией:

1 – озимая пшеница + пожнивно горох-овес (ячмень) + рапс, 2 – картофель, капуста, корнеплоды, 3 – лук, перец, баклажаны, 4 – подсолнечник $\frac{1}{2}$ поля + кукуруза на силос или зерно $\frac{1}{2}$ поля или 1 – кукуруза на зернофураж или силос, 2 – злаково-бобовая смесь + гречиха на зерно, 3 – соя, горох на зерно, 4 – подсолнечник, 5 – ячмень на зернофураж, или 1 – горох на зерно + поукосно кормосмесь, 2 – ячмень или озимая пшеница, 3 – однолетние травы на корм и семена [52, 54].

Во многих крестьянских хозяйствах имеется животноводство, поэтому в севообороты необходимо включать кормовые культуры.

Чередование культур в них может быть таким: 1 – люцерна на корм, 2–3 – люцерна на корм и семена, 4 – бахчи продовольственные, 5 – ячмень с подсевом люцерны или 1 – злаково-бобовая смесь на зернофураж, 2 – бахчи продовольственные, 3 – ячмень на зернофураж, или 1 – горох на зерно, 2–3 – овощные (капуста, томаты), 4 – огурцы, лук, 5 – картофель, корнеплоды, или 1 – озимая пшеница на зерно, 2 – кормовые корнеплоды,

картофель, 3 – ячмень с подсевом люцерны, 4–5 – люцерна на корм и семена, или 1 – кукуруза на корм, 2 – ячмень с подсевом люцерны, 3–4 – многолетние травы, 5 – бахчи продовольственные [51, 55].

Если в крестьянском (фермерском) хозяйстве есть возможность выделить для овощных культур отдельный участок, то чередование культур на нем должно быть таким: 1 – капуста, 2 – томаты, 3 – огурцы, 4 – лук, 5 – картофель, корнеплоды. При невозможности выделить отдельный участок, овощные культуры размещают в полевом севообороте после озимой пшеницы, гороха или оборота пласта люцерны [57].

В ФГБНУ «РосНИИПМ» [53, 55] проведена работа по совершенствованию схем овощных севооборотов для Ростовской области. В результате исследований установлено, что в целях оптимизации севооборотов следует ограничить усиливающуюся тенденцию к чрезмерной концентрации овощных культур в овощных севооборотах, которая сокращает возможность использования овощных культур в качестве предшественников кормовым культурам, что приводит к снижению продуктивности пашни и не рациональному использованию почвенного плодородия. Оптимальным оказался шестипольный овощной севооборот со следующим чередованием культур: 1 – озимая пшеница и повторной культурой, 2 – огурец, 3 – капуста поздняя, 4 – томат, 5 – лук, столовые корнеплоды, 6 – ранний томат с повторной культурой.

К сожалению, во многих случаях состояние мелиорированных земель, в частности в условиях орошения местным стоком, оказывается в деградированном состоянии, в связи с чем в ФГБНУ «РосНИИПМ» разработаны варианты мелиорации черноземов за счет совершенствования звеньев севооборотов при циклическом орошении [57].

Характерными случаями мелиорации орошаемых черноземов являются следующие варианты: при деградации черноземов от 10 % до 20 % (высокий уровень состояния почв); при деградации черноземов свыше 20 % до 35 % (средний уровень); при деградации черноземов на площади свыше 35 % до 50 % (низкий уровень).

Вариант 1. Представлен способ мелиорации орошаемых черноземов путем сочетания циклов – чередования орошаемого и богарного земледелия с использованием систем севооборотов для влаголюбивых и засухоустойчивых сельскохозяйственных культур при выявлении деграционных процессов черноземов на площади от 10 % до 20 % на орошаемом массиве.

Система восьмипольного севооборота включает возделывание следующих влаголюбивых культур: томаты, огурцы, картофель, бахчевые, многолетние травы.

Для снижения уровня грунтовых вод и вторичного засоления из описанного севооборота выводят влаголюбивые орошаемые сельскохозяйственные культуры (томаты, огурцы). Последние необходимо заменить на озимую пшеницу + пожнивно злакобобово-рапсовые смеси, кукурузу на зерно, люцерну 1 года жизни. Пример такого севооборота может быть следующим: 1 – пар чистый, 2 – озимая пшеница, 3 – кукуруза на зерно, 4 – многолетние травы, 5 – многолетние травы, 6 – многолетние травы, 7 – просо, 8 – многолетние травы [57].

Вариант 2. Мелиорация орошаемых черноземов при выявлении деградационных процессов свыше 20 % до 35 % площади орошаемого массива в системе восьмипольного севооборота путем введения солеустойчивых культур для расселения пахотного горизонта.

Богарная агрокультура за рассматриваемый период в условиях снижения сезонного соленакопления и увеличения глубины залегания уровня грунтовых вод позволяет частично улучшить почвенно-мелиоративное состояние орошаемых земель. Сельскохозяйственные культуры с глубиной корневой системы 1,5 м и более (озимая пшеница, ячмень яровой, горох, подсолнечник, люцерна на корм и семена, сорго-суданковый гибрид и т. д.) способствуют биологическому дренажу и обеспечивают на черноземах вторично-лугово-степной тип почвообразования с глубиной залегания УГВ более 2,5 м, исключая вторичное засоление и переувлажнение почв.

На полях таких участков следует располагать 8-польный травяно-пропашной севооборот: 1–4 – многолетние травы, 5 – озимая рожь (тритикале) + поукосно кукурузно-сорго-сое-подсолнечниковая смесь на силос, 6 – кукуруза на зерно, 7 – кормовые корнеплоды, 8 – ячмень или просо на зерно с подсевом многолетних трав.

В хозяйствах, специализирующихся на производстве животноводческой продукции севооборот может быть насыщен зернофуражными культурами: 1 – сидераты, 2 – озимая пшеница, 3 – сахарная свекла, 4 – ячмень, 5 – зернобобовые, 6 – горох, 7 – озимая пшеница, 8 – подсолнечник.

Устойчивость и повышение плодородия черноземов при деградационных процессах свыше 20 % до 35 % площади орошаемого массива, возможны при введении многолетних трав или выводного поля многолетних трав: 1 – пар занятой (эспарцетовый), 2 – озимая пшеница, 3 – просо,

4 – пар 0,5 + горох 0,5, 5 – кукуруза на силос, 6 – ячмень + многолетние травы, 7 – многолетние травы, 8 – многолетние травы (выводное поле) или 1 – озимая пшеница, 2 – ячмень + многолетние травы, 3 – многолетние травы, 4 – многолетние травы, 5 – озимая пшеница (рожь), 6 – горох, 7 – многолетние травы (выводное поле). При таком способе мелиорации орошаемых черноземов севооборота должны быть развернуты во времени, а в пространстве могут не полностью: ежегодно размещается часть севооборота – половина, четверть или одно поле [57].

Вариант 3. Мелиорация орошаемых черноземов при проявлении деградационных процессов на площади свыше 35 % до 50 % занятой системой севооборота при возделывании сельскохозяйственных культур путем замены ряда влаголюбивых растений засухоустойчивыми растениями, такими как кукуруза, пырей сизый, волоснец сибирский, кострец безостый, пырей безкорневищный, пырей удлиненный, люцерна желтая, лядвинец рогатый, регнерия североказахстанская, пырей промежуточный, люцерна тяньшанская, люцерна, клевер розовый, овсяница луговая, полевица белая, лисохвост вздутый, бескильница Гаккеля, райгарс, рапс, могоар, фацелия, суданская трава, просо, пшеница.

Наиболее благоприятные севообороты на таких площадях следующие:

- 1 – люцерна, 2 – люцерна, 3 – люцерна на один укос и поукосно кукуруза на зеленый корм, 4 – озимая рожь на зеленый корм, 5 – соя, 6 – кукуруза на зерно, 7 – ячмень с подсевом люцерны, 8 – многолетние травы (выводное поле). Структура севооборота: 57,2 % кормовых культур (люцерна – 42,9 %); 28,6 % зерновых культур (кукуруза на зерно – 14,3 %, ячмень – 14,3 %, соя – 14,2 %); остальные – 28,6 %.

- 1 – люцерна, 2 – люцерна, 3 – люцерна на один укос + поукосно многокомпонентная смесь на зеленый корм или кукуруза на силос, 4 – злакобобовая смесь с подсевом суданской травы на зеленый корм с использованием отавы второго укоса на сидерат, 5 – рапсо-ячменная смесь на зеленый корм + многокомпонентная смесь на зеленый корм, 6 – горохо-подсолнечниковая смесь на зеленый корм, 7 – озимая пшеница, 8 – многолетние травы (выводное поле). Структура севооборота: 71,4 % кормовых культур (42,9 % люцерна); 28,6 % зерновых культур. При этом следует отметить, что структура предложенных севооборотов соответствует аналогам, применявшимся в период расцвета мелиорации [57].

Предложенные варианты способа мелиорации орошаемых черноземов позволяют восстановить естественные условия протекания почвообра-

зовательных процессов за счет биологического дренажа, выноса культурами солей из почвы, пополнения органического вещества значительным количеством пожнивных остатков, что подтверждает возможность мелиорации черноземов путем циклического чередования орошаемого и богарного земледелия с введением в систему севооборотов соле- и засухоустойчивых растений.

Для циклического орошения в ФГБНУ «РосНИИПМ» разработан специальный севооборот, который может применяться в условиях местного стока и предусматривает двухгодичное чередование орошаемых и неорошаемых фаз [45].

Севооборот включает:

- неорошаемую фазу: 1 – подсолнечник, 2 – яровой ячмень + белая горчица на сидераты;

- орошаемую фазу: 3 – картофель (предполивная влажность почвы 70–80 % НВ, оросительная норма 2200 м³/га), 4 – капуста (предполивная влажность почвы 85–90 % НВ, оросительная норма 3000 м³/га);

- неорошаемую фазу: 5 –сахарная свекла, 6 – просо на зерно + горохо-подсолнечная смесь на корм;

- орошаемую фазу: 7 – кукуруза на зерно (предполивная влажность почвы 70–80 % НВ, оросительная норма 3500 м³/га), 8 – соя на зерно (предполивная влажность почвы 70–80 % НВ, оросительная норма 4500 м³/га).

За ротацию такого севооборота происходило накопление гумуса, и этот процесс наблюдался в основном при неорошаемом режиме. В среднем при таком севообороте ежегодно получалось 6 т к. е./га, а накопление гумуса составило 6,3 т/га. С целью повышения эффективности технологии при использовании системы севооборота для влаголюбивых и засухоустойчивых культур, каждое поле севооборота, занимаемое под влаголюбивую культуру, орошают в течение 20–50 % продолжительности ротации принятого севооборота. Так при 50 % орошении – в неорошаемом цикле из восьми полей находится четыре поля.

Другим вариантом циклического орошения является двухлетнее возделывание влаголюбивых культур (картофель, капуста), оросительные нормы которых составляют соответственно 2000–2200; 2800–3000 м³/га. На третий год выращивают морковь или свеклу с поливом нормой 400 м³/га для получения всходов. На четвертый год получают зерновые без поливов, а на пятый год поле используют для сидераций. Для поддержания

почвенного плодородия в качестве сидератов чаще всего применяют горчицу или горох [41].

7.2 Орошение

В условиях орошения местным стоком необходимо осваивать малотребовательные к влаге культуры. Оптимум влажности почвы для различных культур приведен согласно классификации В. Ф. Валькова (таблица 8) [58].

К малотребовательным к влаге относятся те культуры, оптимальная предполивная влажность почвы которых составляет менее 60 % НВ (люцерна, просо, сорго, лен и др.), 60–70 % НВ (свекла, люцерна, пшеница, рожь, ячмень, хлопчатник, подсолнечник, просо, сорго, горчица, лен, арбуз, дыня), а также ряд культур, оптимум влаги которых находится в пределах 70–80 % НВ (картофель, капуста, кукуруза, овес, гречиха, горох, соя и др.).

Таблица 8 – Оптимум влажности почвы для различных культур

Содержание воды в почве, % от полевой влагоемкости				
более 100	100–80	80–70	70–60	менее 60
Рис	Огурцы, мята перечная, мандарин, фейхоа, чай	Картофель, гречиха, смородина, горох, капуста, клевер, овес, кукуруза, соя	Свекла, люцерна, пшеница, рожь, ячмень, хлопчатник, подсолнечник, арбуз, дыня, виноград	Люцерна, просо, сорго, горчица, лен, тамарикс, маш

Из влаголюбивых культур при орошении в условиях местного стока может быть использован огурец, вегетационный период которого, как правило, завершается в первой половине лета, когда источники орошения на основе местного стока не исчерпаны.

Если имеется оросительная вода низкого удовлетворительного качества по наличию в ней солей, и нет возможности по ее улучшению, то при подборе культур в севообороте необходимо учитывать их солеустойчивость (приложение Г) [11].

При орошении сельскохозяйственных культур из водных источников на основе местного стока, характеризующихся ограниченностью ресурсов, рациональное использование поливной воды имеет приоритетное значение. В этих условиях режим орошения возделываемых культур должен быть ресурсосберегающим [59, 60].

Исследования, проведенные ФГБНУ «РосНИИПМ, другими ведущими научно-исследовательскими организациями, показывают [52, 61, 62], что основными направлениями в рационализации использования оросительной воды являются:

- дифференциации режима орошения в зависимости от потребности растений во влаге в разные фазы вегетации;
- сокращение поливных и оросительной норм при обязательных поливах в критические фазы вегетации сельскохозяйственных культур;
- совершенствование способов полива.

Первое и второе направления основаны на значительной экономии оросительной воды (до 400–600 м³/га за вегетационный период) при минимальном снижении урожайности сельскохозяйственных культур (на 6–10 %). Третье, основанное на применении капельного орошения, позволяет в ряде случаев снизить оросительную норму сельскохозяйственных культур на 30–40 % и на 10–15 % увеличить показатели урожайности [52, 62, 63].

Установлено, что допустимо снижение поливной нормы ниже расчетной на 10–13 % [51, 52]. При этом урожайность основных сельскохозяйственных культур находится в пределах результатов, полученных при расчетной поливной норме. Дальнейшее уменьшение поливной нормы нежелательно, так как приводит к потерям урожая на 18–31 % [51, 52].

7.3 Агротехнические приемы

Агротехнические приемы при выращивании сельскохозяйственных культур в условиях орошения на местном стоке должны быть прежде всего направлены на повышение эффективности использования оросительной воды. Известно, что при орошении происходит нарушение структуры и физико-механических свойств почвы [52, 61, 63]. Многократные влагозарядковые, вегетационные поливы, ежегодная обработка на одну и ту же глубину с применением тяжелых тракторов приводит к уплотнению почв: в подпахотном горизонте образуется «плужная подошва» с низкой водопроницаемостью, что препятствует аккумуляции влаги в подпахотном горизонте, вызывает переувлажнение пахотного горизонта в момент посева с последующим быстрым его иссушением.

Установлено, что при дождевании черноземов эффективно используется только 55–65 % поливной воды. Остальная, минуя растения, расходу-

ется на сток и испарение [64]. На равнинных почвах вода дождей в 30–40 мм и оросительная вода при норме полива выше 400 м³/га не впитывается полностью почвой, стоит на ее поверхности, быстро испаряясь [65].

При орошении на местном стоке, для которого характерен дефицит водных ресурсов, повышение эффективности использования оросительной воды, является резервом повышения эффективности земледелия.

Решением данной проблемы является применение комплекса нетрадиционных агрономелиоративных приемов обработки почвы, направленных на сведение к минимуму отрицательного влияния рассмотренных негативных факторов. Среди названных приемов – глубокое безотвальное рыхление, кротование, щелевание, чизелевание, фрезерование, поливы по бороздам-щелям и др.

Щелевание способствует увеличению скорости впитывания дождевых и оросительных вод в 2,0–2,5 (при обработке на 0,25–0,30 м) и в 3,5–4,0 раза (при обработке на 0,35–0,40 м); равномерному увлажнению поля; устранению возможности возникновения почвенной корки; снижению водопотребления сельскохозяйственных культур на 17–25 %.

Фрезерование дает возможность довести плотность почвы в пахотном горизонте до оптимальных параметров – 1,0–1,1 г/см³; снизить засоренность посевов (посадок) более чем в два раза; снизить коэффициенты водопотребления сельхозкультур на 16–31 %.

Глубокое безотвальное рыхление позволяет: уменьшить объемную массу почвы в слое 0,5 м на 9–11 %; увеличить общую порозности в подпахотном горизонте на 9 %; повысить температуру почвы в ранневесенний период на 0,9–1,4 °С, ускорить полевые работы в весенний период [65–69].

Эти приемы направлены на разуплотнение почв, снижение объемной массы, увеличения порозности, увеличения скорости фильтрации. Поэтому при орошении на местном стоке на фоне общепринятой технологии выращивания сельскохозяйственных культур необходимо сделать акцент на применение названных агрономелиоративных приемов.

7.4 Сельскохозяйственное использование лиманов

Лиманы используют для повышения продуктивности естественных лугов и пастбищ. Лиманные земли возможно использовать под посевы зерновых культур позднего сева, кукурузы на силос, а также под многолетние травы [11, 25].

При правильном сочетании распаханых площадей с естественными сенокосами, при умелом выборе и размещении сельскохозяйственных культур на лиманах с последующим соблюдением приемов агротехники эффективность площадей с ЛО может быть увеличена в три-четыре раза по сравнению с экстенсивным использованием, а, следовательно, повышается и экономическая эффективность.

Большую организационно-хозяйственную и агротехническую роль в повышении культуры земледелия, плодородия почв и урожаев на лиманах выполняют севообороты.

Периодическое чередование культур в севообороте возможно при повторных и непродолжительных бессменных посевах устойчивых к возделыванию на одном месте однолетних растений и при оставлении многолетних трав на два – четыре года использования.

При подборе культур и составлении наиболее рационального севооборота для участка лиманного орошения учитываются следующие факторы: площадь орошения, обеспеченность водными ресурсами, продолжительность и глубина затопления, равномерность затопления.

Для хозяйства с развитым животноводством наибольшую ценность представляют высокопродуктивные культуры: кукуруза на силос, суданская трава и люцерна в смеси со злаковыми травами.

В зависимости от типа лиманов и режима их затопления, для участков лиманного орошения рекомендуются следующие схемы севооборотов.

Кормовой шестипольный: 1 – ячмень, просо с подсевом многолетних трав, 2–4 – многолетние травы, 5–6 – кукуруза, уплотненная подсолнечником и соей. Кормовые культуры здесь занимают 83 %, зерновые – 17 % [28].

Кормовой семипольный: 1 – просо или суданская трава с подсевом многолетних трав, 2–4 – многолетние травы, 5–7 – кукуруза в смеси с соей или уплотненная соей или подсолнечником. Здесь кормовым культурам отводится вся площадь лиманов.

В кормовые севообороты без многолетних трав целесообразно вводить высокобелковые зернобобовые культуры. Севооборот будет иметь следующий вид: 1 – кормовой горох в смеси с подсолнечником, 2 – кукуруза, 3 – кормовой горох в смеси с подсолнечником, 4 – суданская трава.

Для различных культур, в зависимости от нормы орошения, может быть достигнута запланированная урожайность (таблица 9) [27].

Таблица 9 – Нормы лиманного орошения для основных сельскохозяйственных культур

Культура	Оросительная нора при лиманном орошении, м ³ /га	Коэффициент водопотребления, м ³ /т	Плановая урожайность, т/га
Пшеница:			
- озимая	2600–3200	2000	2
- яровая	2800–3400	2300	1,8
Кукуруза:			
- на зерно	2200–3200	1600	2,5
- на силос	2600–3500	150	30
Люцерна на сено	3200–3500	900	5
Сахарное сорго на силос	2400–3300	130	30

При введении севооборотов особое внимание необходимо уделить организации территории. Поля севооборотов должны быть размещены в соответствии с рельефом и типом почв, а на многоярусных лиманах – с учетом числа и размера ярусов. В многоярусных лиманах удобно совмещение валов с границами поля севооборота.

Для улучшения ботанического состава трав на лиманах необходимо проводить весеннее боронование почв, однократное внесение полных доз минеральных удобрений, применение гербицидов, подсев трав.

Боронование почв в два – четыре следа повышает выход сена на 30–35 %. Под весеннее боронование на каштановых почвах вносят N₆₀P₆₀K₃₀, что повышает урожайность сена на 50–60 % [26].

Каждые пять-шесть лет следует проводить омолаживание пырейного травостоя путем дискования. Дискование и фрезерование на глубину 5–7 см дернины на лимане создает мульчирующий слой, что предохраняет от испарения влаги. В этом случае влажность метрового слоя почвы в течение всей вегетации трав увеличивается на 3–4 % НВ, а влаги на 180–210 м³/га [27].

С учетом изменчивой обеспеченности водоисточников на местном стоке следует в севооборотах предусматривать определенный набор засухоустойчивых и влаголюбивых культур с режимом орошения.

С целью совершенствования технологии орошения существующих участков ЛО рекомендуются следующие мероприятия:

- глубоководные лиманы: реконструкция по схеме мелкоярусных лиманов; реконструкция гидротехнических сооружений (ГТС), валов и дамб;

- зарегулированные естественные лиманы: реконструкция ГТС; реконструкция размывтых валов лиманов (дамб); рекультивация участков размыва;

- приканальные лиманы: реконструкция с возможностью комбинированного затопления как водами ОС, так и местным стоком; реконструкция межхозяйственных каналов ОС (в т. ч. ГТС); увязка оросительных и сбросных каналов по высоте.

При реконструкции и проектировании в районах, где нет возможности гарантированно производить затопление участков лиманов, нужно рассчитывать только на местный сток с учетом уменьшившихся объемов весенних талых вод и паводков:

- агротехнические мероприятия: боронование, дискование, щелевание с подсевом многолетних трав и внесением минеральных удобрений;

- мелиоративные мероприятия – внесение гипса на засоленных почвах.

8 Общие требования к проектированию и эксплуатации объектов на местном стоке

8.1 Водохранилища (пруды)

Общие требования к проектированию и эксплуатации водохранилищ (прудов) при строительстве и реконструкции существующих представлено в следующих нормативных документах:

- СП 33-101-2003 Определение основных расчетных гидрологических характеристик [70];

- СНиП 33-01-2003 Гидротехнические сооружения. Основные положения [71];

- СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия [72];

- СНиП 2.02.02-85* Основания гидротехнических сооружений [73];

- СНиП 2.06.05-84* Плотины из грунтовых материалов [74];

- СНиП 2.06.06-85 Плотины бетонные и железобетонные [75];

- ВСН 33-3.02.01-84 Типовая инструкция по эксплуатации водохранилищ для нужд орошения, емкостью до 10 млн м³ [76].

Организация и порядок проведения инженерных гидрологических расчетов по определению гидрологических характеристик для обоснования проектирования новых, расширения, реконструкции и технического перевооружения действующих сооружений осуществляется по СП 33-101-2003 [70]. Свод правил (СП) содержит основные методы и схемы расчета средних годовых, максимальных расходов воды и объемов стока весеннего половодья и дождевых паводков, гидрографов, внутригодового распределения стока, отметок наивысших уровней воды рек и озер и минимальных расходов воды.

Нормы и правила на строящиеся и реконструируемые речные и др. гидротехнические сооружения представлены в СНиП 33-01-2003 [71], СНиП 2.02.02-85* [73].

Реконструкция гидротехнического сооружения производится при изменении нормативных требований, в случае изменения условий эксплуатации (изменение расчетного сбросного расхода, работа сооружения в комплексе с вновь построенными объектами и т. п.). При реконструкции следует предусматривать максимальное использование существующих элементов сооружений, находящихся в нормальном эксплуатационном состоянии.

Техническое состояние реконструируемых сооружений и их элементов следует определять специальными исследованиями и расчетами на основе фактических характеристик строительных материалов и грунтов основания, принятых для проектов реконструкции. Основные положения и правила по определению и учету постоянных и временных нагрузок и воздействий, а также их сочетаний отображены в СНиП 2.01.07-85* [72].

Проектирование оснований гидротехнических сооружений речных, мелиоративных и др. отображено в СНиП 2.02.02-85* [73].

При проектировании оснований гидротехнических сооружений должны быть предусмотрены решения, обеспечивающие надежность, долговечность и экономичность сооружений на всех стадиях их строительства и эксплуатации.

Проектирование новых и реконструкцию существующих плотин из грунтовых материалов, входящих в состав сооружений строительства мелиоративных и др. сооружений осуществляется по СНиП 2.06.05-84* [74].

Створ плотины следует выбирать на основании технико-экономического сопоставления вариантов в увязке с компоновкой гидроузла и в зависимости от топографических, гидрологических и инженерно-

геологических условий площадки строительства и требований охраны природной среды.

Тип плотины следует выбирать в зависимости от топографических и инженерно-геологических или инженерно-геокриологических условий основания и берегов, особенно льдистости грунтов основания и размеров подруслового талика, гидрологических и климатических условий района строительства, величины напора воды, наличия грунтовых строительных материалов, сейсмичности района, общей схемы организации строительства и производства работ, особенностей пропуска строительных расходов воды, сроков ввода в эксплуатацию и условий эксплуатации плотины.

Тип и конструкцию плотины следует выбирать на основании технико-экономического сравнения вариантов, учитывающих технологию строительных работ, а также общую компоновку гидроузла. Сравнимые варианты должны иметь одинаковую степень проработанности и надежности. Для возведения плотины из грунтовых материалов надлежит предусматривать использование грунта и камня, полученных из полезных выемок.

Реконструкцию плотин из грунтовых материалов следует осуществлять при необходимости:

- увеличения призмы регулирования водохранилища;
- повышения требований к надежности сооружения и условиям его эксплуатации;
- повышения экономичности сооружения за счет уменьшения потерь воды и затрат на его эксплуатацию;
- выполнения требований по охране природной среды.

Возвышение гребня плотины надлежит определять для двух случаев стояния уровня воды в верхнем бьефе:

- при нормальном подпорном уровне (НПУ) или при более высоком уровне, соответствующем пропуску максимального паводка, входящего в основное сочетание нагрузок и воздействий;
- при форсированном подпорном уровне (ФПУ), при пропуске максимального паводка, относимого к особым сочетаниям нагрузок и воздействий.

Проектирование вновь строящихся и реконструируемых бетонных и железобетонных плотин, входящих в состав сооружений мелиоративных систем, осуществляют по СНиП 2.06.06-85 [75].

Вид бетонной или железобетонной плотины следует выбирать в зависимости от топографических, инженерно-геологических и климатиче-

ских условий с учетом сейсмичности района, компоновки гидроузла, намечаемых способов и сроков строительных работ, наличия местных строительных материалов и условий эксплуатации плотины на основании технико-экономических показателей вариантов.

В плотинах устраиваются водосбросы, водоспуски и водовыпуски по СНиП 2.06.06-85 [75]. Длину водосливного фронта плотины, размеры и число пролетов поверхностных и глубинных водопропускных устройств следует принимать на основании сравнения технико-экономических показателей вариантов, в зависимости от величины сбросного расхода основного расчетного случая, устанавливаемой в соответствии со СНиП 33-01-2003 [71] и допустимых при данных геологических условиях удельных расходов воды; с учетом влияния потока на русло реки и работу других сооружений гидроузла, требований к гидравлическому режиму руслового потока в бьефах и изменения уровней воды в нижнем бьефе, вызываемого деформациями русла и берегов.

Составление «Правил эксплуатации малых водохранилищ (прудов) для нужд орошения» основывается на ВСН 33-3.02.01-84 [76] и распространяются на периоды как постоянной, так и временной эксплуатации отдельных водохранилищ. Под временной эксплуатацией понимается эксплуатация сооружений (пускового комплекса) в период строительства и начального наполнения водохранилища.

Особенности и характер эксплуатационной службы водохранилищ для орошения определяются размерами и объемом водохранилища, составом основных сооружений, условиями и задачами регулирования речного стока, инженерно-геологическими и морфометрическими условиями ложа и береговой линии водохранилища и др.

Для проектируемых водохранилищ инструкции по эксплуатации разрабатываются в составе проектов водохранилищ (рабочей документации) к моменту сдачи водохранилища в постоянную эксплуатацию за счет средств, предусмотренных в сметах на проектирование водохранилищ. Разработчики согласовывают инструкцию по эксплуатации конкретного водохранилища с учреждениями, заинтересованными в использовании его водных ресурсов, а также с бассейновым территориальным управлением по регулированию использования и охране вод.

В состав инструкции по эксплуатации водохранилища должны включаться следующие разделы: общие сведения о водохранилище; организация службы эксплуатации; мероприятия по поддержанию надлежащего технического состояния водохранилища и его сооружений; уход за ме-

таллоконструкциями и механическим оборудованием; эксплуатационные наблюдения за чашей водохранилища и состоянием сооружений; приложения.

В состав инструкций должны быть включены вопросы техники безопасности при производстве работ на акватории водохранилища и ремонте объектов эксплуатации, а также другие вопросы.

8.2 Оросительная сеть

Для организации оросительной сети для орошения на местном стоке по ряду причин, приведенных в данном подразделе, наиболее целесообразно использовать мобильные оросительные комплексы.

Мобильные оросительные комплексы в ряде случаев имеют преимущество перед стационарной оросительной сетью. Применение комплексов позволяет ускорить и упростить организацию орошения сельскохозяйственных культур, дает возможность сложный процесс строительства постоянных оросительных сооружений с дорогостоящими проектно-изыскательскими работами заменить сборкой на месте изготовленного на заводе комплекта оборудования, сократить капиталовложения в пересчете на гектар орошаемой площади. Кроме того, мобильные оросительные комплексы не привязаны к одному орошаемому участку и могут перемещаться по орошаемым массивам в зависимости от фактической потребности в поливах.

8.2.1 Условия применения мобильных оросительных комплексов

Применение мобильных оросительных комплексов для полива сельскохозяйственных культур обосновано в следующих случаях [77]:

- в зоне неустойчивого увлажнения, где потребность в орошении возникает в течение сравнительно непродолжительного срока;
- при использовании технологии периодического и циклического орошения;
- в сложных гидрологических и гидрогеологических условиях;
- при отсутствии мощных источников орошения.

Основным фактором, обуславливающим естественное увлажнение земель, является климат. Зона неустойчивого увлажнения характеризуется периодическим преобладанием испарения над атмосферными осадками в одни годы и сезоны и достаточной влажностью в другие сезоны и годы.

Поэтому оросительные мелиорации на территории этой зоны необходимы не ежегодно, а периодически. В связи с этим строительство капитальной стационарной оросительной системы экономически нецелесообразно, так как затраты на строительство и на поддержание ее в рабочем состоянии будут гораздо выше, чем эффект от ее использования. В этой ситуации основным фактором, обуславливающим применение мобильных оросительных комплексов, является экономический. Кроме этого, преимущество мобильных оросительных комплексов над стационарной ОС в этих условиях состоит в том, что:

- по окончании поливного периода элементы мобильных оросительных комплексы убираются с поливного участка и перевозятся на зимнее хранение в помещение или на специально оборудованную площадку с навесом. Это увеличивает срок службы элементов мобильных оросительных комплексов и упрощает осеннюю обработку почв по сравнению со стационарной оросительной системой;

- в годы, когда нет необходимости орошать сельскохозяйственные культуры, мобильных оросительных комплексов находится на хранении, а некоторые элементы могут использоваться для других сельскохозяйственных работ. Например, при использовании в составе мобильных оросительных комплексов дождевальная машины ДДА-100ВХ трактор ДТ 75 может использоваться для полевых работ.

Технологии циклического и периодического орошения сельскохозяйственных культур предполагают перемещение оросительной техники по полям севооборота с учетом чередования орошаемых полей. В этих условиях использование стационарной оросительной сети также экономически нецелесообразно, так как мощности оросительной системы будут задействованы на 20–40 %.

Применение мобильных оросительных комплексов эффективно в сложных геологических и гидрогеологических условиях (обильный приток грунтовых вод, затопление территории талыми водами и т. д.). При строительстве оросительных систем стационарного типа в этих условиях придется преодолевать большие трудности, связанные с возведением фундаментов насосных станций и других гидротехнических сооружений. В этих условиях мобильные оросительные комплексы имеют следующие преимущества перед стационарной оросительной системой:

- элементы мобильных оросительных комплексов не требуют возведения фундаментов, что в данных условиях значительно уменьшает затраты на строительство;

- мобильные оросительные комплексы находятся на поливном участке только в период вегетации, что уменьшает воздействие природных факторов на ее элементы.

Отсутствие мощных источников орошения не позволяет создавать крупные централизованные оросительные системы. Для организации поливного земледелия в этих условиях требуется регулирование местного стока путем строительства прудов и водохранилищ при наличии благоприятных морфологических и инженерно-геологических условий, особенно на овражно-балочной сети, в пределах полей севооборотов, то есть на месте формирования стока. Строительство прудов и водоемов должно обязательно сопровождаться работами по надежной защите их от заиления путем облесения и проведения противоэрозионных мероприятий на всей площади водосбора. Оросительная способность таких прудов невелика. Такие пруды будут иметь объем воды порядка 18–20 тыс. м³ и площадь зеркала до 2 га. Накопленной водой можно полить 50–60 га. Экономически наиболее выгодно орошать их с применением элементов мобильных оросительных комплексов – дождевальных машин, разборных трубопроводов, передвижных насосных станций и другого оборудования.

8.2.2 Структура мобильного оросительного комплекса и состав мобильного оросительного оборудования

В качестве основной структурной единицы используется функциональный модуль. Структурная схема мобильной оросительной сети представлена на рисунке 7 [78].

Мобильный оросительный комплекс состоит из трех основных функциональных модулей: водозабор, водопроводящая сеть и поливное устройство. Основными признаками функциональных модулей являются: номенклатурное и типоразмерное многообразие, функциональная и конструктивная завершенность, внешняя совместимость в структурах старшего порядка, возможность обновления элементов и параметрических характеристик.

Конструктивный модуль является составной единицей функционального модуля и представляет собой конструктивно и технологически завершенное проектное решение элемента функционального модуля.

Примеры функциональных модулей мобильного оросительного комплекса приведены в таблице 10 [78].

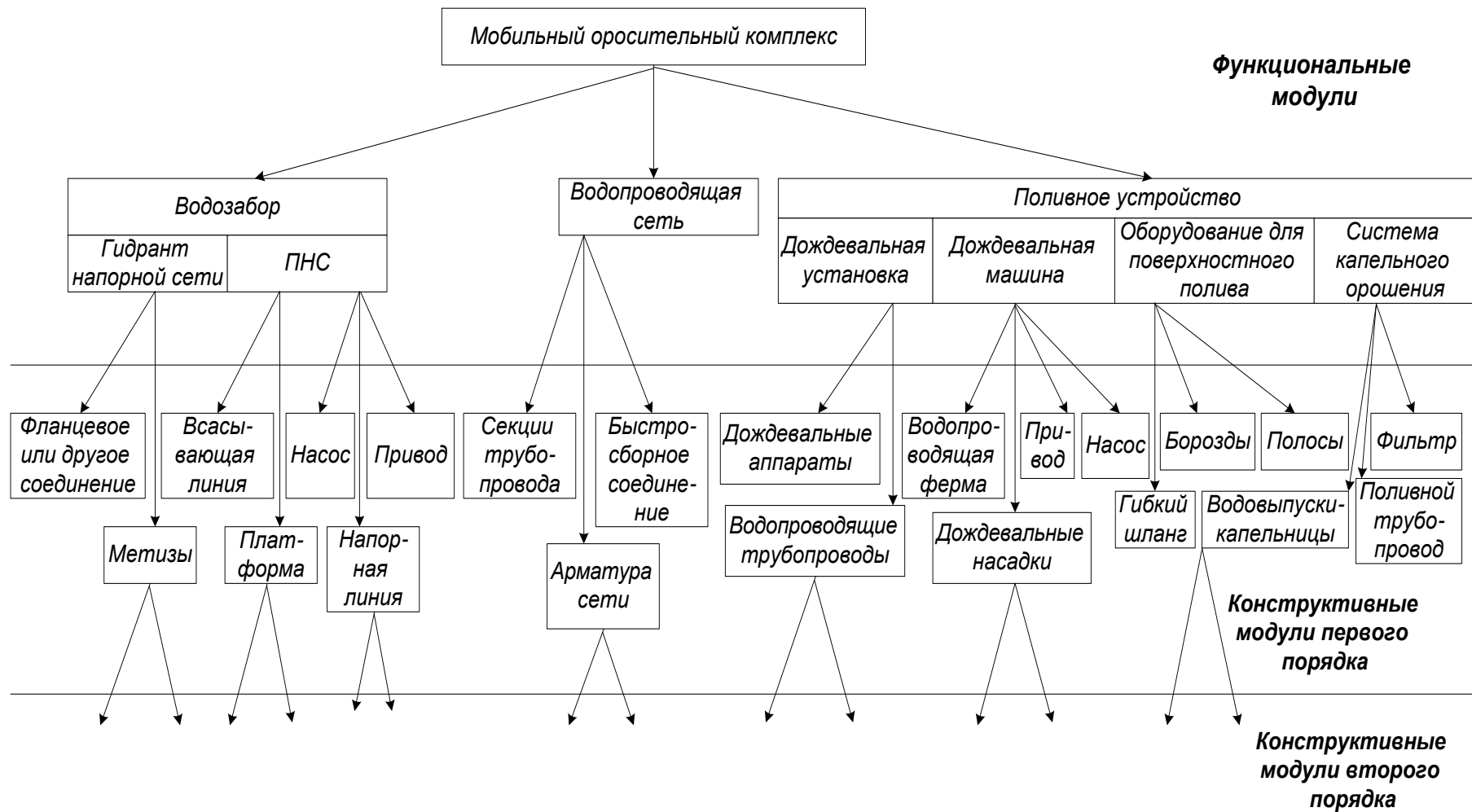


Рисунок 7 – Структурная схема мобильного оросительного комплекса

Таблица 10 – Элементы мобильного оросительного оборудования

Функциональный модуль мобильного оросительного комплекса	Условия применения
Дождевальные машины	При поливе дождеванием при всех видах оросительной сети (закрытая оросительная сеть, открытая, комбинированная)
Дождевальные установки	При поливе дождеванием при всех видах оросительной сети (закрытая оросительная сеть, открытая, комбинированная)
Разборные транспортирующие трубопроводы	При всех способах полива, при всех видах оросительной сети (закрытая оросительная сеть, открытая, комбинированная)
Передвижные насосные станции	При всех способах орошения, при всех видах оросительной сети (закрытая оросительная сеть, открытая, комбинированная)

Дождевальная машина – это передвижной самоходный агрегат для преобразования водного потока в дождь. Предназначена для полива дождеванием зерновых, овощных, кормовых, технических культур, ягодных кустарников, плодовых питомников, лугов, пастбищ и сенокосов.

В настоящее время разработаны и представлены на рынке в ассортименте различные дождевальные машины, различающиеся по производительности (сезонная нагрузка 30–160 га), максимальной высоте поливаемых культур (0,7–2,0 м), способу перемещения по поливному участку (фронтально, по кругу, продольно), способу забора воды (из гидранта напорной сети, из открытого канала и временного оросителя) и т. д.

Дождевальная установка – это комплект оборудования, состоящий из водопроводящего трубопровода и дождевальных аппаратов. Предназначена для полива дождеванием сельскохозяйственных культур. Полив производится стационарно. Устанавливается на поливном участке в начале периода вегетации и убирается по окончании. Развертывание дождевальных установок на орошаемом участке производится вручную или с помощью средств механизации. Забор воды производится из гидранта напорной сети или от насосной станции, установленной на канале или другом источнике орошения.

Разборный транспортирующий трубопровод служит для транспортировки воды от водозабора (передвижная насосная станция, гидрант напорной сети) к поливным устройствам (дождевальная установ-

ка, дождевальная машина, система капельного орошения, оборудование для поверхностного полива).

Включает в себя секции трубопровода, которые соединяются между собой с помощью быстросборных соединений (фланцевое, муфтовое, рас-трубное и др.), то есть является мобильным. Это позволяет перемещать трубопровод по севооборотному участку в межполивной период в зависимости от потребности в орошении той или иной культуры в севообороте.

Кроме того, разборные трубопроводы включают в себя необходимую арматуру:

- гидранты-водовыпуски, предназначенные для вывода воды из трубопровода на уровень выше поверхности земли и дальнейшей подачи ее к поливному устройству;

- задвижки устанавливаются в начале каждого оросительного трубопровода, а также в ответвлениях и предназначены для регулирования расхода оросительной воды и сброса при опорожнении ремонтных участков;

- обратные и предохранительные клапаны, предназначенные для гашения гидравлического удара, возникающего при внезапном включении насосов и прекращении подачи воды;

- воздушные вантузы, предназначенные для спуска излишнего воздуха, устанавливают в повышенных переломных точках профиля и в концевых или начальных точках оросительных трубопроводов;

- водовыпуски, применяемые для сбрасывания оросительной воды из трубопровода перед морозами, при ремонте и промывке, устанавливают их в пониженных точках профиля трубопровода или на отдельных ремонтных участках.

Передвижные насосные станции предназначены для забора воды из водоисточника и подачи ее через транспортирующий трубопровод с необходимыми напором и расходом к поливным устройствам. Передвижные насосные станции обладают существенными преимуществами перед стационарными в мобильности, возможности применения на различных участках, хранения в закрытом помещении в межполивной сезон. К ним относятся: навесные и прицепные тракторные насосные станции; насосные станции с собственными двигателями внутреннего сгорания и электродвигателями; плавучие насосные станции с двигателями внутреннего сгорания и электродвигателями.

Перспективным направлением является создание конструктивных и на их базе функциональных модулей, параметры которых соответствуют достижениям научно-технического прогресса, и последующая компоновка

из них мобильных оросительных комплексов с различными функциональными возможностями.

Типизация элементов мобильного оросительного комплекса на основе модульного принципа создает условия для перехода от строительства мобильных оросительных систем с индивидуальной комплектацией оборудования к прогрессивным формам организации производства с блочно-модульной комплектацией стандартного и нестандартного оборудования. Это даст возможность для широкой индустриализации методов проектирования, комплектации, поставки и монтажа оборудования, строительства и эксплуатации мобильных оросительных систем. Типизация создает возможность перехода на прогрессивные технологии каталожного и автоматизированного проектирования оросительных систем в целом.

8.2.3 Выбор дождевальной техники для использования в составе мобильного оросительного комплекса

Выбор дождевальных машин для использования в составе мобильного оросительного комплекса определяется следующими требованиями:

- мобильность – возможность перемещения дождевальной машины по полям севооборота в межполивной период;
- расход дождевальной машины и количество одновременно работающих ДМ не должны приводить к увеличению диаметра распределительного трубопровода более 400 мм, так как это увеличивает трудоемкость перемещения трубопровода в межполивной период.

Первому требованию удовлетворяют дождевальные машины, выпускаемые промышленностью в настоящее время: ДДА-100 ВХ, ДКДФ-1М [79] и дождевальные машины барабанного типа «Bauer» и другие аналоги. Конструкция дождевальных машин «Кубань», «Волжанка», «Днепр», «Фрегат» и «Ока» не дает возможности перемещать эти машины перпендикулярно направлению их движения во время работы с одного поля севооборота на другое без частичной или полной разборки, поэтому их использование в составе мобильной оросительной сети не целесообразно.

Второму требованию удовлетворяют все перечисленные дождевальные машины при соблюдении следующего условия: суммарный расход всех дождевальных машин, которые питаются от одного магистрального передвижного трубопровода не должен превышать 180 л/с при отсутствии своей насосно-силовой установки и 240 л/с при наличии на дождевальной машине насосно-силовой установки. Исходя из этого, можно определить

следующий лимит использования дождевальной техники для работы в составе мобильной оросительной сети от одного распределительного трубопровода:

- не более двух машин – ДДА-100ВХ, ДКДФ-1М;
- не более шести машин – машины барабанного типа.

8.2.4 Алгоритм расчета параметров мобильного оросительного комплекса

Гидравлические расчеты для подбора диаметра быстросборного трубопровода и определения в нем гидравлических сопротивлений мало отличаются от расчетов для обычных постоянных трубопроводов. Главной особенностью быстросборных трубопроводов является наличие большого количества стыковых соединений, легкая доступность к каждой трубе и соединению для осмотра, очистки и ремонта. Поэтому при расчете гидравлических сопротивлений следует пользоваться таблицами и формулами, рекомендуемыми для новых труб, а местные потери превышают 10 % от потерь по длине и рассчитываются по специальным формулам. Также одной из особенностей мобильной оросительной сети является возможность работы от гидранта напорной сети, что позволяет экономить на приобретении и эксплуатации передвижной насосной станции. При расчете гидравлического удара не учитывается давление грунта, оказываемое на трубопровод.

Подбор диаметра трубопровода и насосного оборудования к нему производится по алгоритму, представленному на рисунке 8.

На первом этапе определяют исходные данные. Необходимые напор и расход в голове трубопровода определяют в зависимости от способа орошения. При орошении дождеванием определяют количество одновременно работающих машин и параметры трубопровода: его длину, напор и расход на входе в машину, перепад отметок между уровнем воды в водосточнике и самой удаленной, наивысшей точкой отбора воды из рассчитываемого трубопровода.

Материал труб выбирают в зависимости от максимального рабочего давления в трубопроводе. Кроме этого, трубопровод должен быть быстро разборным, иметь минимальный вес и габариты отдельных элементов трубопровода.

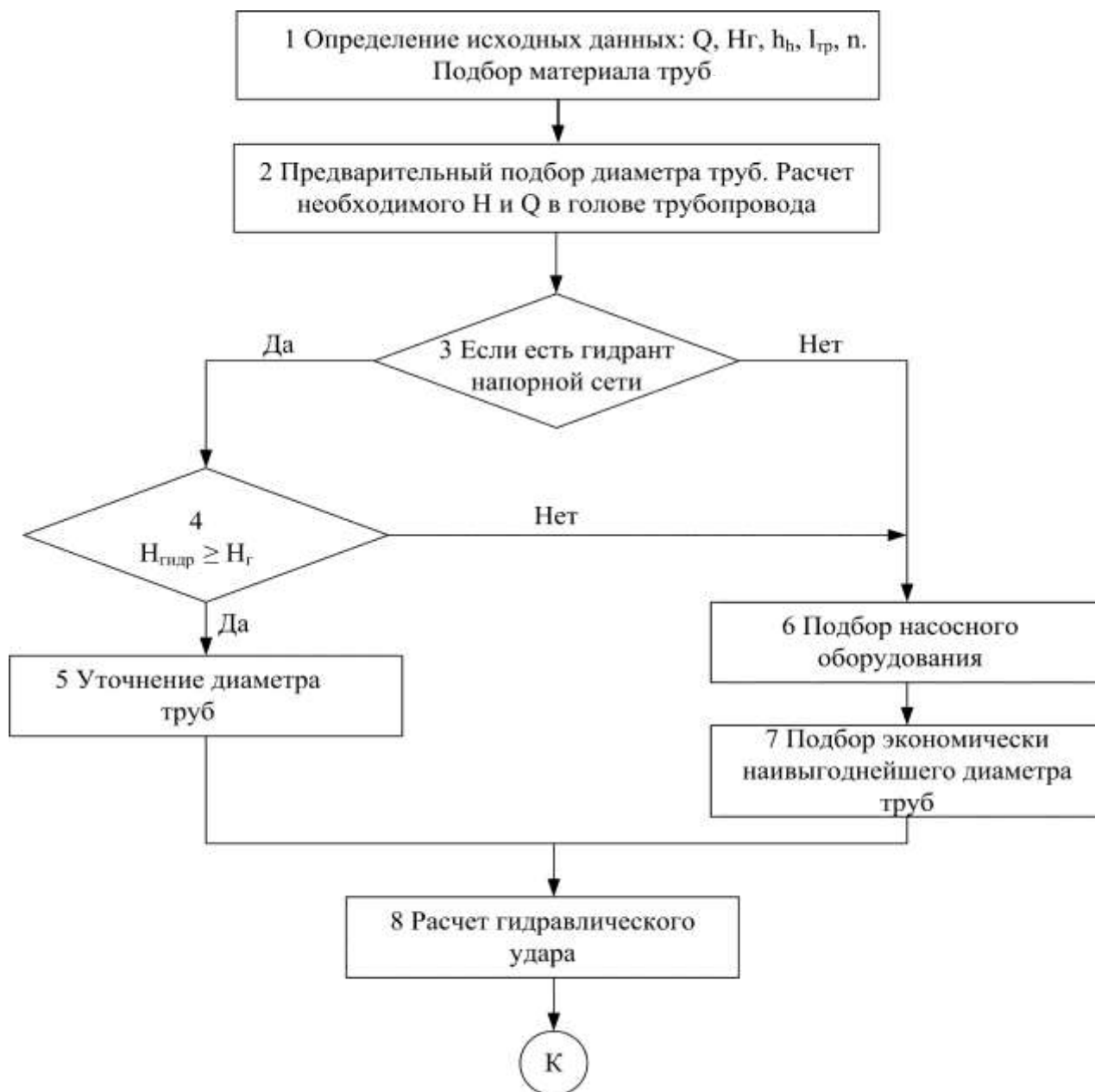


Рисунок 8 – Блок-схема алгоритма гидравлического расчета мобильной оросительной сети

На втором этапе производят гидравлический расчет трубопроводов, который заключается в подборе их диаметров, определении потерь напора, чтобы в дальнейшем установить требуемый полный напор как в голове сети, так и по участкам трубопровода.

При этом напор воды на выходе из гидранта должен соответствовать напору, потребному для нормальной работы поливных устройств.

Расход воды в голове трубопровода (нетто и брутто) Q_p^{HT} , Q_p^{BP} , л/с, определяют по формулам:

$$Q_p^{HT} = qn, \quad (14)$$

$$Q_P^{BP} = \frac{Q_{HT}}{\eta_{TP}}, \quad (15)$$

где q – расход воды одной дождевальнoй машиной, л/с;

n – количество одновременно работающих дождевальнoх машин;

$\eta_{TP} = 0,96–0,97$ – коэффициент полезного действия трубопровода.

Предварительный диаметр d , мм, определяют по расходу воды, который необходимо подать для одновременно работающих машин:

$$d = 1000 \sqrt{\frac{4Q_P^{BP}}{\pi v_{opt}}}, \quad (16)$$

где $\pi = 3,14$ – математическая константа, выражающая отношение длины окружности к длине ее диаметра;

v_{opt} – оптимальная скорость движения воды в расчетном участке трубопровода, м/с.

В соответствии с сортаментом подбирают ближайший диаметр труб.

Уточняют скорость движения воды v , м/с, в трубопроводе при внутреннем диаметре d , при этом следует иметь ввиду, что наивыгоднейшие скорости движения воды для магистральных каналов составляют 1,5–3,0 м/с, а для распределительных 0,9–2,6 м/с:

$$v = \frac{1,13^2 Q}{d^2}. \quad (17)$$

Расчетный напор в голове трубопровода H_P , м, определяют по формуле:

$$H_P = \pm H_G + \Sigma h_l + \Sigma h_m + h_h, \quad (18)$$

где H_G – геометрический (геодезический) напор, м;

Σh_l – суммарные потери напора по длине трубопровода, м;

Σh_m – суммарные потери напора на местные сопротивления, м;

h_h – рабочий напор воды на гидранте, необходимый для обеспечения работы дождевальнoй техники.

Потери напора по длине трубопровода h_l , м, определяют по формуле:

$$h_l = i \cdot l, \quad (19)$$

где i – потери напора на единицу длины трубопровода (гидравлический уклон);

l – длина трубопровода, м;

Для пластмассовых труб потери напора на единицу длины трубопровода вычисляют по формуле:

$$i = \frac{0,000685 \cdot v^{1,774}}{d^{1,226}}, \quad (20)$$

Для стальных и чугунных водопроводных труб:

$$\text{- при } v_{cp} \geq 1,2 \text{ м/с:} \quad i = 0,00107 \frac{v_{cp}^2}{d^{1,3}}; \quad (21)$$

$$\text{- при } v_{cp} < 1,2 \text{ м/с:} \quad i = 0,000912 \frac{v_{cp}^2}{d^{1,3}} \left(1 + \frac{0,867}{v_{cp}} \right)^{0,3}, \quad (22)$$

где v_{cp} – средняя скорость движения воды, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с², $g = 9,81$ м/с².

Находят потери напора на местные сопротивления, h_m , м:

$$h_m = \xi \frac{v^2}{2g}, \quad (23)$$

где ξ – коэффициент потерь на местные стыковые сопротивления (выбирают по таблице 11).

Таблица 11 – Значения ξ для соединений пластмассовых труб

Тип соединения	Расчетная формула	Материал труб	Область применения
Фланцевый	$\xi = 0,148 - 0,344d$	Полиэтилен или винипласт	$2,8 \cdot 10^5 < Re < 5 \cdot 10^5$
Сварной	$\xi = \frac{0,0046}{d^{1,75}}$		$1,8 \cdot 10^5 < Re < 5 \cdot 10^5$
Раструбный	$\xi = 0,113 - 0,225d$		$2,4 \cdot 10^5 < Re < 5,6 \cdot 10^5$
Муфтовый	$\xi = 0,045 - 0,156d$		$1,8 \cdot 10^5 < Re < 6 \cdot 10^5$

На третьем этапе, после того как определили напор и расход в голове трубопровода, необходимо определиться с источником орошения.

Если забор воды производится из открытого водоисточника (канал, пруд, водохранилище), то необходимо произвести расчет насосного оборудования (этап 6).

Если же имеется гидрант, то выходим на следующее условие (этап 4):

$$H_p \leq H_{гидр}, \quad (24)$$

где $H_{гидр}$ – напор воды на гидранте-водоисточнике, м.

При выполнении условия насосная станция не рассчитывается, а производится уточнение диаметра труб (этап 5).

На пятом этапе задают ряд стандартных значений диаметров в диапазоне от расчетного и определяют для каждого необходимый напор по формуле (24). Расчетные значения заносят в таблицу 12.

Таблица 12 – Напор в голове трубопровода

Диаметр труб наружный D, мм	Диаметр труб внутренний d, мм	H _г , м	i	l, м	h _л , м	h _м , м	h _н , м	H _р , м
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Определяют, при каком диаметре наиболее оптимально выполняется условие (18), и полученный диаметр принимают за расчетный.

Если условие (этап 4, рис. 8) не выполняется, то выполняется расчет насосного оборудования (этап 6).

Основными параметрами каждого насоса являются подача Q , напор H , мощность N и коэффициент полезного действия (КПД) η .

Потребное количество насосов (n , шт.) для насосной станции, подающей воду по трубчатой напорной сети, определяют по формуле, шт.:

$$n = \frac{Q_{\max}}{Q_{\min}}, \quad (25)$$

где Q_{\max} – подача воды насосной станцией, обеспечивающая максимальное количество одновременно работающих дождевальных машин, м³/с;

Q_{\min} – подача воды насосной станцией, обеспечивающая минимальное количество одновременно работающих дождевальных машин, м³/с.

Если забор воды производится из открытого водоисточника, то расчетный напор H'_p определяют по формуле 18. При заборе воды из гидранта напорной сети расчетный напор H'_p , м, будет равен:

$$H'_p = H_p - H_{\text{гидр}}. \quad (26)$$

По определенному напору и имеющемуся расходу определяем марку насоса и основные его характеристики.

На седьмом этапе алгоритма производят уточнение диаметра магистрального трубопровода, исходя из технико-экономического расчета. Определяют диапазон диаметров (в метрах), в пределах которого находится экономически наиболее выгодный диаметр нити напорного трубопровода для расходов в пределах $(0,75 - 1,2)Q_p^{BP}$.

Полученные значения диаметров (не менее трех вариантов) округляют до стандартных и определяют приведенные затраты на единицу длины трубопровода для каждого диаметра K_{np} , руб., по формуле:

$$K_{np} = K_T + (p_T K_T + \mathcal{E}) T_n, \quad (27)$$

где K_T – стоимость единицы длины нити трубопровода, руб.;

p_T – норма амортизационных отчислений и отчислений на текущий ремонт, $p_T = 0,051$;

\mathcal{E} – стоимость затрачиваемой электроэнергии, руб.;

T_n – нормативный срок окупаемости (восемь лет):

$$\mathcal{E} = \frac{9,81 Q_p^{BP} H_p T \cdot a}{\eta_n \eta_{дв}}, \quad (28)$$

где H_p – расчетный напор насоса, м;

T – продолжительность работы насосной станции в поливной сезон:

$$T = \sum t_i b, \quad (29)$$

где t_i – число суток в периоде;

b – число часов работы насосной станции в сутки;

a – стоимость кВт·час электроэнергии или кг·час/л. с. жидкого топлива, руб. Для жидкого топлива:

$$a = \frac{q_T}{N_{НС}} \cdot C_T \cdot \frac{1}{1,36}, \quad (30)$$

где q_T – расход топлива, кг/ч;

$N_{НС}$ – мощность НС, л. с.;

C_T – стоимость единицы жидкого топлива;

1,36 – переводной коэффициент из л. с. в кВт.

η_n – КПД насоса, равное 0,70–0,80;

$\eta_{дв}$ – КПД электродвигателя, равное 0,95.

Определяют приведенные затраты, приходящиеся на один год, в пределах нормативного срока окупаемости Π , руб/год:

$$\Pi = \frac{K_{np}}{T_n}. \quad (31)$$

Проводимые расчеты сводят в таблицу 13.

Таблица 13 – Приведенные затраты на единицу длины напорного трубопровода

D, мм	v, м/с	h _л , м	h _м , м	H _р , м	K _т , руб.	P _т K _т , руб.	Э, руб.	K _{пр} , руб.	П, руб./год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Для наглядности строят график $P = f(D)$. Принимают к установке нить трубопровода с таким диаметром, которому соответствуют наименьшие приведенные затраты.

На восьмом этапе производят расчет гидравлического удара. Он вызывает значительное повышение напряжений в материале труб, связанное с повышением давлений в несколько десятков и даже сотен раз по сравнению со статическим. Это может повлечь за собой разрыв трубопровода и его деформацию с нарушением стыковых соединений. Чтобы иметь представление о влиянии гидравлического удара на прочность трубопровода и на состояние стыков, необходимо рассчитать величину повышенного давления в трубопроводе при гидравлическом ударе. Полученное значение сравнивается с давлением, которое могут выдержать те или иные трубы, для которых ведется гидравлический расчет.

Рассчитывают фактическое давление в трубопроводе, P_u , Па:

$$P_u = \rho g H_p, \quad (32)$$

где ρ – плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

H_p – напор в голове оросительной системы, м.

Давление в трубопроводе при гидравлическом ударе P , МПа:

$$P = P_u + \frac{\rho a v_{об}}{1000000}, \quad (33)$$

где a – скорость распространения ударной волны, м/с;

$v_{об}$ – обратная скорость движения воды, м/с, равная 0,6 ее скорости в прямом направлении.

Скорость распространения ударной волны рассчитывают по формуле Н. Е. Жуковского:

$$a = \frac{1425}{\sqrt{1 + \frac{E_e}{E_m} \cdot \frac{d}{\delta}}}, \quad (34)$$

где E_e – модуль упругости воды, равный $2,1 \cdot 10^8$ кг с/м²;

E_m – модуль упругости материала труб (для полиэтиленовых – $1,4\text{--}2,0 \cdot 10^8$; для стальных – $2,1 \cdot 10^{10}$; для чугунных – $1,0 \cdot 10^{10}$; асбестоцементных – $0,12\text{--}0,18 \cdot 10^{10}$; железобетонных – $0,37\text{--}5,6 \cdot 10^{10}$ кг с/м²;

d – внутренний диаметр трубопровода, м;

δ – толщина стенок трубопровода, м.

Если значение давления в трубопроводе при гидравлическом ударе превышает давление, которое выдерживают принятые трубы, то необходимо предусмотреть предохранительные клапаны, а также использовать задвижки на гидрантах, время закрытия которых является безопасным.

8.2.5 Типовые схемы и параметры мобильных оросительных комплексов

На конфигурацию типовых схем использования мобильных оросительных комплексов влияют такие факторы, как тип и расположение водоемкого источника по отношению к орошаемому севообороту, рельеф местности, состав культур и площадь полей в севообороте.

Ниже представлены типовые схемы орошения пяти и шестипольных циклически орошаемых севооборотов с использованием дождевальной техники [78]. Во всех случаях трубопроводы располагали на поверхности полей. Для обеспечения беспрепятственного проезда сельскохозяйственной техники на трубопроводах необходимо предусматривать переезды в виде земляной насыпи.

Для локальных участков орошения на местном стоке рассмотрим некоторые варианты компоновки оросительной сети.

На рисунках 9–11 рассмотрено самое невыгодное расположение орошаемого поля в циклически орошаемом севообороте по отношению к водоемкому источнику [80]. Приведенные в таблицах 14–16 параметры мобильного оросительного оборудования позволяют произвести полив любого поля рассматриваемого севооборота. При расчетах здесь и далее геодезическая высота подъема от водоемкого источника до высоко расположенного гидранта оросительной сети принята равной 10 м. Расчет производился по разработанному в ФГБНУ «РосНИИПМ» алгоритму, приведенному в пп. 8.2.4 настоящих методических указаний.

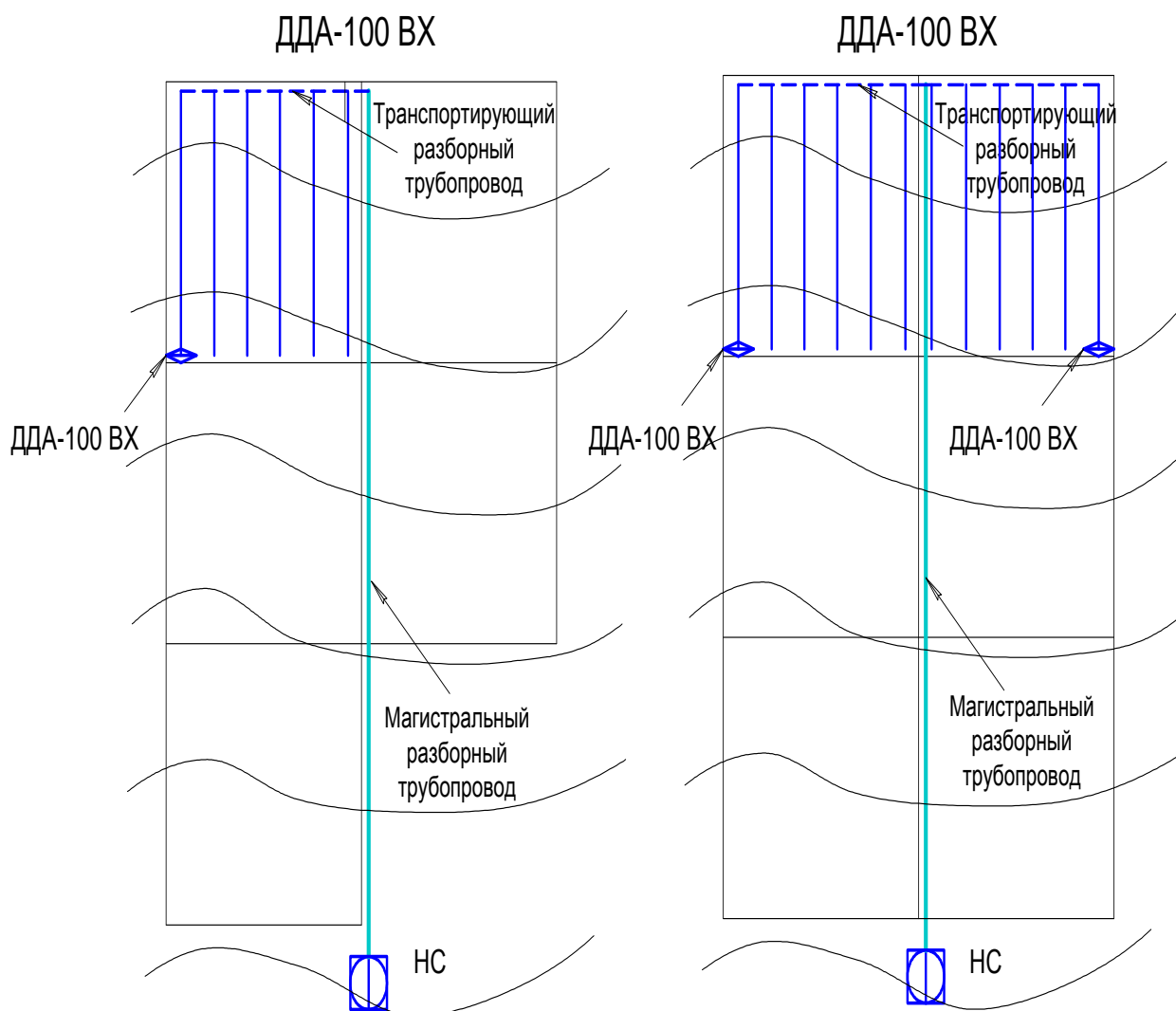


Рисунок 9 – Типовая схема расположения мобильного оросительного комплекса с использованием дождевальной машины фронтального действия ДДА-100 ВХ, ДКДФ-1М

Таблица 14 – Параметры мобильного оросительного комплекса с использованием дождевальной машины ДДА-100ВХ, ДКДФ-1М

Элемент мобильного оросительного оборудования	Пятипольный севооборот с одним орошаемым полем	Шестипольный севооборот с двумя орошаемыми полями
1	2	3
Передвижная насосная станция	СНП-120/30, подача 80–175 л/с, напор 23–39 м	СНП-240/30, подача 160–340 л/с, напор 18–28м

Продолжение таблицы 14

1	2	3
Материал трубопровода – полиэтилен		
Диаметр магистрального трубопровода: - принятый, мм - расчетный, мм	250 252	355 363
Диаметр распределительного трубопровода: - принятый, мм - расчетный, мм	250 252	250 252
Материал трубопровода – сталь		
Диаметр магистрального трубопровода: - принятый, мм - расчетный, мм	325 252	325 363
Диаметр распределительного трубопровода: - принятый, мм - расчетный, мм	325 252	325 252
Длина магистрального трубопровода, м	≤ 2600	≤ 2600
Длина распределительного трубопровода, м	≤ 1200	≤ 2400

Таблица 15 – Параметры мобильного оросительного комплекса с использованием дождевальной машины ДДН-100

Элемент мобильного оросительного оборудования	Пятипольный севооборот с одним орошаемым полем	Шестипольный севооборот с двумя орошаемыми полями
1	2	3
Передвижная насосная станция	СНП-120/30, подача 80–175 л/с, напор 23–39 м	СНП-240/30, подача 160–340 л/с, напор 18–28 м
Материал трубопровода – полиэтилен		
Диаметр магистрального трубопровода: - принятый, мм - расчетный, мм	250 252	355 363

Продолжение таблицы 15

1	2	3
Диаметр распределительного трубопровода: - принятый, мм - расчетный, мм	250 252	250 252
Материал трубопровода – сталь		
Диаметр магистрального и распределительного трубопровода: - принятый, мм - расчетный, мм	325 252	325 252
Длина магистрального трубопровода, м	≤ 2600	≤ 2600
Длина распределительного трубопровода, м	≤ 1200	≤ 2400

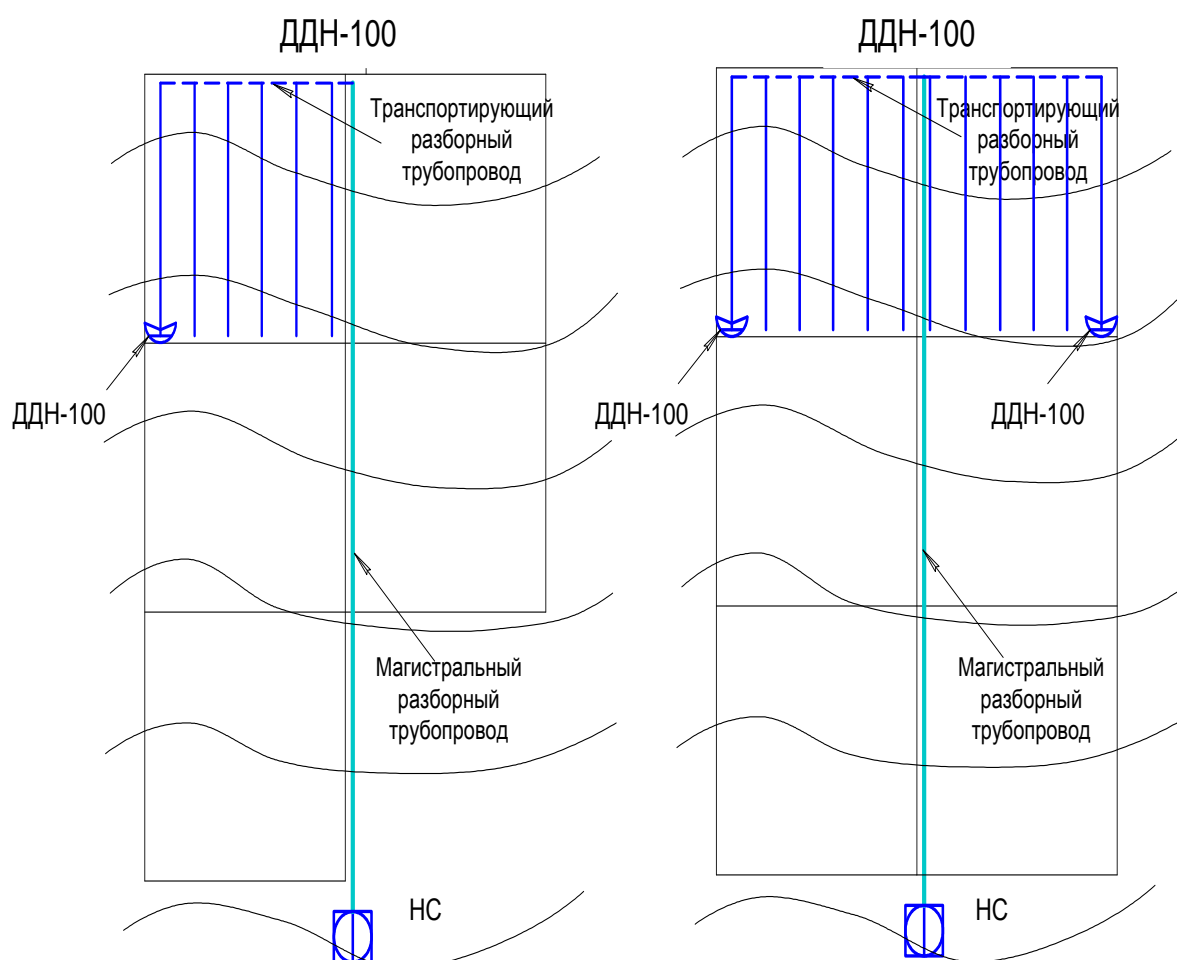


Рисунок 10 – Типовая схема расположения мобильного оросительного комплекса с использованием дождевальной машины ДДН-100

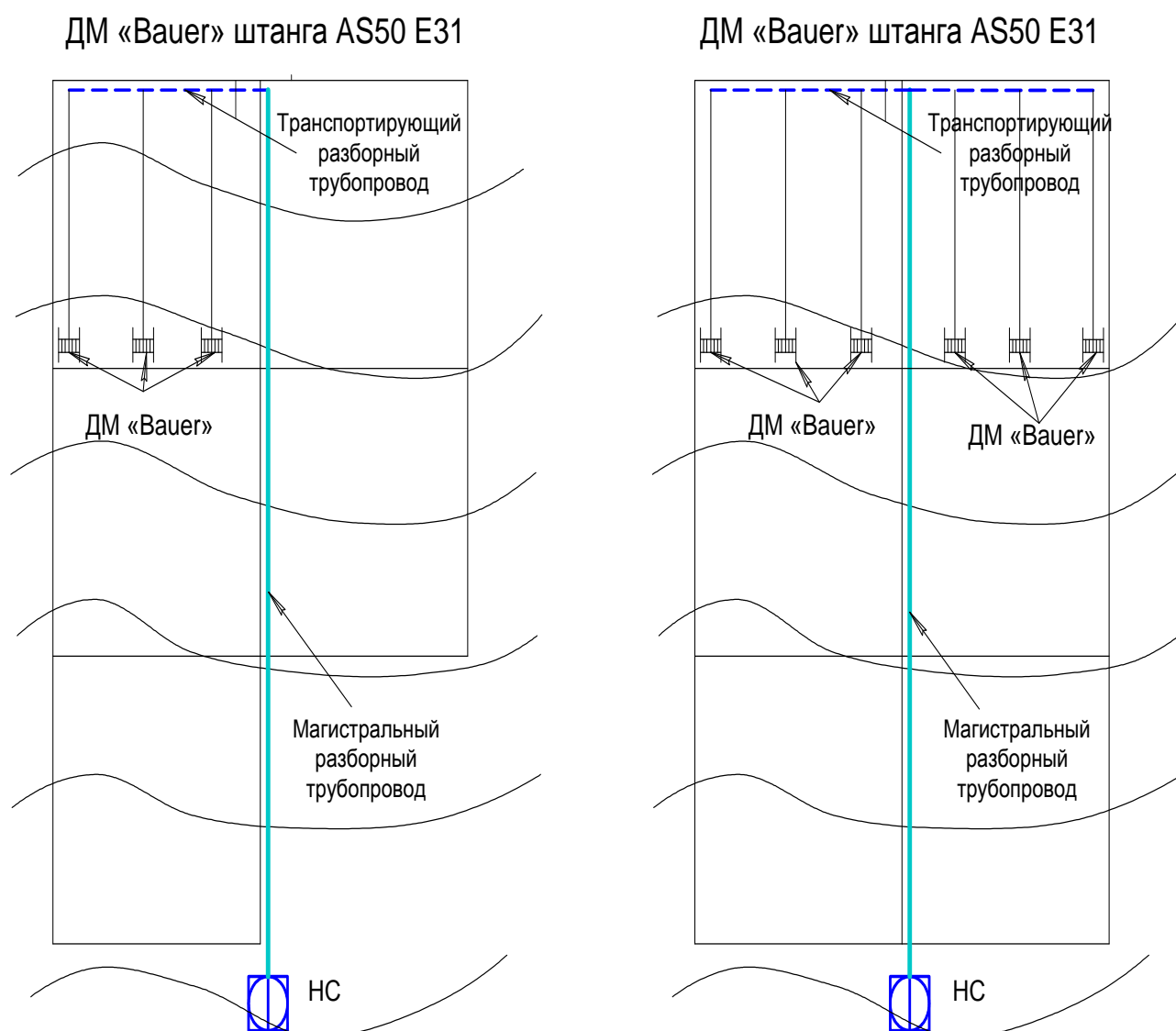


Рисунок 11 – Типовая схема расположения мобильного оросительного комплекса с использованием ДМ «Bauer» Штанга AS50 E31 100-520

Таблица 16 – Параметры мобильного оросительного комплекса с использованием ДМ «Bauer» Штанга AS50 E31 100-520

Элемент мобильного оросительного оборудования	Пятипольный севооборот с одним орошаемым полем	Шестипольный севооборот с двумя орошаемыми полями
1	2	3
Передвижная насосная станция	СНП-80/80, подача 70–110 л/с, напор 65–82 м	СНП-100/100, подача 90–135 л/с, напор 85–100 м (2 шт.)

Продолжение таблицы 16

1	2	3
Материал трубопровода – полиэтилен		
Диаметр магистрального трубопровода: - принятый, мм - расчетный, мм	250 222	315 309
Диаметр распределительного трубопровода: - принятый, мм - расчетный, мм	250 222	250 222
Материал трубопровода – сталь		
Диаметр магистрального трубопровода: - принятый, мм - расчетный, мм	273 222	325 309
Диаметр распределительного трубопровода: - принятый, мм - расчетный, мм	273 222	273 222
Длина магистрального трубопровода, м	≤ 1250	≤ 1250
Длина распределительного трубопровода, м	≤ 1200	≤ 2400

Применение полученных параметров мобильной оросительной сети (материал и диаметр трубопровода, марка насосной станции) для конструирования мобильной оросительной сети на конкретном севооборотном участке возможно, если реальная длина трубопровода меньше или равна приведенной в таблицах, а геодезическая высота подъема от водоисточника до максимально высоко расположенного гидранта меньше или равна 10 м. В противном случае необходимо произвести расчет параметров и подбор элементов мобильного оросительного комплекса по алгоритму, приведенному в пункте 8.2.4 настоящих методических указаний.

8.3 Системы лиманного орошения

При создании новых систем ЛО и реконструкции уже существующих необходимо предъявлять высокие требования, такие как и к системам регулярного орошения: они должны быть технически совершенными, обеспечивать экономное и наиболее эффективное использование воды, исключать возможность подъема уровня грунтовых вод и возможность вто-

ричного засоления почв, гарантировать получение высоких урожаев всех сельскохозяйственных культур, возделываемых на их площадях. В этом плане наиболее совершенными в техническом отношении считаются ярусные лиманы, конструкция которых позволяет регулировать глубину их наполнения, продолжительность стояния воды и величину оросительной нормы [11, 23].

8.3.1 Типы и конструкции

Лиманы можно подразделить на естественные, представляющие собой природные понижения, затопляемые талыми водами без вмешательства человека, и искусственные, создаваемые различными способами, в зависимости от рельефа местности, системой земляных оградительных валов или плотин.

Лиманы, создаваемые одним валом или дамбой, называются простыми или одноярусными. По глубине наполнения лиманы подразделяют на мелководные (15–40 см), среднего наполнения (40–70 см), глубоководные (более 70 см). Лиманы, создаваемые одним валом или дамбой, называют простыми или одноярусными, а несколькими рядами валов – ярусными или многоярусными. Ярусы, в свою очередь, могут быть разделены валами (вдоль склона) на части – секции.

Для устройства лиманов в долинах рек выбирают наиболее широкие и выровненные участки. Затопление ярусов таких лиманов и регулирование продолжительности стояния в них воды обеспечиваются водовыпусками, устроенными в валах лиманов. В долинах и поймах рек наиболее оптимально устройство пойменных лиманов. Это простые глубоководные и ярусные лиманы, использующие сток с больших водосборных площадей с задержкой валами объемов воды, в несколько раз превышающих необходимость для проектного увлажнения почвы. Лиманы в долинах и поймах создают путем строительства плотин в русле рек и системы валов на прилегающей площади. В период паводка при помощи плотины поднимают уровень воды в реке. Вода выходит из берегов на прилегающие земли, где посредством системы валов и сооружений распределяется по орошаемой площади.

В некоторых случаях возникает необходимость инженерного обустройства территорий естественных лиманов, которые представляют собой понижения глубиной до 3 м с пологими берегами и плоским дном, постепенно сливающиеся с окружающей равниной [11]. При наполнении самые

пониженные места затапливаются часто, срединные места затапливаются реже неглубоким слоем и ненадолго, а прилегающие повышенные места чаще всего остаются наименее увлажненными. В этих случаях целесообразно инженерное обустройство территории естественного лимана путем обвалования его верховой части. Это позволит задержать на возвышенной территории лимана часть избыточной воды, что в свою очередь увеличит площадь влагозарядкового полива.

На склонах степных водосборов рационально устройство лиманов непосредственного наполнения талыми водами. Это простые и многоярусные мелководные лиманы, использующие сток с малых водосборов, задерживающие расчетный объем стока.

При проектировании, а также реконструкции существующих систем ЛО следует внимательно рассмотреть вопрос возможности устройства ярусных лиманов мелкого слоя затопления, что в итоге сокращает удельную водосборную площадь и оросительную норму и позволяет в большинстве случаев обходиться только земляными водообходами без специальных сооружений. Преимущества их, в отличие от глубоководных, заключаются в более равномерном распределении воды, отсутствии переувлажненных и заболоченных участков, в малых оросительных нормах, отвечающих потребностям возделываемых культур, в возможности применения их как для пойменных (равнинных) участков, так и для склоновых [23]. Наиболее совершенными в техническом отношении считаются ярусные лиманы, конструкция которых позволяет регулировать глубину их наполнения, продолжительность стояния воды и величину оросительной нормы.

В хозяйствах, расположенных вблизи водохранилищ, оросительных и обводнительных каналов, стоит рассмотреть возможность дополнительного затопления лиманов из этих водоисточников. Как правило, в этом случае применяют мелководные ярусные лиманы, которые могут использовать воды местного стока и воду из ООС. Существующие системы ЛО, которые получили дополнительный источник водного питания, должны быть изменены и приспособлены для этих новых условий.

По ряду критериев возможен выбор оптимальной схемы устройства лиманов с помощью классификации и схемы (таблица 17), предложенной акад. Б. Б. Шумаковым [11].

Таблица 17 – Классификатор лиманов

Название лиманов	Используемый местный сток	Характеристика рельефа, уклон	Глубина затопления	Число ярусов	Сельскохозяйственное использование
1	2	3	4	5	6
Лиманы водораздельного плато	Склоновый сток	Водораздельное плато, слабоволнистый рельеф, $i=0,0003-0,001$	Мелкого (до 0,5 м) затопления	Одноярусные и многоярусные	Однолетние и многолетние травы, пастбища, сорго, суданка, кукуруза на силос
Лиманы, устраиваемые на пологих склонах	Склоновый сток, сток по тяжин и лощин, сток овражно-балочной сети	Склоны водосборных бассейнов от водораздельного плато пойменных террас, $i=0,0003-0,001$	То же	То же	Однолетние и многолетние травы, пастбища, сорго, суданка, кукуруза на силос, корнеплоды, сады, ягодники, бахчевые
Лиманы замкнутых понижений	То же	Склоны замкнутого понижения, пониженная чаша, $i=0,0003-0,001$	«	Одноярусные и многоярусные, кольцевой формы	Луга, пастбища, сенокосы
Лиманы потяжин и лощин	Склоновый сток, сток по тяжин и лощин	Склоны, потяжины и лощины с тальвегами, $i=0,0003-0,001$	Мелкого (до 0,5 м) и глубокого ($> 0,5$ м) затопления	Одноярусные и многоярусные	Луга, пастбища, сенокосы, сады, ягодники, бахчевые
Лиманы, питаемые сбросными водами из водохранилищ и прудов	Сток овражно-балочной сети	Склоны, поймы и пойменные террасы $i=0,0003-0,001$	То же	Многоярусные	Луга, пастбища, сенокосы, однолетние и многолетние травы (на мелководных лиманах), суданка, сорго, кукуруза на силос, сады, бахчевые, корнеплоды
Лиманы, использующие сток степных рек и их притоков	Сток степных рек и их притоков	Пойменные и надпойменные террасы прилегающей степи, достаточно выровненные, $i=0,0003-0,001$	Глубокого ($> 0,5$ м) затопления	То же	Луга, пастбища, сенокосы

Продолжение таблицы 17

1	2	3	4	5	6
Пойменные лиманы	Сток степных, равнинных рек и их притоков	Поймы рек, $i=0,0003-0,001$	То же	«	То же
Лиманы, питаемые водами оростельно-обводнительной системы	Склоновый сток, сток по-тяжин и ложин, сток овражно-балочной сети, воды ООС	Пологие склоны, расположенные ниже трассы оросительно-обводнительного канала, $i=0,0003-0,001$	Мелкого ($< 0,5$ м) затопления	«	Зерновые, кормовые, однолетние и многолетние травы, люцерна, суданка, сорго, кукуруза на силос и зерно, бахчевые, пропашные, сады

Усовершенствование технологии ЛО базируется на научно обоснованном выборе конструкции систем ЛО, входящих в нее элементов, схемы ее размещения на территории и технологии водораспределения с учетом всех влияющих факторов.

Прежде всего, акцент сделан на возможность устройства таких систем орошения на местном стоке, где участки ЛО могут работать в первую очередь как аккумуляторы вод местного стока, а во вторую – как территории дополнительного периодического полива в зависимости от водности года и эколого-мелиоративного состояния (т. е. рационально дополняют технологию ЦО и ПО).

Так, например, на временных водотоках 2 рекомендовано устраивать ярусные лиманы (рисунок 12а) мелкого и среднего наполнения, аккумулирующие воды в период стока талых снеговых и ливневых вод.

В зоне расположения плотины водохранилища 3 (пруда) целесообразно устраивать системы лиманов, которые возможно помимо затопления склоновым стоком дополнительно наполнять из отводного канала 6 в период прохождения паводка (рисунок 12б).

В пойменной части рек и временных водотоков, обладающих достаточными объемами воды в период паводков, возможно устройство прирусловых лиманов как среднего, так и глубокого наполнения (рисунок 12в). В этом случае необходимо запроектировать водосбросные сооружения 14 в валах лиманов для устранения негативных проявлений избыточного переувлажнения.

Особый интерес следует уделить созданию комбинированных систем регулярного, периодического и циклического орошения в сочетании с си-

стемами ЛО (рисунок 12г, д). Такие участки следует располагать на пологих склонах в зоне водохранилища (пруда) так, чтобы верхние ярусы лиманов имели возможность аккумулировать непроемительно стекающие воды местного стока с вышерасположенной водосборной площади.

Воды местного стока возможно использовать по двум вариантам: либо по классической схеме, т. е. непосредственно на лиманное орошение территории; либо саккумулированные воды при необходимости могут быть перераспределены на соседний орошаемый участок.

Первый вариант (классический) может быть усовершенствован за счет подачи необходимого, но возможно не обеспеченного стоком объема воды, посредством работы соседнего орошаемого участка через поливной канал 10. Кроме того, предложенная схема компоновки орошаемого участка 9 г позволяет эффективно использовать его сбросные и коллекторно-дренажные воды путем их аккумуляции в сбросном канале 13, промежуточном отстаивании и предварительной подготовке в концевом пруде-распределителе 7 и повторной подаче на орошение с промежуточной позиции 8.

На узле 7 может быть использован в качестве примера способ очистки дренажного стока и устройство для его осуществления, разработанный ФГБНУ «РосНИИПМ» (пат. № 2401804) [80].

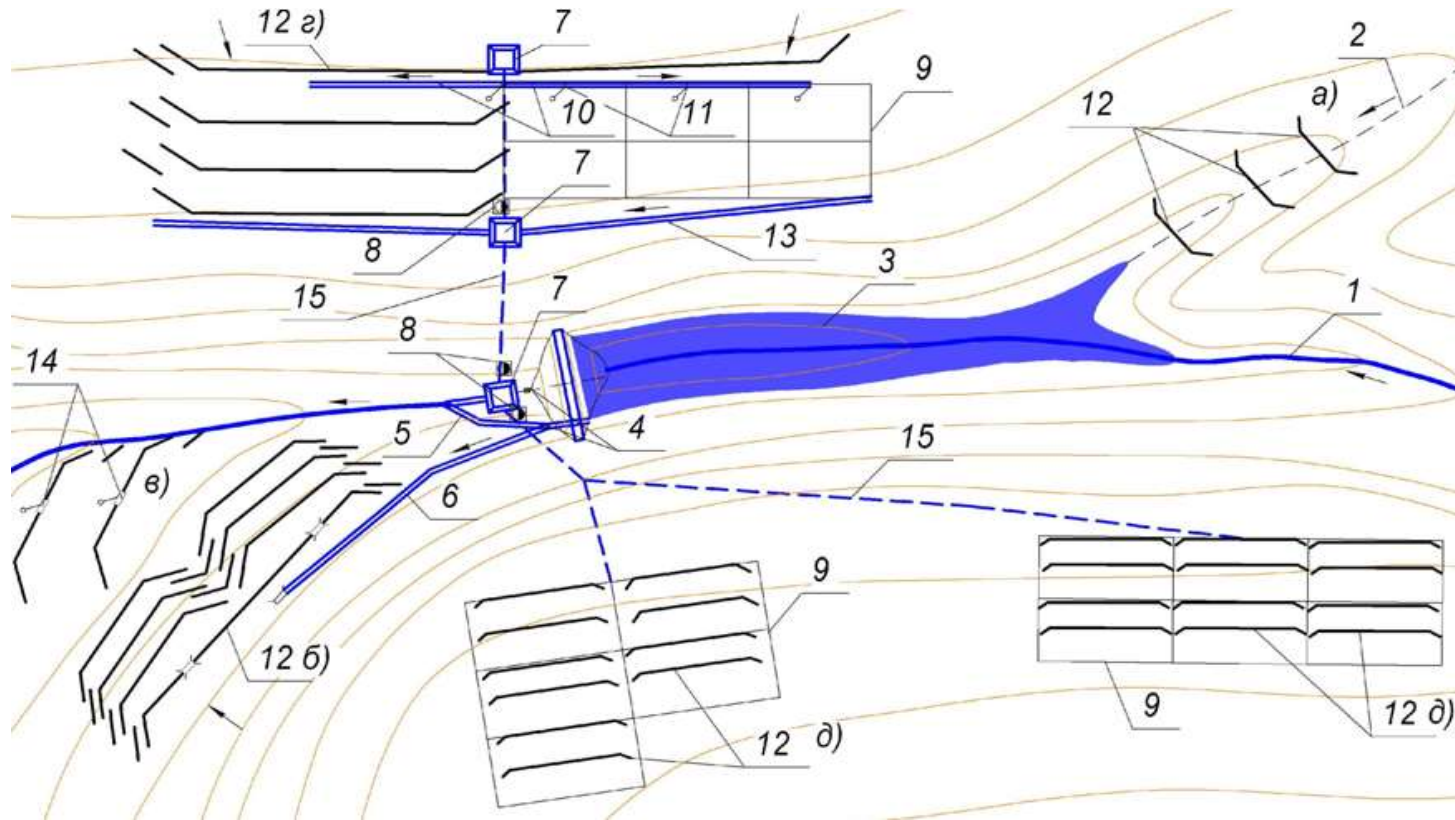
Второй вариант перераспределения местного стока может быть осуществлен как самотеком через пруд-распределитель 7, устроенный в верхнем ряду валов лиманов, по поливному каналу 10 через водовыпуски 11, так и в напорном режиме насосной станцией с позиции 8, через пруд-распределитель 7, расположенный в нижнем бьефе водохранилища 3. При использовании этой схемы возможны следующие преимущества эффективного использования вод местного стока:

- могут быть поданы на любой орошаемый участок, нуждающийся в этом, а не только на соседний, как в первом случае;

- могут получить дополнительную промежуточную подготовку в узле 7 путем отстаивания, фильтрации, прогрева, насыщения водорастворимыми удобрениями и гербицидами;

- при необходимости могут быть разбавлены водой из водохранилища 3;

- в случае недостаточного объема аккумулированного стока на водосборе он может быть дополнен из водохранилища, причем предложенная компоновка системы позволяет срабатывать воду из водохранилища через подпорно-регулирующее сооружение 4, через пруд-распределитель 7 нижнего бьефа, вплоть до уровня мертвого объема.



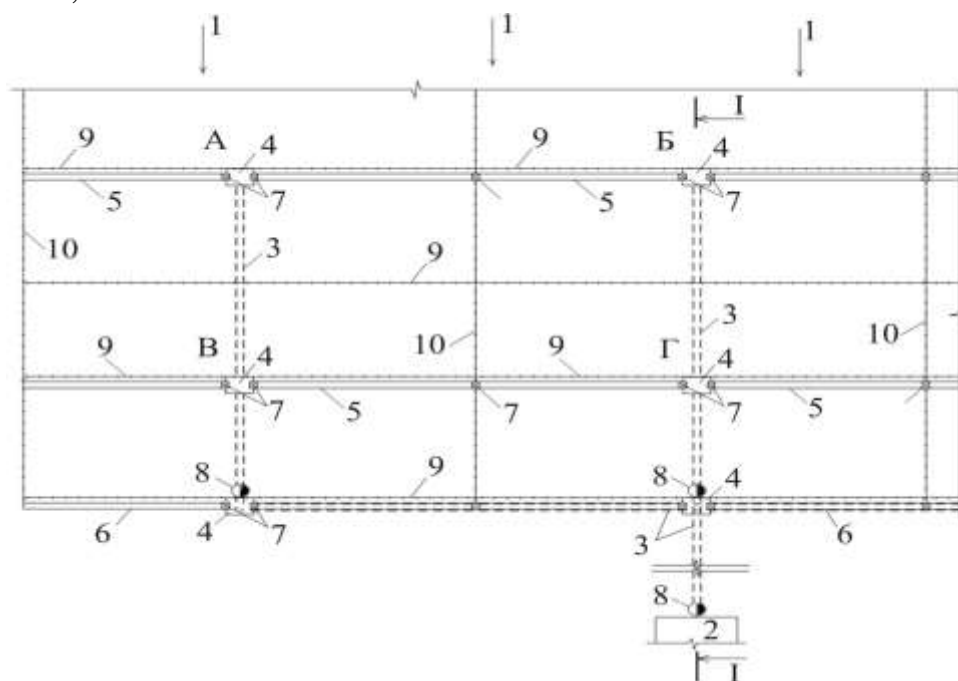
а – на временных водотоках; б – в нижнем бьефе гидроузлов; в – в пойме реки; г – в зоне работы оросительно-обводнительной сети; д – на водосборной площади; 1 – водоисточник; 2 – временный водоток; водохранилище; 4 – подпорно-регулирующие сооружения; 5 – обводной канал; 6 – отводной канал; 7 – пруд-распределитель; 8 – позиции подключения насосной станции; 9 – орошаемый участок; 10 – поливной канал; 11 – водовыпуски; 12 – валы лиманов; 13 – сбросной канал; 14 – водосбросные сооружения; 15 – закрытый распределитель

Рисунок 12 – Схема вариантов устройства оросительной системы на местном стоке

При наличии избыточных оросительных вод на ОС они также могут быть использованы на примыкающих участках системы ЛО, обеспечив тем самым дополнительную прибавку урожая в случае применения периодической технологии орошения.

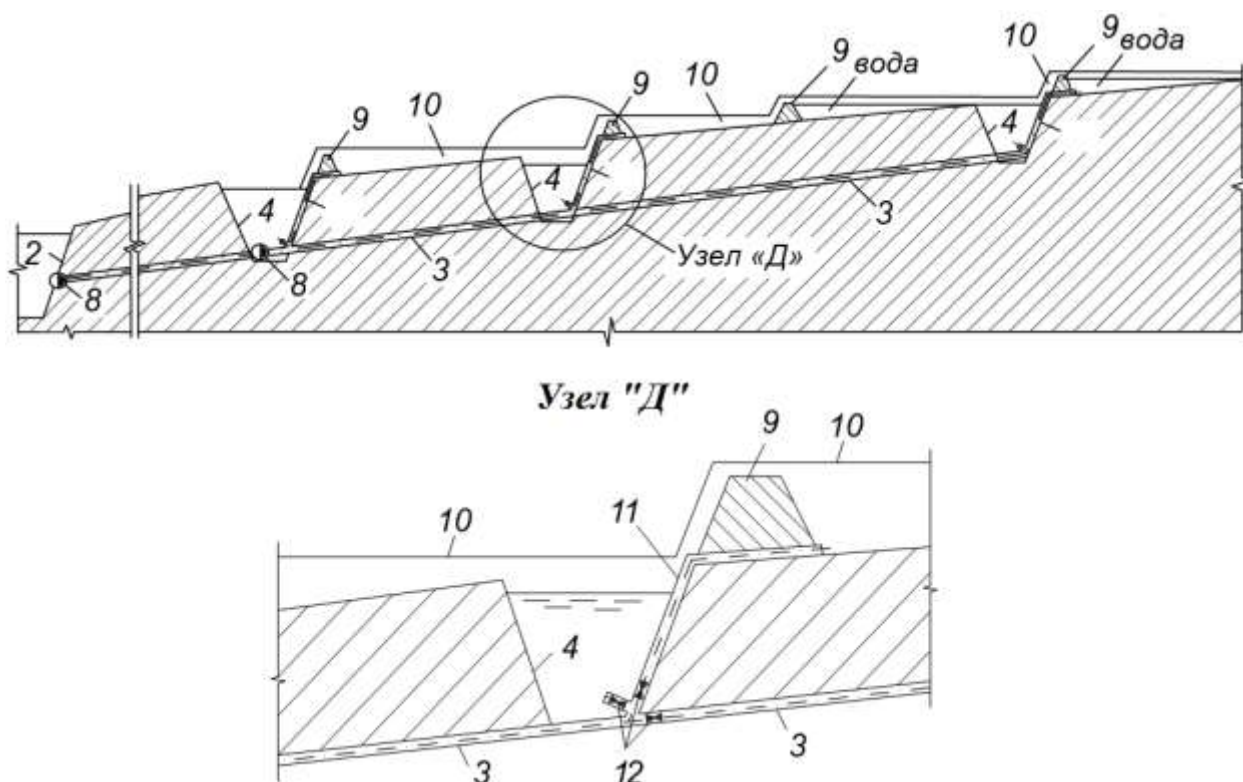
В качестве рассматриваемого на схеме (рисунок 12) орошаемого массива может быть применена оросительная система, представленная в патенте ФГБНУ «РосНИИПМ» № 2353088 [50].

Другим возможным вариантом является устройство орошаемого участка, интегрированного с системой ярусных лиманов, описанного в патенте ФГБНУ «РосНИИПМ» № 2467561 «Оросительная система с использованием местного стока» [81]. План-схема устройства такой системы отображена на рисунках 13, 14.



А, Б, В, Г – орошаемые поля; 1 – местный сток; 2 – водохранилище (пруд-накопитель); 3 – закрытые участковые распределители двухстороннего действия; 4 – дифференцированные узлы водораспределения; 5 – поливные безуклонные каналы; 6 – сбросные каналы; 7 – подпорно-регулирующие сооружения; 8 – позиции подключения насосной станции; 9, 10 – водозадерживающие валики поперечные и продольные склону

Рисунок 13 – План-схема устройства типового орошаемого участка



«Д» – дифференцированный узел водораспределения; 1–10 – соответствуют рис. 13; 11 – водовыпуск-водоспуск; 12 – система задвижек

Рисунок 14 – Разрез I–I по оси закрытого участкового распределителя двухстороннего действия

Оросительная система с использованием местного стока содержит орошаемые участки, устраиваемые на пологих склонах водосборной площади вокруг водохранилища. По границам полей орошаемых участков и выше поливных безуклонных каналов располагают водозадерживающие валики-лиманы, за исключением верхней границы, что позволяет направлять поступающие с вышерасположенной водосборной площади талые снеговые и ливневые воды на орошение напуском либо на аккумуляцию в поливные безуклонные каналы и расположенные на них пруды-распределители, откуда они могут быть также использованы для орошения дождеванием (рисунки 13, 14).

Орошаемые участки связаны между собой закрытыми распределителями двухстороннего действия через пруд-накопитель, устраиваемый в нижнем бьефе водохранилища, что обеспечивает возможность подачи насосной станцией на орошение вод местного стока, поступающих как из водохранилища, так и с орошаемых участков, пребывающих в неорошаемой фазе или с участков, где саккумулирован их избыток. Избыточные

орошительные воды, поступающие в сбросные каналы, расположенные по нижней границе орошаемых участков, аккумулируются в устроенных на них прудах-распределителях, откуда с помощью насосной станции по закрытому участковому распределителю двухстороннего действия через дифференцированные узлы водораспределения и поливные каналы, с устроенными на них подпорно-регулирующими сооружениями, могут быть вновь поданы на орошение.

Такая работа системы позволяет:

- наиболее комплексно (рационально) использовать воды местного стока;
- осуществлять технологию периодического и циклического орошения;
- поддерживать благоприятную эколого-мелиоративную ситуацию;
- сокращать трудовые и энергетические затраты на подачу воды.

Энергетические затраты на подачу воды могут быть снижены за счет:

- исключения необходимости подачи воды в самую высоко расположенную точку водовыдела;
- достаточной обеспеченности ОС аккумулированной водой. Тогда появляется возможность также снизить энергозатраты путем установки плавучей насосной станции выше по рельефу, в местах подключения к закрытому распределителю, у прудов-накопителей сбросного канала.

8.3.2 Принципы проектирования

Основные принципы проектирования технически совершенных систем ЛО заключаются в следующем [5, 11, 23, 25, 82]:

1 Норму лиманного орошения необходимо проектировать из условия водопотребления растений, обеспечивающего получение планового урожая с учетом естественного увлажнения в районе проектирования. Проектирование такой нормы ЛО позволяет экономно расходовать воды местного стока, обеспечивает получение заранее планируемых урожаев, исключает опасность подъема уровня грунтовых вод, а следовательно, и вторичное засоление.

2 При проектировании необходимо учитывать особенности характеристик местного стока. В связи с тем, что водным источником ЛО является весенний местный сток, необходимо учитывать все его особенности в соответствии с категориями: склоновый сток, сток потяжин и лощин, сток

овражно-балочной сети, сток замкнутых понижений и сток степных рек. Каждой из категорий местного стока присущи свои особенности в виде продолжительности стока, его модуля, формы гидрографа паводка, которые необходимо учитывать при согласовании водного режима источника орошения с водным режимом системы лиманов.

3 Расчетный процент обеспеченности стока, на использование которого проектируется система ЛО, должен определяться из условия максимальной экономической эффективности системы с учетом конкретных гидролого-климатических условий района, где предполагается ЛО, и технических особенностей самой системы. Как показывает практика проектирования и эксплуатации, наибольший экономический эффект обеспечивают системы ЛО, запроектированные на использование стока ниже средней обеспеченности (30–20 %). Системы лиманного орошения, устраиваемые при мелиорации замкнутых понижений (естественных лиманов), обеспечивают наибольший экономический эффект при проектировании их на использование стока 10–15 %-ной обеспеченности.

При снижении расчетной обеспеченности стока фактические площади затопления увеличиваются медленнее, чем обвалованные, так как в состав лиманов включаются редко затопляемые участки. В связи с этим большое значение имеют мероприятия по повышению водообеспеченности, более равномерное распределение слоя воды на поверхности лимана или почвенной влаги в почвогрунте.

4 При проектировании систем ЛО необходимо учесть принцип автоматизации нормировки орошения с учетом их однократного (как правило) заполнения ранней весной. Автоматизация нормировки орошения успешно осуществляется на системах ярусных лиманов мелкого слоя затопления путем назначения в ярусах дифференцированной глубины затопления, соответствующей норме лиманного орошения с учетом впитывающей способности почв.

5 При проектировании необходимо предусмотреть автоматизацию водораспределения. В связи с тем, что системы ЛО работают один раз в году, ранней весной во время прохождения весеннего паводка, момент начала которого зачастую установить трудно, необходимо чтобы системы лиманного орошения обеспечивали полную автоматизацию распределения воды по всей площади. Этот принцип может быть осуществлен путем оснащения системы лиманного орошения водосливами, водообходами, работающими автоматически при подъеме горизонтов воды до определенной величины. Ширина проточной части при пропуске излишней воды в обход

ярусом лиманов должна обеспечить небольшую скорость движения потока, не вызывающую эрозии почвы.

6 При проектировании необходимо учесть возможность размещения системы ЛО в нижних бьефах речных гидроузлов. Это позволит эффективно использовать сбросные воды при прохождении паводка через сооружение гидроузла плотины.

7 Оптимальная площадь яруса лимана не должна превышать 100 га.

8.3.3 Расчет и устройство систем лиманного орошения

К основным элементам техники ЛО относят валы и ГТС на них. Эти элементы рассчитывают при проектировании в следующей последовательности.

В случае затопления системы ЛО водами местного стока задача расчета усложняется из-за стохастического режима формирования местного стока во времени и его объема. Методика расчета таких систем изложена в СНиП 2.06.03-85 [28]. Более детально расчеты систем ЛО даны в справочнике «Орошение» [11].

1 Определение объема весеннего стока расчетной вероятности $V_{p\%}$, м³, вычисляют по формуле:

$$V_{p\%} = 10 \cdot h_m \cdot f \cdot A_g, \quad (35)$$

где h_m – норма весеннего стока среднемноголетняя, мм;

f – модульный коэффициент, соответствующий расчетным значениям вероятности превышения стока $P\%$, а также коэффициентам вариации C_v и асимметрии C_s ;

A_g – площадь водосбора, га.

От расчетного процента вероятности превышения стока зависят размеры площади лиманного орошения, регулярность ее затопления по годам, технические особенности системы лиманного орошения, размеры и конструкция гидротехнических сооружений. Решающим при выборе вероятности превышения стока является значение сбросных расходов.

2 Норма лиманного орошения рассчитывается с учетом биологических особенностей сельскохозяйственных культур M , м³/га:

$$M = K_{ET} \cdot Y - 10(\mu_1 \cdot \sum P_1 + \mu_2 \cdot \sum P_2 + \mu_3 \cdot \sum P_3), \quad (36)$$

где K_{ET} – коэффициент водопотребления сельскохозяйственной культуры для лиманного орошения, м³/т;

Y – плановая урожайность сельскохозяйственной культуры при ли-

манном орошении и данном уровне агротехники, т/га;

μ_1, μ_2, μ_3 – коэффициенты использования осадков, выпадающих соответственно в вегетационный, теплый и холодный не вегетационный периоды;

P_1, P_2, P_3 – суммы осадков, выпадающих соответственно вышеперечисленным периодам.

За расчетную величину принимают средневзвешенную оросительную норму M_m , м³/га, определяемую по формуле:

$$M_m = (M_1 \alpha_1 + M_2 \alpha_2 + \dots + M_n \alpha_n), \quad (37)$$

где $M_1, 2, \dots, n$ – норма лиманного орошения каждой культуры, входящей в севооборот, м³/га;

$\alpha_1, 2, \dots, n$ – доля каждой культуры в севообороте, %.

3 Расчетная площадь мелководных лиманов A , га, определяется по формуле:

$$A = \frac{V_{p\%}}{M_m}, \quad (38)$$

где $V_{p\%}$ – расчетный объем стока, м³;

M_m – средневзвешенная норма лиманного орошения, м³/га.

4 Проектирование мелководных ярусных лиманов с уклоном, не превышающим 0,003 в большинстве случаев выполняют по схеме, представленной на рисунке 15.

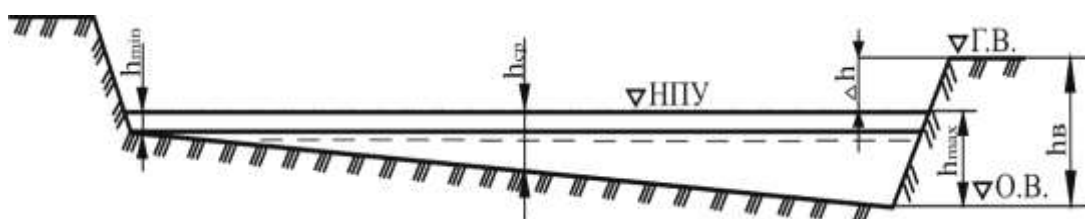


Рисунок 15 – Сечение лимана вдоль склона

Средняя глубина затопления каждого яруса системы мелкоярусных лиманов h_{cp} , м, определяется по формуле:

$$h_{cp} = 0,0001 \cdot M_m - k(T - \sum t_i), \quad (39)$$

где k – средний коэффициент впитывания воды в почву лимана, м/сут.;

T – продолжительность расчетного паводка, сут;

$\sum t_i$ – продолжительность наполнения до расчетной глубины предыдущих ярусов, час.

Для определения средней глубины всех ярусов необходимо знать продолжительность наполнения до расчетной глубины каждого яруса.

5 Расчет системы ярусных лиманов мелкого наполнения ведут от верхнего к нижнему. Максимальная глубина воды первого яруса $h_{\max 1}$, м, равна:

$$h_{\max 1} = 2 \cdot h_{cp1}, \quad (40)$$

h_{cp1} – средняя глубина воды первого яруса, м.

Максимальная глубина воды второго и последующих ярусов h_{\max} , м, определяется по формуле:

$$h_{\max} = 2 \cdot h_{cp1} - h_{\min}, \quad (41)$$

где h_{\min} – минимальная глубина воды у вала вышерасположенного яруса, принимается равной 0,05–0,1 м.

Строительная высота водоудерживающего земляного вала h_B , м, определяется по формуле:

$$h_B = 1,1(h_{\max} + \Delta h), \quad (42)$$

где 1,1 – коэффициент запаса на усадку земляного вала;

Δh – превышение гребня вала над НПУ, равное 0,2.

6 Проектная отметка основания вала первого яруса определяется в соответствии с особенностями рельефа местности. Проектные отметки оснований следующих ярусов ∇_n , м, вычисляются по формуле:

$$\nabla_n = \nabla_{n-1} - h_{n\max} + h_{n\min}, \quad (43)$$

где ∇_{n-1} – отметка основания вала предыдущего (n-1)-го яруса, м;

$h_{n\max}$ – максимальная глубина затопления у вала n-го яруса, м;

$h_{n\min}$ – минимальная глубина затопления n-го яруса, м.

7 По вычисленным отметкам трассируются валы всех ярусов системы мелководных лиманов, после чего определяется площадь каждого яруса A_n и его емкость V_n , м³:

$$V_n = A_n \cdot h_{cp}, \quad (44)$$

где A_n – площадь n-го яруса, определяемая по плану, м².

8 Продолжительность наполнения n-го яруса до расчетной глубины t_n , ч, определяется по формуле:

$$t_n = \frac{V_n}{Q_m}, \quad (45)$$

где Q_m – максимальный расход расчетного паводка, который определяется по его объему, м³/га:

$$Q_m = \frac{M_{p\%}}{T}, \quad (46)$$

где $M_{p\%}$ – средневзвешенная норма лиманного орошения с учетом расчетного процента обеспеченности стоком, м³/га;

T – продолжительность расчетного паводка, сут.

Для сокращения дальности транспортировки грунта при отсыпке валов лиманов, уменьшения перепада между максимальными и минимальными отметками при затоплении территории лиманов, а также повышения коэффициента земельного использования целесообразно использовать следующую схему устройства валов (рисунок 16) [25].

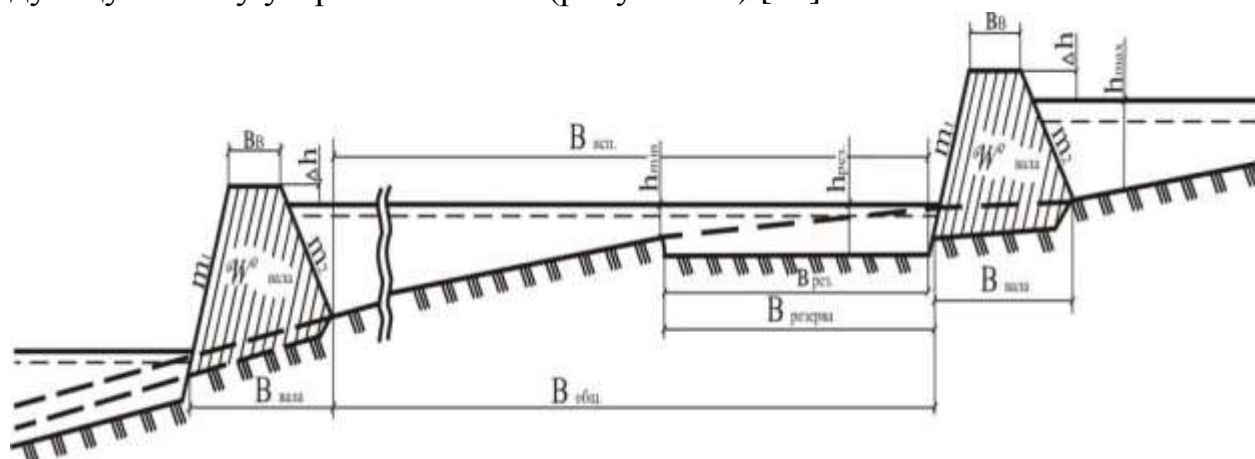


Рисунок 16 – Схема разработки резерва лиманов

Резервы для отсыпки валов закладывают со стороны сухого откоса в форме вытянутого треугольника. Сущность метода заключается в ограничении минимальной глубины разработки резерва до величины, равной половине толщины растительного слоя.

Общая ширина яруса затопления $B_{общ}$, м, равна:

$$B_{общ} = \frac{h_{max} - h_{min} + 0,5t}{i} + B_{резерва} + B_{вала}, \quad (47)$$

где h_{max} – максимальная глубина воды в ярусе, м;

h_{min} – минимальная глубина воды в ярусе, м;

t – толщина срезки растительного слоя почвы, м;

i – уклон местности;

$B_{резерва}$ – ширина резерва, м;

$B_{вала}$ – ширина вала по дну, м.

Ширина полосы, используемая в сельхозобороте $B_{исп.}$, м, составляет:

$$B_{исп.} = \frac{h_{\max} - h_{\min}}{i}. \quad (48)$$

Для расчета параметров резерва используют схему (рисунок 17).

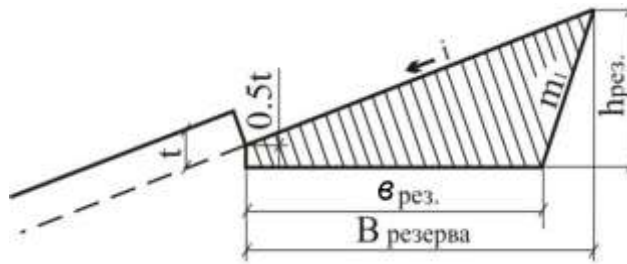


Рисунок 17 – Схема расчета параметров резерва

Для определения расчетной емкости резерва $W_{рез}$, м³, используется формула:

$$W_{рез} = W_{вала} - tB_{вала}, \quad (49)$$

где $W_{вала}$ – удельный объем вала (на метр), м³.

Максимальная глубина резерва (у вала) $h_{рез}$, м, определяется по формуле:

$$h_{рез} = \sqrt{\frac{2iW_{рез}}{1 - im_1}}, \quad (50)$$

где m_1 – заложение низового откоса резерва.

Ширина резерва по верху $B_{рез}$, м:

$$B_{рез} = e_{рез} + m_1 h_{рез}, \quad (51)$$

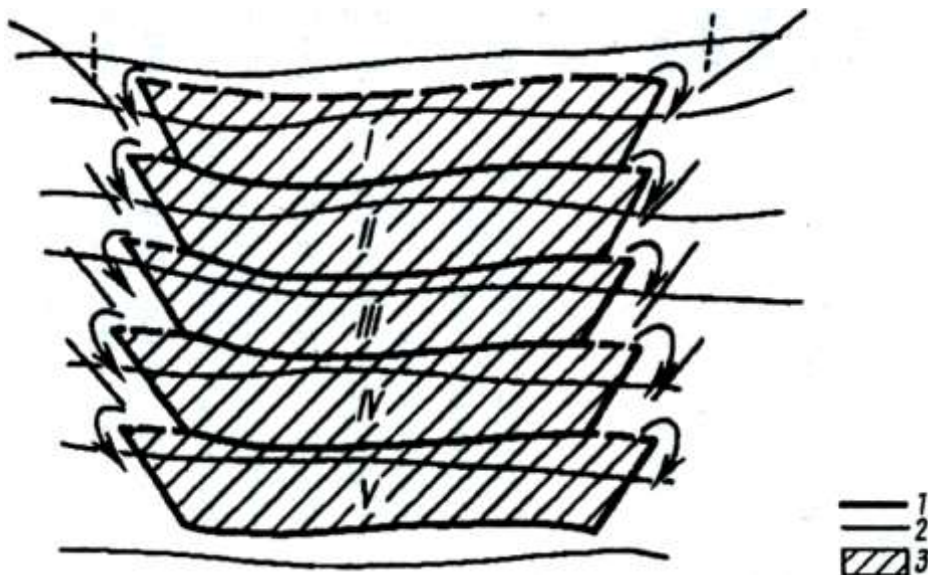
где $e_{рез}$ – ширина резерва по низу, м:

$$e_{рез} = \frac{h_{рез}(1 - im_1)}{i}. \quad (52)$$

Для затопления лиманов необходимо предусмотреть устройство распределительных каналов с водовыпусками. Как правило, в практике строительства лиманов применяются водовыпуски, устраиваемые по типу «хлопушка».

Для управления токами воды в процессе наполнения лиманов возможно использование переносных перегородивающих щитов.

Для направления стока в лиман с больших площадей водосбора при возможности следует устраивать длинные направляющие валы в виде воронки (рисунок 18).



1 – земляные водоудерживающие валы; 2 – водоперехватывающие и направляющие валики; 3 – площади лиманного орошения;
I–V – секции лиманов

Рисунок 18 – Система ярусных лиманов с направляющими валами

В некоторых случаях можно аккумулировать сток в пруде, а затем излишек воды сбрасывать в лиман с помощью канала или насосами.

При затоплении системы ЛО из постоянного источника орошения задача расчета упрощается. Проектирование этих видов систем ЛО сводится к определению размеров водосбросных сооружений из каналов и валов, высоты и длины валов, площади ЛО, нормы орошения [11, 28].

Поделка валов в лиманах мелкого затопления возможна напашкой обычным пятикорпусным плугом всвал 4–5-кратным проездом с последующей оправкой по напаханным валам широкозахватным снегопахом риджерного типа. Можно также применить валоделатели КПУ-2000, КЗУ-0,3 или грейдер.

Лиманы мелкого наполнения более доступны для строительства хозяйственным способом. При необходимости небольшие валы весной можно легко распахать плугом вразвал, разровнять боронами. Лучший рельеф для устройства лиманов – односкатный склон с малыми уклонами (0,001–0,002 и меньше). В сложных рельефных условиях необходима инструментальная нивелировка площади, отведенной под лиман. Трассы валов намечаются с помощью нивелиров путем установки вешек, вдоль которых напахивают вал.

Валы глубоких лиманов можно выполнять по типу насыпи плотин бульдозерами и скреперами с планировкой грейдерами. Это более сложные сооружения с инженерными расчетами.

8.3.4 Эксплуатация

Введение эксплуатационной службы позволит улучшить состояние ЛО и позволит повысить его эффективность.

Особенности работы системы ЛО, связанные с использованием весеннего паводка, ставят специфические и ответственные задачи перед эксплуатационной службой.

Существует три основных эксплуатационных периода на протяжении одного календарного года. Эти периоды отличаются характером работы, которую должен выполнять эксплуатационный персонал на системах ЛО [5, 11, 23].

1 Осенне-зимний период эксплуатации – период подготовки к пропуску весеннего паводка. В этот период необходимо обеспечить надзор и очистку от снега и мусора всех водопропускных сооружений (водообходы, шлюзы-регуляторы, сбросные и опораживающие сооружения). В этот период осуществляется подвоз материалов (фашины, камень, мешки с землей и т. п.) к наиболее уязвимым местам системы лиманов, где во время пропуска весеннего паводка могут образоваться промоины, размывы валов, их откосов и т. п.

2 Период пропуска весеннего паводка – самый ответственный период в эксплуатации систем глубоководных систем ЛО. Во время весеннего паводка эксплуатационный персонал должен нести круглосуточное дежурство на таких системах ЛО, имея в своем распоряжении землеройную технику (скреперы, бульдозеры) и транспорт.

На ярусных системах (в т. ч. мелкого слоя наполнения), где проектом предусмотрено водораспределение на территории системы ЛО посредством ручного управления водовыпусками-сбросами, на период затопления территории также необходима постоянная работа эксплуатационной службы.

В этот период эксплуатационный персонал осуществляет наполнение системы лиманов, пропуск через сбросные сооружения излишние паводковые объемы воды и осуществляет проектный водный режим на системе лиманов путем своевременного опорожнения лиманов через водовыпускные сооружения.

На системах ЛО с автоматическими затворами-автоматами участие в процессе затопления ограничивается лишь периодическим контролем за исправной работой этих сооружений и при необходимости их корректировкой и ремонтом.

3 Сразу после опорожнения лиманов начинается третий – весенне-летний период эксплуатации лиманов. В этот период необходимо выявить все разрушения, которые возникли на системе лиманов во время пропуска весеннего паводка, и осуществить их ремонт. Ремонту обычно подлежат сбросные сооружения, водообходы, земляные вододерживающие валы и их откосы, которые подвергаются разрушению вследствие волнобоя.

8.4 Системы капельного орошения

8.4.1 Требования к технике и технологии капельного орошения

Техника и технологии полива систем капельного орошения в значительной степени отличаются от других способов орошения.

Следует учитывать, что местный сток содержит много примесей, в том числе и химических, смытых с ближайшей территории, в связи с чем приходится устанавливать более мощные фильтры и возможно чаще выполнять их техническое обслуживание по осмотру, промывке и замене в случае необходимости.

Правильное устройство системы капельного орошения позволяет получать высокие урожаи сельскохозяйственных культур, не нарушая при этом плодородие черноземных почв.

Первый шаг к созданию надежной системы – это правильный выбор ее компонентов (рисунок 19).

На системы капельного орошения отсутствуют единые агротехнические требования, так как организация системы предполагает многовариантные решения как по набору технических элементов, так и культур [83]. Так как техника капельного полива непрерывно совершенствуется, а, следовательно, и требования к ней повышаются, то частные требования к конкретной системе капельного орошения с ограниченным сроком регламента базируются на более общих требованиях сельскохозяйственного производства к технике полива.

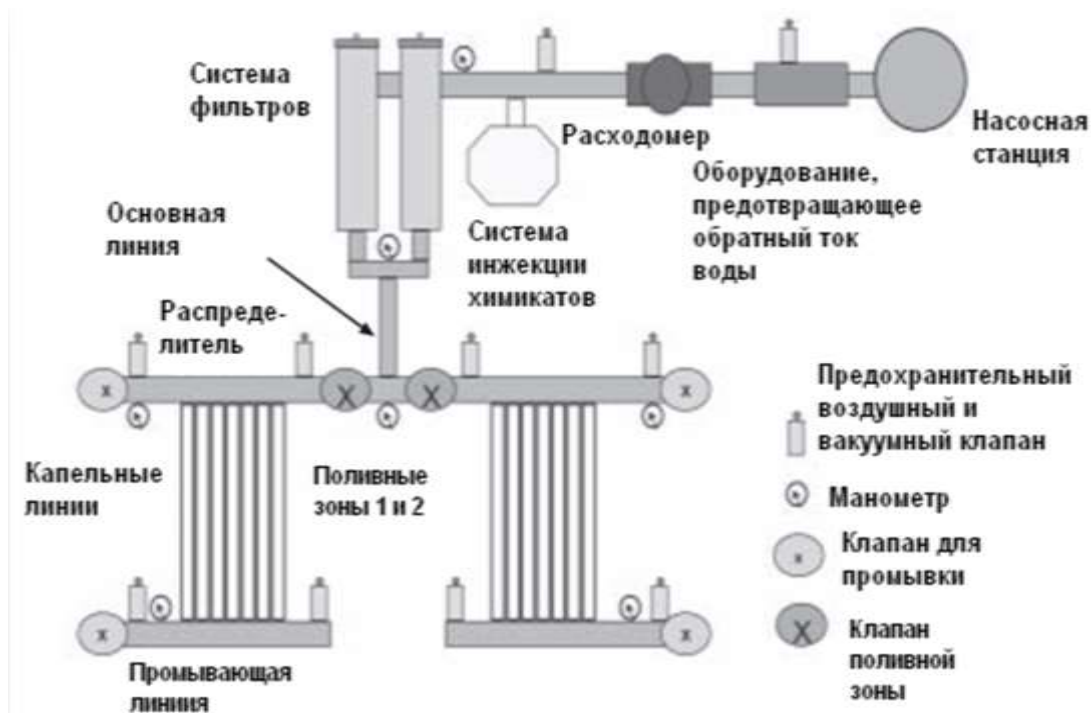


Рисунок 19 – Схематическое изображение системы капельного орошения

Современный этап развития СКО имеет свои характерные особенности, учет которых необходим при формировании требований к технике полива, среди которых можно выделить три группы: агробиологические, почвенно-мелиоративные, экологические и организационно-хозяйственные. Оно должно обеспечить выполнение целого ряда требований, основными из которых являются агробиологические и экологические.

Агробиологические требования сводятся к оптимальным условиям снабжения растений водой.

Почвенно-мелиоративные и экологические требования сводятся к сохранению и улучшению плодородия почв, мелиоративного их состояния.

Организационно-хозяйственные требования сводятся к высокоэффективному использованию капельного орошения, всех природных и материальных ресурсов, рациональной организации территории, труда и водопользования на орошаемых землях, без ухудшения условий проведения других агроприемов по уходу за сельскохозяйственными культурами.

Технику капельного орошения возможно совершенствовать за счет:

- приближения значения водоподачи (U) к интенсивности водопотребления сельскохозяйственных культур (E): $U > (1-100)E$;
- исключения потерь воды на глубинную фильтрацию и доведение коэффициента полезного действия орошения до максимально возможного значения $KПД > 0,99$;

- равномерного распределения воды по всей орошаемой площади ($K_{эф} > 0,9$, $K_{недополива} < 0,05$, $K_{переполлива} < 0,05$);
- возможности продуктивного использования (с коэффициентом $K = 0,9-1,0$) вероятных естественных осадков слоем до 15–20 мм и поддержание аккумулирующей способности верхних горизонтов на соответствующем уровне за счет дробного внесения поливных норм (m), не превышающих величину среднесуточной эвапотранспирации (E), $m = (1-10)E$;
- возможности управления диапазоном влажности корнеобитаемого слоя почвы, исключая интенсивный перенос солей в верхние горизонты почвы;
- возможности изменять водоподачу в диапазоне от 0 до 100 м³/га на протяжении вегетации в зависимости от суточных погодных условий, а также в осенний и весенний периоды для выравнивания влагозапасов в почве при недостаточности осенне-зимних и ранне-весенних осадков;
- возможности во влажные годы за счет уменьшения водопотребления осуществить орошение на прилегающей к орошаемому участку условно богарной территории без существенной реконструкции водоподводящей сети (элемент технологии периодического орошения);
- возможности внесения вместе с поливной водой агрономически обоснованных минеральных и органических удобрений, микроэлементов и химмелиорантов для восстановления естественного плодородия почв;
- использования современных средств автоматизации и микропроцессорной техники, позволяющей оперативно управлять поливом, оптимизировать и строго выдерживать сроки и нормы полива с учетом складывающихся ежедневных погодных условий.

8.4.2 Организация системы капельного орошения

На основании проведенных исследований по изучению конструкций, технологий полива и режима орошения сельскохозяйственных культур капельным способом, а также имеющихся научно-технических разработок НГМА, ФГБНУ «РосНИИПМ» и др. были сгруппированы основные требования к элементам капельного орошения.

Источниками водоснабжения для капельного орошения могут быть водохранилища, каналы, бассейны суточного регулирования и др. Поэтому при заборе воды из поверхностных источников орошения водоприемники должны быть оборудованы рыбозащитными сооружениями и сооружения-

ми первичной очистки для предотвращения попадания частиц диаметром более 1 мм.

Для участков капельного орошения с площадью до 100 га при заборе воды из источника орошения с мутностью не более 50 г/л очистку можно осуществлять с помощью фильтров-сеток двух типоразмеров (1,0 и 0,5 мм), согласно «Руководству по проектированию строительства и эксплуатации систем капельного орошения» ВТР-11-28-81 [83].

Примеси и взвеси в оросительной воде не должны вызывать механические отложения в транзитных трубопроводах и внутренних каналах капельниц. Допустимый размер частиц для применения в большинстве современных конструкций капельниц должен находиться в пределах 0,05–0,1 мм.

При значительном количестве гидробионтов в источнике орошения воду предварительно хлорируют или обрабатывают медным купоросом, а после очищают микрофильтрами и подают в систему.

В случае забора воды из источников, имеющих высокую мутность, применяют двухступенчатую очистку, т. е. на первом этапе очистки используют сетки, отстойники и гидроциклоны, затем более тщательно доочистку воды проводят на гравийно-песчаных, спаренных гравийно-сетчатых фильтрах, фильтрах с плавающей вспененной полистирольной загрузкой и микрофильтрах.

Источником засорения капельниц и трубопроводов могут быть и нерастворимые минеральные удобрения, подаваемые одновременно с поливной водой, поэтому подача в систему капельного орошения удобрений с нерастворившимися частицами должна ограничиваться размером не более 0,05 мм.

При проектировании систем капельного орошения необходимо учитывать производительность очистных сооружений, которая должна превышать максимальную подачу воды на участок.

Капельное орошение является разнапорной стационарной или полустационарной закрытой системой, имеющей в своем составе водозаборное сооружение, насосную станцию, систему подготовки и подачи удобрений, фильтры тонкой очистки, магистральный, распределительный и поливные трубопроводы.

Магистральные, распределительные трубопроводы капельного орошения по гидравлическому режиму работы являются системой с турбулентным установившимся равномерным движением жидкости. Их расчет следует вести по обычным методикам с использованием формул для тур-

булентного установившегося равномерного движения жидкости или таблицам для гидравлического расчета Ф. А. Шевелева.

Поливные трубопроводы последнего порядка и капельные ленты отличаются от остальных тем, что имеют по своей длине движение жидкости с переменной массой и равномерно распределительный путевой отбор воды. Существует ряд методик гидравлического расчета поливных и распределительных трубопроводов, основанных на теоретических и эмпирических зависимостях. Все они имеют различную степень точности, сложности и успешно используются за рубежом.

Гидравлический расчет сводится к подбору такого диаметра поливного трубопровода, который обеспечит нормальный гидравлический режим работы и условие $\frac{h_e \cdot 100}{n} \leq 5 \%$, т. е. потери напора h_e не должны превышать 0,05 напора в голове поливного трубопровода.

Методика гидравлического расчета, предложенная О. Е. Ясониди [84], рассматривает поливную трубопровод с капельницами как низконапорную систему с путевым и равномерным отбором воды по длине.

Расчет поливного трубопровода или капельной ленты сводится к определению внутреннего диаметра, обеспечивающего минимальные суммарные потери напора в его конце. Расчет ведется методом подбора диаметра с последовательным использованием стандартных типоразмеров. Поливные трубопроводы изготавливаются из полиэтиленовых труб низкой плотности ГОСТ 18599-2001 [85]. Обычно используются трубы диаметром 12, 16, 20 и 23 мм.

На поливном трубопроводе или капельных линиях капельницы расположены друг от друга на небольшом расстоянии 0,2–0,5 м. Отношение расстояний между капельницами (d) к длине трубопровода весьма мало, поэтому расчет потерь напора можно вести как для трубопроводов со средним равномерно распределенным расходом по длине при нулевом его значении в конце.

При турбулентном установившемся движении жидкости в круглых трубопроводах потери напора по длине h_g , м, в соответствии с уравнением Вейсбаха-Дарси, равны:

$$h_g = \frac{\lambda \cdot l \cdot 8 \cdot V^2}{g \cdot d^5 \cdot \pi^2}, \quad (53)$$

где λ – коэффициент гидравлического трения;

l – длина трубопровода, м;

V – скорость движения воды, м/с;

g – ускорение силы тяжести, м/с²;

d – диаметр трубопровода, м.

При равномерно распределенных расходах по длине трубопроводов потери напора находим по формуле:

$$h_e = \frac{l}{3} \cdot \frac{8 \cdot Q^2 \cdot l \cdot \lambda}{\pi^2 \cdot d^2 \cdot g}, \quad (54)$$

где Q – расход в голове поливного трубопровода, м³/с.

Зная схему посадки культур, расход в голове трубопровода можно рассчитать по зависимости:

$$Q = q_1 \cdot n_1 \cdot n_2, \quad (55)$$

где q_1 – расход капельницы, м³/с;

n_1 – количество капельниц для одного растения, шт.;

n_2 – количество растений в ряду, шт.

Приняв длину поливного трубопровода, равную единице, напор h в голове поливного трубопровода, и определив расход Q , можно рассчитывать необходимый внутренний диаметр d , м, по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{\lambda \cdot 1 \cdot Q^2 \cdot 8}{3 \cdot g \cdot 0,05 \cdot h \cdot \pi^2}}, \quad (56)$$

где $0,05h$ – потери напора приняты равными 5 % от напора в голове поливного трубопровода, т. е. $5 \% \geq \frac{h_e \cdot 100}{h}$;

h – напор в голове поливного трубопровода, м.

Такое условие обеспечивает равномерные и стабильные расходы капельниц по длине поливного трубопровода.

Коэффициенты гидравлического сопротивления трубопровода с капельницами находим по эмпирической формуле, ранее выведенной на основании лабораторных и лабораторно-полевых исследований:

$$\lambda = \frac{1,363}{\text{Re } d^{0,3484}}, \quad (57)$$

где $\text{Re } d$ – число Рейнольдса, выраженное через диаметр трубопровода:

$$\text{Re } d = \frac{V \cdot d}{\gamma}, \quad (58)$$

где V – скорость движения воды в трубопроводе, м/с;

d – диаметр трубопровода, м;

γ – коэффициент кинематической вязкости воды при температуре 20 °С, равен 0,000001 м²/с.

Скорость движения воды в трубопроводе находим по формуле:

$$V = \frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot d^2}. \quad (59)$$

Напор в голове поливного трубопровода определяется расходно-напорными характеристиками капельниц.

Распределительные трубопроводы первого и второго порядка рассчитываются аналогичным образом. Расчет ведут переменным диаметром по участкам, начиная с конца. Расход распределительного трубопровода Q_ψ , м³/с, можно определить по формуле:

$$Q_\psi = \frac{l_\psi}{b_H} \cdot Q, \quad (60)$$

где l_ψ – длина распределительного трубопровода, м. Принимается в зависимости от участковых расходов, форм участков, рельефа;

b_H – расстояние между поливными трубопроводами зависит от ширины отдельно орошаемых участков;

Q – расход поливного трубопровода, м³/с.

Согласно ГОСТ 18599-2001 [85], выпускаются трубы из полиэтилена низкой плотности средне-легкого типа внутренними диаметрами 20–400 мм. Эти трубы используются для строительства распределительных трубопроводов первого, второго порядка, а также последнего порядка при использовании отдельных капельниц. При расчете последовательно применяются диаметры от наименьшего к наибольшему.

Предлагаемая методика гидравлического расчета трубопроводов капельного орошения базируется на традиционных формулах гидравлики, обладает простотой, достаточной точностью и достоверностью, что подтверждается натурными исследованиями. Сравнительная оценка результатов расчетов по предлагаемой методике и рекомендациям ВНИИМиТП, ВНИИГиМ, зарубежных авторов дает хорошую сходимость.

Подача воды на орошаемый участок осуществляется в соответствии с режимом орошения культуры. Насосная станция должна в течение всего периода увлажнения оптимально обеспечивать растения водой в нужном объеме и своевременно. Рассчитывают насосно-силовое оборудование на расход и поливной напор, необходимый для одновременного полива площади в течение одного такта.

Полный напор насосной станции H , м, определяется по уравнению:

$$H = h_2 + \sum h_s + \sum h_m + h_k + h_{n.m.} \pm h_b, \quad (61)$$

где h_2 – геодезический напор, м. Он рассчитывается как разность между наивысшей отметкой на орошаемом участке по трассам трубопроводов всех порядков отметкой минимального уровня воды в месте водозабора, м;

$\sum h_g$ – сумма потерь напора по длине наиболее протяженной трассы трубопроводов: магистрального, распределительных, поливного, м;

$\sum h_m$ – сумма местных потерь напора по расчетной трассе, м. Их приближенно принимаю равными 5,0–10,0 % от потерь напора по длине;

h_k – рабочий напор капельницы, м. Принимается по справочным данным;

$h_{n.m.}$ – расстояние от поверхности почвы до поливного трубопровода, в случае его расположения, например, на шпалерной проволоке, м. Принимается конструктивно на различных культурах от 0,0 до 1,0 м;

h_b – потери напора во всасывающем и присоединительном трубопроводах, м. Они могут быть приняты от 0,75 до 1,0 м.

Максимальный и минимальный расходы, необходимые для одновременного полива площади в течение одного такта, служат для определения количества насосных агрегатов n , шт.:

$$n = \frac{Q_{\max}}{Q_{\min}}, \quad (62)$$

где Q_{\max} – максимальный расход, л/с;

Q_{\min} – минимальный расход, л/с.

Мощность на валу насоса N_H , кВт, рассчитывается по формуле:

$$N_H = \frac{Q_{\min}}{1020\eta}, \quad (63)$$

где Q_{\min} – производительность насоса, л/с;

H – полный напор, м;

η – коэффициент полезного действия. Для центробежных насосов принимается равным 0,7–0,8.

Расчет мощности двигателя N_g , кВт, осуществляется по зависимости:

$$N_g = K \frac{N_H}{\eta}, \quad (64)$$

где K – коэффициент запаса, равен 1,1–1,5;

η – коэффициент полезного действия передачи. При соединении насоса и двигателя жесткой муфтой равен единице.

Конструктивное расположение элементов оросительной сети зависит от величины, конфигурации участка, рельефа местности. Кроме того, необходимо учитывать расстояние до источника орошения, схем посадки выращиваемых культур и общей организации территории.

Насосная станция, для уменьшения гидравлических потерь на всасывающем трубопроводе, как правило, располагается рядом с водоисточником. Магистральный и распределительный трубопроводы служат для транспортирования воды от насосной станции до орошаемого участка.

Всасывающий, магистральный и распределительный трубопроводы, в соответствии с ГОСТ 18599-2001 [85], выполняются из пластмассовых труб. Всасывающие и напорные трубопроводы первого и второго порядка, выполненные в металле, должны быть с внутренним антикоррозийным покрытием. Распределители последнего порядка выполняются только из пластмассовых труб.

На участках более 100 га, для соблюдения технологий возделывания культуры, магистральный и распределительный трубопроводы укладывают в землю на глубину не менее 0,4 м от поверхности земли до верха трубы. Трубопроводы последнего порядка или капельные ленты укладывают на поверхность почвы вдоль рядов растений. Длина поливных трубопроводов или поливных лент принимается не более 100 м.

При монтаже капельниц или капельных лент необходимо выходное отверстие капельниц как отдельных, так и вмонтированных в капельные ленты располагать вверх. Данная схема расположения капельниц позволяет на 15–20 % уменьшить отказ по причине засорения.

8.4.3 Оценка технологии полива

Для сравнительной оценки нескольких вариантов технологического процесса полива следует учитывать три группы показателей функционирования системы капельного орошения:

- качество и экологическую безопасность технологического процесса;
- эффективность использования ресурсов;
- надежность технологического процесса.

Разделение показателей на группы необходимо потому, что они в различной степени связаны между собой. Так, например, увеличение расхода капельниц с целью повышения производительности, т. е. эффективности использования материальных и трудовых ресурсов, может привести

к нежелательному увеличению глубины промачивания, т. е. ухудшению водно-солевого баланса орошаемого участка в целом.

В качестве основных технико-экономических показателей для оценки систем капельного орошения следует принять следующие показатели:

1 Удельная капиталоемкость $C_{y\partial}$, тыс. руб./га:

$$C_{y\partial} = \frac{\sum C}{F}, \quad (65)$$

где $\sum C$ – суммарная стоимость элементов внутрихозяйственной оросительной системы, тыс.руб.;

F – площадь оросительной системы, га.

2 Удельная трудоемкость работ при поливе $\Pi_{y\partial}$, кВтч на 1000 м³:

$$\Pi_{y\partial} = \frac{n_a}{\frac{3}{6} \cdot Q \cdot K_{cm} \cdot n}, \quad (66)$$

где n_a и n – соответственно, количество участков на орошаемом массиве и обслуживаемых одним оператором, шт.;

Q – расход воды поступающий на орошаемое поле, м³/с;

K_{cm} – плановый коэффициент использования времени за смену.

3 Удельная энергоемкость $A_{y\partial}$, кВтч/ 1000 м³:

$$A_{y\partial} = 2,72 \left(\frac{H}{\eta} + \frac{H_1}{\eta_1} \right), \quad (67)$$

где H – напор в трубопроводной сети последнего порядка, м;

H_1 – напор, развиваемый насосно-силовым оборудованием, м;

η и η_1 – КПД головной насосной станции и дополнительного (если такое требуется) насосно-силового оборудования.

4 Коэффициент земельного использования КЗИ в долях от единицы:

$$КЗИ = \frac{W_{\text{нетто}}}{W_{\text{брутто}}}, \quad (68)$$

где $W_{\text{нетто}}$ и $W_{\text{брутто}}$ – площадь нетто и брутто участка системы севооборотного поля, га (учитываются потери земли под транзитными трубопроводами, дорогами, запорно-регулирующей арматуры).

5 Коэффициент полезного действия КПД в долях от единицы:

$$КПД = \frac{W}{W + \Delta W}, \quad (69)$$

где W – суточная водоподача нетто, м³;

ΔW – потери воды на промывку фильтрующих элементов и глубинную фильтрацию, м³.

6 Коэффициент готовности K_r :

$$K_r = \sum_{i=1}^n K_r(i), \quad (70)$$

где n – количество элементов, задействованных в технологическом процессе.

$K_r(i)$ – коэффициент готовности i -го элемента системы:

$$K_r(i) = \frac{T_0(i)}{T_0(i) + T_B(i)}, \quad (71)$$

где $T_0(i)$ – средняя наработка на отказ i -го элемента системы, ч;

$T_B(i)$ – среднее время восстановления i -го элемента системы, ч.

7 Доля поливной воды, идущая на увлажнение корнеобитаемого сегмента почвы, μ_1 в долях от единицы:

$$\mu_1 = \frac{W'_n}{W_n}, \quad (72)$$

где W'_n – часть поливной нормы, идущая на потребления растениями, м³/га;

W_n – поливная норма, м³/га.

8 Коэффициент равномерности увлажнения (эффективности полива), $K_{эф}$ в долях от единицы:

$$K_{эф} = \frac{q_{дал}}{q_{бл}}, \quad (73)$$

где $q_{дал}$ – расход наиболее удаленной от входа на участок капельницы, л/ч;

$q_{бл}$ – расход наиболее близкой к входу на участок капельницы, л/ч.

Такие показатели поливной техники как удельная материалоемкость, приведенные затраты, коэффициент использования во времени элементов системы являются производными от перечисленных выше независимых параметров.

9 Мониторинг эколого-мелиоративного состояния орошаемого массива

В современных условиях интенсификация сельскохозяйственного производства должна осуществляться на основе усовершенствованных технологий орошения и рационального использования водных и земельных ресурсов с учетом сохранения и повышения почвенного плодородия. Достижение этой цели возможно только при постоянном контроле за эко-

лого-мелиоративными показателями на территории орошаемого массива. Это позволит своевременно заметить скрытые неблагоприятные процессы, выявить причину их возникновения и оперативно принять решения по их устранению, что позволит сохранить продуктивность орошаемых земель [86–93].

Основными объектами наблюдений при проведении контроля за эколого-мелиоративным состоянием являются почвы, а также сопутствующие объекты, косвенно влияющие на формирование плодородия (поливная вода, растения, климатические факторы, организационные условия).

При орошении необходимо вести мониторинг наиболее неблагоприятных процессов, к которым относятся: ощелачивание, осолонцевание, вторичное засоление, дегумификация, переувлажнение. Эти процессы обусловлены рядом показателей, по которым можно судить о мелиоративном и экологическом состоянии орошаемых участков [87–91].

Три группы показателей отражают потенциальное плодородие почв:

- агрохимические (гумус, NPK, микроэлементы, рН, содержание токсичных солей общей щелочности, состав почвенного поглощающего комплекса);

- агрофизические (механический состав, структурное состояние, водопроходимость, объемная масса, общая пористость);

- биологические (общее количество микроорганизмов, нитрифицирующая и азотофиксирующая способности, ферментная активность).

При выборе показателей важно учитывать их информативность, взаимосвязь между собой свойств и режимов почв как сбалансированной системы.

В качестве сопутствующих объектов наблюдений учитывают следующие.

Качество оросительной воды (приложение А) [11, 94], в которой выделено четыре класса воды, имеющих различное влияние на плодородие почв, а в связи с этим и подход к ее использованию должен быть различным. Чем хуже качество воды, тем более тщательно следует вести наблюдения за свойствами почв и при необходимости не дожидаться потребности в их мелиорации, а мелиорировать саму воду.

Уровень грунтовых вод имеет важное значение для контроля почвенного плодородия орошаемых земель, особенно, если он выше критического. При его повышении происходит накопление солей и обменного натрия в корнеобитаемом слое. Для обеспечения оптимального почвенного

плодородия орошаемых полей необходимо, чтобы глубина залегания грунтовых вод была больше критической [90, 92].

Контроль за коллекторно-дренажными водами является необходимым условием как фактор, влияющий на режим грунтовых вод, засоленность и солонцеватость почвогрунтов и, в целом, почвенного плодородия. На орошаемых массивах с открытой сетью дренажно-сбросных каналов вода в них является смесью грунтовых дренируемых вод и поверхностных, включающих поливные воды и атмосферные осадки. Коллекторно-дренажные воды в условиях дефицита оросительной воды могут быть использованы для орошения, но следует строго контролировать их качество, используя классификацию оценки качества поливных вод. В случае плохого качества таких вод необходимо применять мелиоративные приемы как для воды, так и самой почвы.

Растения первыми реагируют на негативные процессы в почве и воде. В качестве основного показателя следует брать биологическую урожайность сельскохозяйственных культур, определяемую для каждого вида растений в соответствии с существующими ГОСТ. По снижению урожая можно судить о наличии того или иного неблагоприятного процесса [90, 92], однако окончательный вывод можно сделать лишь по результатам химанализов.

Основная задача реализации технологии орошения состоит в том, чтобы не нарушая существенных процессов формирования плодородия почв, обеспечить запланированный выход сельскохозяйственной продукции. Поэтому важное значение имеет правильная организация контроля в целом, т. к. наблюдения ведутся за сложной, постоянно меняющейся в пространстве и во времени системой.

Наблюдения необходимо проводить на участках, характеризующихся наиболее типичными мелиоративными и почвенными условиями. С целью своевременного выявления опасности деградации плодородия почв, рекомендуется размещение наблюдательных участков на территории с более тяжелыми, сложными мелиоративными условиями, где эволюция почвенных и гидрогеологических показателей более отчетливо выражена.

Необходимо чтобы мониторинг эколого-мелиоративного состояния на орошаемых землях осуществлялся специализированной гидрогеолого-мелиоративной службой (ГГМС), в задачи которой входит [88–90]:

- оценка мелиоративного состояния орошаемых земель;
- установление направленности почвенно-мелиоративных процессов;

- разработка необходимых эксплуатационных, гидротехнических и других мелиоративных мероприятий, обеспечивающих высокое и устойчивое плодородие почв;

- оценка эффективности мелиоративных мероприятий.

Наблюдение за почвенным плодородием орошаемых земель должны осуществлять агрохимические станции (АС). Их задача состоит в определении уровня обеспеченности питательными элементами, чтобы дать рекомендации по внесению минеральных и органических удобрений с целью их улучшения [90, 91].

Рекомендуемый перечень показателей, необходимый для контроля почвенного плодородия, периодичность их определения и служба, которая может осуществляющая эту работу, представлены в таблице 18 [94–99].

Таблица 18 – Рекомендуемый перечень показателей почвенного плодородия и периодичность их определения [94–99]

Показатель	Метод определения	Периодичность	Глубина опробования	Служба
1	2	3	4	5
Водно-физические свойства				
Структурно-агрегатный состав	По Савинову	Ежегодно	0,6 м	АС
Объемная масса	По Качинскому	ежегодно	до 1 м	ГГМС АС
Гранулометрический и микроагрегатный	По Качинскому	1 раз в 5 лет	до 3 м	АС
Коэффициент дисперсности	Расчетный	1 раз в 5 лет	до 1 м	АС
Порозность	Расчетный	ежегодно	до 1 м	АС
Удельная масса	Пикнометрический	1 раз в 5 лет	до 2 м	АС
Водонепроницаемость	По Качинскому	1 раз в 5 лет	0,6 м	АС
Наименьшая полевая влагоемкость	Метод заливаемых площадок	1 раз в 5 лет	1 м	ГГМС
Влажность	Термостатно-весовой	4–5 раз в год	до 1 м	ГГМС
Физико-химические свойства				
Водная вытяжка	Общепринятая методика	2 раза в год	до 3 м	ГГМС
Состав ППК	Общеприн. метод	2 раза в год	до 3 м	АС
Содоустойчивость	По Бобкову	2 раза в год	до 3 м	АС
Гипс	Общеприн. метод.	1 раз в 5 лет	0,6 м	АС
Карбонаты	По Голубеву	1 раз в 5 лет	0,6 м	АС

Продолжение таблицы 18

1	2	3	4	5
Агрехимические свойства				
Гумус, %	По Тюрину	ежегодно	до 1 м	АС
Групповой и фракционный состав гумуса	По Тюрину в модификации Пономаревой-Плотниковой	ежегодно	до 1 м	АС
Легкогидролизуемый азот	По Тюрину-Кононовой	2 раза в год	до 1 м	АС
Подвижные формы фосфора, калия	Общеприн. метод	по фазам развития растений	до 1 м	АС
Качество оросительных, грунтовых и коллекторно-дренажных вод				
Минерализация и химический состав вод	Общеприн. метод	2–3 раза в год		ГГМС
УГВ	Общеприн. метод	2–3 раза в год		ГГМС
Наблюдения за растениями				
Учет урожая	Общеприн. метод	в оптимальные сроки		АС

Почвы орошаемых массивов должны находиться под постоянным контролем. В случае, когда изменения их свойств при орошении выходят за пределы допустимых параметров (приложение Б), необходимо менять элементы технологии орошения, применять агрометеорологические приемы, которые способствовали бы переходу почв в состояние, соответствующее по основным показателям оптимальным параметрам. Оптимальные параметры близки по своим показателям к неорошаемым аналогам, а предельно-допустимые на 20–30 % хуже оптимальных [49, 90].

Выбор критериев экологической оценки состояния почв определяется спецификой их местоположения, генезисом, буферностью, а также разнообразием их использования.

Выявление видов деятельности, вызывающих загрязнение почвы, дает более полное представление о масштабе и степени загрязнения на обследуемой территории и позволяет значительно сузить и конкретизировать количество показателей.

В оценке экологического состояния почв основными показателями степени экологического неблагополучия являются критерии физической деградации, химического и биологического загрязнений (таблица 19) [88].

Таблица 19 – Критерии экологической оценки состояния почв

Показатель	Параметр		Относительно удовлетворительная ситуация
	Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	
1	2	3	4
1 Основные показатели: площадь выведенных из сельхозоборота земель вследствие их деградации, % от общей площади сельхозугодий	> 50	30–50	до 5
2 Уничтожение гумусового горизонта	A + B	Апах (A ₁)	до 0,1А
3 Перекрытость поверхности почвы абиотическими наносами, см	> 20	10–20	отсутствие
4 Увеличение плотности почвы, кратность равновесной	> 1,4	1,3–1,4	до 1,1
5 Превышение уровня грунтовых вод, % от критического значения	> 50	25–50	допустимый уровень
6 Радиоактивное загрязнение, Ки/кв.км: - цезий-137 - стронций-90 - плутоний (сумма изотопов)	> 40 > 3 > 0,1	15–40 1–3 > 0,1	до 1 до 0,3 –
7 Потери гумуса в пахотных почвах за период 10 лет, в относительных %	> 25	10–25	< 1
8 Увеличение содержания легкорастворимых солей, г/100 г	> 0,8	0,4–0,8	до 0,1
9 Увеличение доли обменного натрия, % от ЕКО*	> 25	15–25	до 5
10 Превышение ПДК химических веществ: - 1-го класса опасности (включая бенз/а/пирен, диоксины); - 2-го класса опасности; - 3-го класса опасности (включая нефть и нефтепродукты)	> 3 > 10 > 20	2–3 5–10 10–20	до 1 до 1 до 1
11 Снижение уровня активной микробной массы, кратность	> 100	50–100	до 5
12 Фитотоксичность почвы (снижение числа проростков), кратность по сравнению с фоном	> 2	1,4–2,0	до 1.1

Продолжение таблицы 19

1	2	3	4
Дополнительные показатели:			
13 Доля загрязненной основной с/х продукции, % от объема проверенной	> 50	25–50	до 5
14 Содержание яиц гельминтов в 1 кг почвы	> 100	10–100	отсутствие
15 Число патогенных микроорганизмов в 1 г почвы	> 10 ⁶	10 ⁵ –10 ⁶	< 10 ⁴
16 Коли-титр**	< 0,001	0,01–0,001	> 1,0
17 Генотоксичность почвы (рост числа мутаций по сравнению с контролем), число раз	> 1000	100–1000	до 2
<p>* ЕКО – емкость катионного обмена.</p> <p>** – коли-титр для почвы – наименьшая масса почвы в г, в которой содержится 1 кишечная палочка.</p>			

Целый ряд негативных процессов (механическое удаление почвенного покрова при открытой добыче полезных ископаемых, строительных работах; провоцируемые человеком водная эрозия и дефляция) приводят к разрушению почвенных горизонтов, степень которого также использована в качестве критерия деградации почв.

Разрушение структуры почвы и развитие процессов слитизации характеризуется степенью увеличения плотности почвы, которая является важным показателем деградации почвы.

Увеличение уровня грунтовых вод рекомендуется оценивать относительно критического значения, различного для каждого типа почв.

Для экотоксикологической оценки почв целесообразно использовать кратность превышения предельно допустимой концентрации (ПДК) конкретного загрязняющего вещества дифференцированно для веществ различного класса опасности. В связи с отсутствием для ряда загрязняющих веществ утвержденных значений ПДК (например, для кадмия), рекомендуется использовать отношение содержания загрязняющих веществ в жидкой фазе почвы (почвенном растворе) к соответствующей величине ПДК для природных вод.

За комплексный показатель загрязнения почвы принимают фитотоксичность – свойство загрязненной почвы подавлять прорастание семян, рост и развитие высших растений (тестовый показатель).

Признаком биологической деградации почвы является снижение жизнедеятельности почвенных микроорганизмов, о котором можно судить по уменьшению уровня активной микробной биомассы, а также по более распространенному, но менее точному показателю – дыханию почвы.

Оценка экологического состояния почв на основании критериев и параметров проводится с учетом площади проявления рассматриваемого критерия, значимость которого определяется региональными особенностями.

Кратность превышения предельно допустимых норм загрязняющих веществ в почве прежде всего следует оценивать по подвижным формам этих веществ.

Одним из показателей экологического состояния почв служит биологическая продуктивность ценозов, характеризующая потенциальное плодородие. Для почв сельскохозяйственных территорий таким показателем является средняя урожайность.

Экспертно рекомендуется принять для территории экологического бедствия снижение урожайности более чем на 75 %, для территории чрезвычайной экологической ситуации на 50–75 % при соответствии всего комплекса агротехнических и агрохимических мероприятий для данной местности и культуры.

Дополнительным показателем, служащим индикатором степени загрязнения рассматриваемой территории (почвы, воздуха, поливных и грунтовых вод), является доля продукции, не соответствующая требованиям нормативно-технической документации на качество продукции (остаточное количество пестицидов, токсичных элементов, микотоксинов, нитратов, нитритов и др.) [88].

Оценка экологической ситуации на территории ОС осуществляется путем последовательного анализа характеристик орошаемого массива и сравнения их с нормативно-допустимыми, согласно приложению Б.

Превышение фактического значения коэффициента мелиоративной нагруженности над допустимой свидетельствует о нарушении экосистемы и является основанием для разработки и проведения превентивных мероприятий.

Поскольку организация орошаемых участков происходит с использованием мало-дебитных источников местного стока, то оценка его состояния производится на проверку недопустимости превышения фактического объема водоотбора более чем на 5 % от его дебита в вегетационный период. Эксплуатационные объемы водозабора оросительной воды обосновываются гидрогеологическими расчетами при разработке проектов ОС. Нормативные значения водозабора устанавливаются в процессе составления бассейновых схем комплексного использования водных ресурсов, и, как правило, экологически допустимая нагрузка на источник орошения устанавливается на этом

этапе и утверждается как нормативная в процессе этапов рассмотрения и утверждения проекта участка.

В соответствии с классификацией комплексных мелиораций, рассматриваемая оценка технологий орошения по укрупненным показателям позволяет производить их ранжирование по уровню экологичности. При больших значениях качественных показателей технология орошения принимается как адаптивная, кроме поливов, не требующих других агро-мелиоративных операций, и обеспечивающая повышение продуктивности и потенциального плодородия почв. При средних значениях качественных показателей технология орошения переходит в ранг эколого-адаптивной, где кроме поливов предусматривается проведение двух-трех операций, обеспечивающих экологическую устойчивость орошаемого массива при повышении продуктивности и потенциального плодородия почв. При низких значениях показателей технология орошения переходит в ранг эколого-мелиоративной, в которой на фоне поливов и агро-мелиоративных мероприятий применяются коренные мелиорации (дренаж, промывки и др.), направленные на повышение экологической устойчивости агроландшафта путем нивелирования негативных процессов.

Для правильной организации сбора и обработки многочисленных комплексных данных, полученных мелиоративными и агротехническими службами, организация, обеспечивающая координацию и выполнение контроля, должна быть оснащена современной аппаратурой для автоматической регистрации, программирования и расчета данных. Таким образом, возможно получение требуемой своевременной информации о происходящих изменениях на орошаемых землях и принятие необходимых мер для предупреждения процессов деградации почв. Кроме того, контролирующая организация должна иметь и юридические права.

Обоснованность и правильность принятых элементов технологии орошения определяется периодическим контролем эколого-мелиоративного состояния орошаемых земель. Если отклонения значений вышеперечисленных показателей выходят за проектные значения, производится корректировка элементов технологии орошения до уровня, обеспечивающего стабилизацию и улучшение мелиоративного состояния орошаемых массивов.

В качестве создания единого информационного поля о состоянии всех мелиорированных земель, к которым относятся и локальные участки орошения на местном стоке, Департаментом мелиорации осуществляется функция исполнения Административного регламента Министерства сель-

ского хозяйства РФ по исполнению государственной функции по ведению учета мелиорированных земель [87]. В приложении к Административному регламенту [86] отображены показатели по оценке и учету мелиоративного состояния сельскохозяйственных угодий и технического состояния оросительных систем. Сбор данных осуществляется по состоянию на первое января, следующего за отчетным годом.

10 Мониторинг безопасности гидротехнических сооружений

Согласно Федеральному закону № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений» [100], в статье 9 «Обязанности собственника гидротехнического сооружения и эксплуатирующей организации» обязанности обеспечивать контроль (мониторинг) за показателями состояния и общей оценки безопасности ГТС возлагаются на собственника и (или) эксплуатирующую организацию.

Объектами мониторинга могут быть как сооружения (устройства) в целом: дамбы (плотины), насосные станции, водоводы, противофильтрационные экраны, нагорные канавы и руслоотводные каналы, водосбросные колодцы, коллекторы, водопропускные (водосбросные) сооружения и каналы и т. п., так и их составляющие части (конструктивные элементы).

Мониторинг осуществляется в целях анализа текущего состояния, прогноза возможного развития неблагоприятной ситуации, а также подготовки рекомендаций по преодолению негативных тенденций и устранению выявленных недостатков [101–103].

Цели и задачи мониторинга безопасности достигаются посредством организации системы постоянных (непрерывных) визуальных и инструментальных наблюдений (в том числе автоматизированных, дистанционных), обеспечивающих получение качественной и достоверной информации в необходимых объемах.

В проектной документации мониторинга ГТС может определяться следующий перечень объектов мониторинга [102]:

- сооружения (устройства), входящие в состав ГТС;
- системы сооружений (устройств), входящие в состав ГТС;
- основание ГТС;
- технологические процессы, происходящие на сооружениях и в системах;
- природно-климатические процессы, происходящие на участке расположения ГТС;

- служба эксплуатации ГТС;
- документация по ГТС.

Рекомендуемый состав документации по ведению мониторинга безопасности ГТС включает [101]:

- проект мониторинга безопасности ГТС;
- инструкцию о порядке ведения мониторинга безопасности ГТС;
- аналитические сведения по результатам ведения мониторинга безопасности ГТС.

Примерное содержание типовой проектной документации мониторинга, согласно РД 09-255-99 [103], представлено ниже:

- введение;
- общая характеристика гидротехнических сооружений;
- состав, объем и функции системы мониторинга безопасности ГТС;
- сметная документация;
- приложения (чертежи).

В проекте мониторинга безопасности ГТС отражаются цели и задачи мониторинга, объекты мониторинга, состав и объем наблюдений, методика натурных наблюдений и обработки материалов (в том числе визуальных наблюдений, геодезического контроля, наблюдения за влиянием на окружающую среду, за их заполнением, сбросом), сроки начала и окончания наблюдений, график наблюдений (выполненный в виде таблицы с указанием наблюдаемых параметров, исполнителя, периодичности, предельно допустимых значений), перечень КИА (КИП), квалификация и требования к эксплуатационному персоналу, проектная, эксплуатационная и нормативная документация, разрезы, схемы по сооружениям, формы журналов наблюдений.

На основании анализа технического состояния ГТС [103] делается вывод об их безопасности: надежное, удовлетворительное, аварийное.

Оформлять оценку безопасности ГТС рекомендовано в виде отчета, содержащего:

- наименование работ;
- наименование объекта (ГТС);
- местоположение объекта;
- наименование эксплуатирующей организации и (или) собственника объекта;
- дата, адрес и наименование организации, выполнившей оценку безопасности;

- цель оценки безопасности (по видам работ, при которых выполняется оценка технического состояния и обеспечения безопасности эксплуатации хранилища);
- общая характеристика и анализ состояния объекта;
- выводы (заключение) и в случае необходимости мероприятия по обеспечению безопасности хранилища.

Заключение

Следует отметить, что объемы воды существующих прудов и водохранилищ, а также незадействованные резервы местного стока представляют собой значительный потенциал для развития орошения.

По прогнозным оценкам, объем местного стока на территории РФ, возможный к использованию для целей орошения, составляет около 10 млн м³, а потенциально возможные площади орошения при этом могут достигать 3 млн га [5].

Для повышения эффективности использования местного стока необходимо предусмотреть ряд мероприятий, направленных на упорядочение эксплуатации прудов и малых водохранилищ, а также приведение их в надлежащее техническое состояние. Эти мероприятия позволят дополнительно обеспечить водными ресурсами для орошения сельскохозяйственных культур на площади порядка 1,75 млн га [28].

В условиях нарастающего дефицита водных ресурсов проблематика, связанная с недостаточно эффективным использованием местного стока, является весьма актуальной. Использование резервов местного стока на основе современных научных и технических достижений перспективно, а в засушливых районах страны это вообще единственно возможный источник, который может быть использован при орошении земель сельскохозяйственного назначения.

Только комплексный и всесторонний подход с учетом принципов бассейнового регулирования стока позволит определить и использовать на практике наиболее эффективные производственные процессы, требующие наименьших затрат времени и материальных ресурсов, при сохранении экологически устойчивой и благоприятной среды обитания человека.

Список использованных источников

- 1 Трифонова, Н. В. Мелиорация: терминологический словарь / Н. В. Трифонова, В. Н. Шкура. – Новочеркасск: НГМА, 2009. – 457 с.
- 2 Мелиоративная энциклопедия – М.: Росинформагротех, 2004. – Т. 3 (П–Я). – 272 с.
- 3 Мелиоративная энциклопедия – М.: Росинформагротех, 2004. – Т. 2 (К–П). – 444 с.
- 4 Васильев, С. М. Повышение устойчивости и эффективности использования агроландшафтов аридной зоны в условиях постоянного и циклического орошения / С. М. Васильев. – Ростов н/Д, 2006. – 364 с.
- 5 Шумаков, Б. Б. Гидромелиоративные основы лиманного орошения / Б. Б. Шумаков. – М.: Гидрометеиздат, 1979. – 215 с.
- 6 Водный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ // Гарант Эксперт 2011 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2011.
- 7 Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года: постановление Правительства РФ от 27 августа 2009 г. № 1235-р // Гарант Эксперт 2011 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант сервис», 2011.
- 8 О подготовке и заключении договора водопользования: постановление Правительства РФ от 12 марта 2008 г. № 165: по состоянию на 22 апреля 2009 г. // Гарант Эксперт 2011 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант сервис», 2011.
- 9 О мелиорации земель: Федеральный закон от 10 января 1996 г. № 4-ФЗ: по состоянию на 30 декабря 2008 г. // Гарант Эксперт 2011 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант сервис», 2011.
- 10 О ставках платы за водопользование водными объектами, находящимися в федеральной собственности: постановление Правительства Рос. Федерации от 30 декабря 2006 г. № 876: по состоянию на 1 декабря 2007 г. // Гарант Эксперт 2011 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант сервис», 2011.
- 11 ГОСТ 17.1.2.03-90. Охрана природы. Гидросфера. Критерии и показатели качества воды для орошения. – Введ. 1991-01-07. – М.: Изд-во стандартов, 2001.
- 12 Мелиорация и водное хозяйство. Орошение: справочник / под ред. Б. Б. Шумакова. – М.: Колос, 1999. – 432 с.
- 13 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения: СНиП 11-02-96: введ. в действие с 11.01.96. – М.: ПНИИИС, 1997.

14 Инженерно-экологические изыскания для строительства: СП 11-102-97: утв. Госстрой России 10.07.97: введ. в действие с 15.08.97. – М.: ПНИИИС, 1997.

15 Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства: СП 11-103-97: утв. Департаментом развития научно-технической политики и проектно-изыскательских работ Госстроя России 10.07.97: введ. в действие с 15.08.97. – М.: ПНИИИС, 1997.

16 Инженерно-геодезические изыскания для строительства: СП 11-104-97: утв. Госстрой России, письмо 9-4/116: введ. в действие с 01.01.98. – М.: ПНИИИС, 1997.

17 Инженерно-геологические изыскания для строительства: СП 11-105-97: утв. Департаментом развития научно-технической политики и проектно-изыскательских работ Госстроя России 14.10.97: введ. в действие с 01.03.98. – М.: ПНИИИС, 1997.

18 Гидромелиоративные системы и сооружения. Почвенные изыскания для мелиоративного строительства: ВСН 33-2.1.02-91: утв. приказом Госконцерна «Водстрой» 10.10.90 г. № 28: введ. в действие с 01.04.91. – М.: Водстрой, 1991.

19 Гидромелиоративные системы и сооружения. Гидрогеологические и инженерно-геологические изыскания: ВСН 33-2.1.05-90: утв. приказом Госконцерна «Водстрой» 10.10.90: введ. в действие с 01.04.91. – М.: Водстрой, 1990.

20 Гидромелиоративные системы и сооружения. Инженерно-геодезические изыскания: ВСН 33-2.1.07-90. – М.: Водстрой, 1991.

21 Гидромелиоративные системы и сооружения. Инженерно-гидрометеорологические изыскания: ВСН 33-2.1.10-90: утв. приказом Госконцерна «Водстрой» 05.11.90. – М.: Водстрой, 1991.

22 Щедрин, В. Н. Выбор и оценка технологий орошения / В. Н. Щедрин, А. А. Бурдун, С. М. Васильев // Эколого-мелиоративные аспекты научно-производственного обеспечения АПК. – М.: Современные тетради, 2005. – С. 450–456.

23 Гидромелиоративные системы нового поколения / Б. Б. Шумаков [и др.]; под ред. Б. Б. Шумакова. – М.: ВНИИГиМ, 1997. – 110 с.

24 Тимченко, Н. С. Использование местных водных ресурсов для орошения / Н. С. Тимченко. – М.: Россельхозиздат, 1979. – 152 с.

25 Использование земель лиманного орошения в современных условиях: сб. науч. тр. / «ВНИИОЗ»; редкол.: И. П. Кружилин [и др.]. – Волгоград: ВНИИОЗ, 2000. – 152 с.

26 Туктаров, Б. И. Мелиорация естественных лиманов Заволжья / Б. И. Туктаров, С. С. Ермилов, С. Н. Косолапов. – Саратов: Сарат. гос. агр. ун-т им. Н. И. Вавилова, 2002. – 124 с.

27 Мелиоративные сооружения: СНиП 2.06.03-85: утв. постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства № 228 17.12.85: введ. в действие с 01.07.86. – М: Госстрой России, ЦПП, 1998.

28 Проблемы и перспективы использования водных ресурсов в агропромышленном комплексе России / В. Н. Щедрин [и др.]. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2009. – 342 с.

29 Reinders, F.V. Micro-irrigation: world overview on technology and utilization // Keynote address at the opening of the 7th International Micro-Irrigation Congress in Kuala Lumpur. – Malaysia, 2006.

30 Дементьев, А. В. Капельное орошение томатов в условиях Волго-Донского междуречья: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02 / Дементьев Александр Васильевич. – Москва, 2004. – 164 с.

31 Зональные системы орошаемого земледелия в Краснодарском крае: рекомендации / И. Т. Трубинина [и др.]; под ред. И. Т. Трубинина; Кубанский СХИ. – Краснодар, 1986. – 258 с.

32 Щедрин, В. Н. Орошение сегодня: проблемы и перспективы / В. Н. Щедрин. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2004. – 255 с.

33 Периодическое орошение сельскохозяйственных культур на дополнительных площадях в зоне оросительно-обводнительных систем / Г. А. Гарюгин [и др.]. – Ставрополь, 1983. – 26 с.

34 Васильев, С. М. Рациональное использование поливной воды в зоне неустойчивого увлажнения / С. М. Васильев // Эколого-мелиоративные аспекты научно-производственного обеспечения АПК. – М.: Современные тетради, 2005. – С. 291–293.

35 Васильев, С. М. Повышение устойчивости эффективности использования агроландшафтов аридной зоны в условиях постоянного и циклического орошения / С. М. Васильев // Изв. вузов. Сев.-Кав. Регион. Техн. науки. – Ростов н/Д, 2006. – С. 215–221.

36 Кожанов, А. Л. Организация систем периодического орошения / А. Л. Кожанов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2008. – № 2. – С. 44–45.

37 Орошение земель Ростовской области: монография / В. М. Волошков [и др.]; под ред. В. М. Волошкова, В. В. Турулева. – Ростов н/Д: Эверест, 2009. – 256 с.

38 Кожанов, А. Л. Организация периодического орошения на оросительных системах Ростовской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02 / Кожанов Антон Леонидович. – Новочеркасск, 2009. – 23 с.

39 Технология периодического орошения сельскохозяйственных культур: методические указания / В. Н. Щедрин [и др.]; под ред. В. Н. Щедрина. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2010. – 29 с.

40 Мелиорация солонцовых почв в условиях орошения / Н. С. Скуратов [и др.]. – Новочеркасск, 2005. – 180 с.

41 Шумаков, Б. Б. Технология гидроциклически-богарных комплексных мелиораций / Б. Б. Шумаков, В. И. Бобченко // Научно-технические достижения. – Т. 1: Технология мелиорации земель (спец. выпуск). – М.: ЦБНТИ, 1989.

42 Щедрин, В. Н. Новая стратегия оросительных мелиораций – циклическое орошение / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, Т. П. Андреева // Вопросы мелиорации. – 2008. – № 3–4. – С. 7–20.

43 Айдаров, И. П. Регулирование водно-солевого и питательного режимов орошаемых земель / И. П. Айдаров. – М.: Агропромиздат, 1985. – 307 с.

44 Бобченко, В. И. Передвижные циклические мелиорации почв в орошаемой зоне. Мелиорация земель в системе агропромышленного комплекса / В. И. Бобченко. – М.: Агропромиздат, 1985. – 192 с.

45 Циклическое орошение – способ сохранения плодородия почв Юга России / В. Н. Щедрин [и др.]; под ред. В. Н. Щедрина. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2010. – 28 с.

46 Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель при их использовании / Н. С. Скуратов [и др.]. – Новочеркасск, 2000. – 85 с.

47 Безднина, С. Я. Оптимальные параметры мелиоративного режима почв / С. Я. Безднина // Гидротехника и мелиорация. – 1986. – № 11. – С. 58–63.

48 Кружилин, И. П. Влияние орошения на почвы и ландшафты степей / И. П. Кружилин, М. А. Морозова // Почвоведение. – 1993. – № 11. – С. 112–119.

49 А.с. 1743481 СССР, МПКЗ А 01 G 25/00. Способ мелиорации черноземов / В. Н. Щедрин, Н. П. Бредихин (СССР). – № 4885128/15; заявл. 09.08. 90; опубл. 30.06. 92, Бюл. № 24. – 11 с.

50 Пат. 2353088 Российская Федерация, МПК А01G25/00. Оросительная система с использованием прудов-накопителей / Щедрин В. Н.,

Васильев С. М., Швайко Г. Н., Кожанов А. Л.; заявитель и патентообладатель Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации. – № 2007124078/12; заявл. 26.06.07; опубл. 27.04.09, Бюл. № 12. – 4 с.

51 Рекомендации по структуре посевных площадей на орошаемых землях в колхозах и совхозах Ставропольского края. – Ставрополь, 1988. – 12 с.

52 Интенсивные приемы возделывания полевых культур: рекомендации / под ред. П. Д. Шевченко, Г. Т. Балакая; ДЗНИИСХ; РосНИИПМ. – Рассвет, 2009. – 42 с.

53 Ландшафтное земледелие в условиях орошения Ростовской области / ЮжНИИГиМ. – Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2000. – 324 с.

54 Нарциссов, В. П. Научные основы систем земледелия / В. П. Нарциссов. – М.: Колос, 1976. – 368 с.

55 Погосов, Э. К. Овощные севообороты интенсивного типа / Э. К. Погосов // Плодоовощное хозяйство. – 1985. – № 7. – С. 19–21.

56 Маслов, А. Н. Эффективность энергосберегающей почвообработки в орошаемом севообороте / А. Н. Маслов, П. Д. Шевченко, А. Д. Дробилко // Орошаемое земледелие в агроландшафтах степей. – Волгоград, 1994. – С. 54–65.

57 Пат. 2324331 Российская Федерация, МПК А 01 G 25/00. Способ мелиорации орошаемых черноземов / Щедрин В. Н., Васильев С. М., Бородычев В. В., Салдаев А. М. [и др.]; заявитель и патентообладатель Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации. – № 2006133800/12; заявл. 21.09.06; опубл. 20.05.08, Бюл. № 14. – 12 с.

58 Вальков, В. Ф. Почвы Юга России: классификация и диагностика / В. Ф. Вальков, С. И. Колесников, К. Ш. Казеев. – Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 2002. – 168 с.

59 Энергосберегающая технология возделывания полевых культур на орошаемых землях / под ред. Г. А. Сенчукова. – Новочеркасск, 1998. – 76 с.

60 Режим орошения сельскохозяйственных культур на юге европейской части РСФСР: рекомендации. – Ростов н/Д: Кн. изд-во, 1986. – 64 с.

61 Орошение овощных культур в Молдове – важнейший элемент технологий их возделывания / А. В. Гуманюк [и др.] // Тепличное и овощное хозяйство. – 2007. – № 10. – С. 12–13.

62 Разработать систему норм и нормативов использования водных ресурсов с учетом достижений научно-технического прогресса: отчет о НИР (заключ.): 1.14 / ЮжНИИГиМ; рук.: Сенчуков Г. А. – Новочеркасск,

1990. – 208 с. – Исполн.: Олейник А. М., Исаев Ю. С. – № ГР 01.99.00 04485. – Инв. № 02990003125.

63 Щелевание почвы – эффективный прием / В. Г. Лысанюк [и др.] // Картофель и овощи. – 1990. – № 1. – С. 15–17.

64 Чешко, В. А. Новый многообещающий агротехнический прием: науч. тр. Николаевской гос. с.-х. опытной станции за 1957–1967 годы / В. А. Чешко. – Николаев, 1968. – С. 5–11.

65 Кулыгин, В. А. Влияние фрезерования почвы на условия вегетации и урожайность картофеля при орошении [Электронный ресурс] / В. А. Кулыгин // Научный журнал КубГАУ: политематический сетевой электрон. журн. / Кубанский гос. аграрн. ун-т. – Электрон. журн. – Краснодар: КубГАУ, 2005. – № 13(05). – 3 с. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2005/05/14/>.

66 Чешко, В. А. Щелевание почвы / В. А. Чешко. – Одесса: Маяк, 1965. – 44 с.

67 Чеботарев, А. В., Эффективность агрометеорологических обработок орошаемых земель / А. В. Чеботарев, А. А. Бурдун, Н. А. Иванова // Мелиорация орошаемых земель и использование водных ресурсов. – Новочеркасск, 1987. – С. 25–32.

68 Иванова, Н. А. Последствие приемов глубокого рыхления и кротования на водно-физические свойства и урожайность сельскохозяйственных культур / Н. А. Иванова, С. Ф. Шемет // Режимы орошения и технологии программированного выращивания сельскохозяйственных культур на Северном Кавказе. – Новочеркасск, 1989. – С. 73–78.

69 Докучаева, Л. М. Приемы повышения плодородия пойменных земель Дона / Л. М. Докучаева, Г. С. Кулинич, Н. С. Скуратов // Земледелие. – 1983. – № 6. – С. 46–48.

70 Определение основных расчетных гидрологических характеристик: СП 33-101-2003: утв. постановлением Госстроя России 26.12.03 № 218: введ. в действие с 01.01.04. – М.: ГП ЦПП, 2004.

71 Гидротехнические сооружения. Основные положения: СНиП 33-01-2003: утв. Госстрой России 30.06.03: введ. в действие с 30.06.03. – М.: Госстрой России ЦПП, 2004.

72 Нагрузки и воздействия: СНиП 2.01.07-85*: утв. Госстрой России 30.06.85: введ. в действие с 30.06.85. – М.: Госстрой России ЦПП, 2005.

73 Основания гидротехнических сооружений: СНиП 2.02.02-85*: утв. постановлением Госстроя СССР № 219 12.01.85: введ. в действие с 01.01.87. – М.: Госстрой России ЦПП, 2004.

74 Плотины из грунтовых материалов: СНиП 2.06.05-84*: утв. Главтехнормированием Госстроя СССР № 169 28.09.84: введ. в действие с 01.07.85. – М.: Госстрой СССР ЦИТП, 1991.

75 Плотины бетонные и железобетонные: СНиП 2.06.06-85: утв. постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства № 10828.06.85: введ. в действие с 01.07.86. – М.: Госстрой СССР ЦИТП, 1986.

76 Типовая инструкция по эксплуатации водохранилищ для нужд орошения емкостью до 10 млн м³: ВСН 33-3.02.01-84: утв. М-вом мелиорации и водного хозяйства СССР № 145 16.04.84: введ. в действие с 01.07.84. – М.: ММиВХ, 1982.

77 Провести исследования и разработать рекомендации по реконструкции внутрихозяйственной оросительной сети с использованием мобильного оросительного оборудования: отчет о НИР (заключ.): ФГНУ «РосНИИПМ»; рук. Сенчуков Г. А. – Новочеркасск, 2007. – 96 с. – Исполн.: Штанько А. С., Олейник Р. А., Болотова Н. Ю. – № ГР 01200801030. – Инв. № 02200800210.

78 Штанько, А. С. Обоснование параметров технологии проведения поливов ДМ ДКДФ-1М // Мелиорация и водное хозяйство. – 2007. – № 4. – С. 41–42.

79 Олейник, Р. А. Сравнительный анализ тупиковой и кольцевой схем расположения трубопроводной оросительной сети / Р. А. Олейник // Мелиорация и водное хозяйство. – 2006. – № 6. – С. 32–33.

80 Пат. 2401804 Российская Федерация, МПК С02F 1/28. Способ очистки дренажного стока и устройство для его осуществления / Щедрин В. Н., Васильев С. М., Пацера А. А., Митяева Л. А., Кропина Е. А.; заявитель и патентообладатель Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации. – № 2009116667/05; заявл. 30.04.09; опубл. 20.10.10, Бюл. № 29. – 8 с.

81 Пат. 2467561 Российская Федерация, МПК А01G25/00. Оросительная система с использованием местного стока / Щедрин В. Н., Васильев С. М., Гостищев В. Д., Снопич Ю. Ф., Акопян А. В., Кузьмичев А. А.; заявитель и патентообладатель Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации. – № 2011101196/13; заявл. 20.07.12; опубл. 27.11.12, Бюл. № 33. – 9 с.

82 Беляева, Т. В. Совершенствование некоторых способов полива в США: обзорная информация / Т. В. Беляева. – М.: ВНИИТЭИСХ, 1975. – 69 с.

83 Руководство по проектированию и строительству и эксплуатации систем капельного орошения: ВТР-11-28-80. – М., 1981. – 177 с.

84 Ясониди, О. Е. Капельное орошение на Северном Кавказе / О. Е. Ясониди. – Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 1987. – 80 с.

85 Трубы напорные из полиэтилена. Технические условия: ГОСТ 18599-2001 Группа Л26: утв. Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации протокол № 20 01.11.01: введ. в действие с 01.01.03. – М.: Изд-во стандартов, 2002.

86 Об утверждении Административного регламента Министерства сельского хозяйства Российской Федерации по исполнению государственной функции по ведению учета мелиорированных земель: приказ Минсельхоза России от 27 января 2009 г. № 33 // Гарант Эксперт 2011 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант сервис», 2011.

87 Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия: утв. Минприроды РФ 30.11.92 // Гарант Эксперт 2011 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант сервис», 2011.

88 Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения / В. Г. Сычев [и др.]; под ред. Л.М. Державина. – М.: Росинформагротех, 2003. – 24 с.

89 Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель при их использовании / Н. С. Скуратов [и др.]; под ред. Н. С. Скуратова. – Новочеркасск, 2000. – 85 с.

90 Кирейчева, Л. В. Методические указания по оценке экологической и мелиоративной ситуации на орошаемых землях / Л. В. Кирейчева, И. Ф. Юрченко, В. М. Яшин. – М.: ВНИИГиМ, 1994. – 56 с.

91 Кирейчева, Л. В. Оценка направленности природных процессов при мелиорировании земель / Л. В. Кирейчева, И. Ф. Юрченко, В. М. Яшин // Совершенствование и реконструкция мелиоративных систем: сб. науч. тр. / ВНИИГиМ. – М., 1990. – Т. 78. – С. 23–29.

92 Кац, Д. М. Методические рекомендации по контролю за мелиоративным состоянием орошаемых земель / Д. М. Кац, Н. И. Парфенова. – М.: ВНИИГиМ, 1978. – 43 с.

93 Рекомендации по оценке качества воды для орошения сельскохозяйственных культур / ВНИИГиМ. – М., 1983.

94 Качинский, Н. А. Физика почвы / Н. А. Качинский. – М.: Высшая школа, 1965. – 323 с.

95 Агрехимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – 656 с.

96 Практикум по почвоведению: учеб. пособие для вузов / Н. П. Панов [и др.]; под ред. И. С. Кауричева. – М.: Аргпромиздат, 1986. – 335 с.

97 Аринушкина, Е. В. Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. – М.: МГУ, 1970. – 487 с.

98 Тюрин, И. В. Органическое вещество почв и его роль в плодородии. – М.: Наука, 1965. – 317 с.

99 Кирейчева, Л. В. Восстановление природно-ресурсного потенциала агроландшафтов комплексными мелиорациями / Л. В. Кирейчева // Мелиорация и водное хозяйство. – 2004. – № 5. – С. 32–35.

100 О безопасности гидротехнических сооружений: Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 117-ФЗ // Гарант Эксперт 2011 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2011.

101 Инструкция о порядке ведения мониторинга безопасности гидротехнических сооружений предприятий, организаций, подконтрольных органам Госгортехнадзора России: утв. постановлением Госгортехнадзора Российской Федерации № 2 12.01.98. – М.: Изд-во стандартов, 2002.

102 Методические рекомендации по составлению проекта мониторинга безопасности гидротехнических сооружений на поднадзорных Госгортехнадзору РФ производствах, объектах и в организациях: РД 03-417-0: утв. постановлением Госгортехнадзора Рос. Федерации № 27 04.07.01: введ. в действие с 13.07.02. – М.: Изд-во стандартов, 2002.

103 Методические рекомендации по оценке технического состояния и безопасности хранилищ производственных отходов и стоков предприятий химического комплекса: РД 09-255-99: утв. постановлением Госгортехнадзора Рос. Федерации № 1 06.01.99: введ. в действие с 13.07.01. – М.: Изд-во стандартов, 2002.

Приложение А
Почвенно-мелиоративная классификация оросительных вод

Таблица А.1 – Почвенно-мелиоративная классификация оросительных вод

Класс воды	Минерализация воды для орошения почв, г/л			Концентрация ионов в оросительной воде при оценке опасности развития процессов, мг/экв.			
	с тяжелым механическим составом и имеющих ППК > 30	со средним механическим составом и имеющих ППК 15–30	с легким механическим составом и имеющих ППК > 15	хлоридного засоления Cl ⁻	натриевого осолонцевания Na ⁺ /Ca ²⁺	магниевого осолонцевания Mg ²⁺ /Ca ²⁺	содообразования [(CO ₃ ²⁻ + HCO ₃ ⁻) - (Ca ²⁺ +Mg ²⁺)]
I	0,2–0,5	0,2–0,6	0,2–0,7	< 2	< 0,5	< 1	< 1
II	0,5–0,8	0,6–1	0,7–1,2	2–4	0,5–1	1–1,5	1–1,25
III	0,8–1,2	1–1,5	1,2–2	4–10	1–2	1,5–2,5	1,25–2,5
IV	> 1,2	> 1,5	> 2	> 10	> 2	> 2,5	> 2,5

Характеристика оросительных вод по классам [11]:

1 Оросительная вода не оказывает неблагоприятного влияния на плодородие почв, урожайность и качество сельскохозяйственной продукции, поверхностные и подземные воды. Состав сельскохозяйственных культур не ограничен.

2 Оросительная вода не оказывает неблагоприятного влияния на качество сельскохозяйственной продукции, поверхностные и подземные воды. При недостаточной дренированности возможно засоление почв, снижение (до 5–10 %) урожайности культур слабой солеустойчивости. Для удаления солей, превышающих допустимое содержание в почве, требуется умеренный промывной режим орошения при обеспеченной дренированности, специальный комплекс мелиоративных мероприятий.

3 Оросительная вода неблагоприятно влияет на плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур, снижение (до 10–25 %) урожайности культур слабой и средней солеустойчивости. Без предварительной мелиорации воды и почв неизбежно развитие процессов засоления, натриевого и магниевого осолонцевания и содообразования почв. Необходимо регулирование рН оросительной воды, обогащение кальцием. Требуется промывной режим орошения при обеспеченной дренированности, интенсивность которого должна быть увязана со свойствами и составом почв.

Состав сельскохозяйственных культур ограничен и необходим специальный комплекс мелиоративных мероприятий.

4 Оросительная вода неблагоприятно влияет на плодородие почв, урожайность и качество сельскохозяйственной продукции, снижается урожайность (до 25–50 %) культур слабой и средней солеустойчивости. Требуется мелиорация почв и воды. Вода непригодна без предварительного изменения ее качественного состава или без проведения специальных исследований влияния ее на качество сельскохозяйственной продукции, плодородие почв и другие природные факторы.

Приложение Б

Основные условия, определяющие выбор поливной техники в зависимости от природохозяйственных факторов

Поливная техника	Природохозяйственный фактор												
	Климатический		Почвенный		Геоморфологический		Гидрогеологический		Биологический		Водохозяйственный		
	Дефицит испаряемости, тыс. м ³ /га	Скорость ветра, м/с	Скорость впитывания за первый час, м/ч	Глубина почвенной толщ, м	Оптимальные уклоны	Условный объем планировочных работ, определяемый сложностью рельефа, м ² /га	Допустимая глубина залегания пресных (числитель) и соленых (знаменатель) грунтовых вод, м	Допустимая минерализация грунтовых вод, г/л	Предельная высота надземной части растений, м	Поливная норма, мм	Обеспеченность водой (отношение стока водоисточника за вегетацию к требуемой водоподаче)	Ордината гидромодуля, л/(с·га)	Удельная площадь поливаемых земель на одного рабочего, га
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Поверхностное орошение													
Передвижные колесные трубопроводы (борозды, полосы)	5–10	Не влияет	До 10	0,5–1,5	0,001–0,3	0–500	3/5	До 3–5	–	60–120	2–10	0,7–1	До 5
Поливные шланговые машины (борозды)	5–10	То же	До 5	0,5–1,5	0,002–0,006	0–200	3/5	До 3–5	–	60–120	2–10	0,7–1	До 5

Продолжение приложения Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Поливные передвижные агрегаты (полосы, чеки)	5–10	»	До 10	0,8–1,5	0–0,002	0–500	3/5	До 3–5	–	60–140	2–10	0,7–1	До 10
Автоматическое шланговое устройство (борозды)	5–10	»	До 15	1	0–0,2	0–300	3/5	До 3–5	–	60–100	1–10	0,6–1	До 10
Поливные двухконсольные машины с забором воды из каналов (борозды, полосы)	5–6	До 6	5–15	0,5–1	0,001–0,002	0–300	3/5	До 3–5	2	40–100	2–10	0,5–1	До 5
Закрытые перфорированные трубопроводы (борозды)	5–10	Не влияет	До 5	0,8–1,5	0,002–0,01	0–200	3/5	До 3–5	–	60–120	1–10	0,7–1	До 20
Стационарная автоматизированная система с надземной распределительной сетью (борозды, полосы)	5–10	То же	До 5	0,8–1,5	0,004–0,03	0–700	3/5	До 3–5	–	60–120	1–10	0,7–1	До 20
Орошение дождеванием													
Дождеватели полустационарные (типа ДП-26)	1–3	0–5	15–30	0,5	0,01–0,05	0–300	1,5/3	1,5–3	4	20–60	1...10	0,2–0,6	До 2

Продолжение приложения Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Двухконсольные дождевальные агрегаты с забором воды из открытой оросительной сети (типа ДДА-100МА)	1–5	До 6	10–30	0,5–1,5	0,001–0,002	0–300	1,5/3	1,5–3	2	20–60	2–10	0,2–0,8	До 5
Широкозахватные дождевальные машины типа «Волжанка»	2–5	До 5	5–30	0,5	0–0,02	0–300	1,5/3	1,5–3	1,1	20–60	1–10	0,2–0,7	До 15
Широкозахватные дождевальные машины, работающие по кругу (типа «Фрегат», «Кубань-ЛК»)	2–5	До 8	5–30	0,5	0–0,03	0–500	1,5/3	1,5–3	2,5	20–80	1–10	0,4–0,9	До 20
Электрифицированная многоопорная дождевальная машина фронтального действия (типа «Кубань»)	3–6	До 8	5–30	0,5	0,0001–0,01	0–500	1,5/3	1,5–3	4	50–70	1–10	0,7–0,9	До 20

Продолжение приложения Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Дальнеструйные дождевальные машины с забором воды из трубопроводов или шлангов (типа ДДН-70)	1–2,5	До 2,5	10–30	0,5	0,01–0,06	0–200	1,5/3	1,5–3	4	20–60	2–10	0,2–0,8	До 10
Дождевальные шлейфы (типа ШД-25-300)	2–5	До 4	10–30	0,5	0,07	0–500	1,5/3	1,5–3	4	20–60	1–10	0,5–0,8	До 10
Стационарные автоматизированные дождевальные системы	2–5	До 4	10–30	0,3	0,015–0,05	–	1,5/3	1,5–3	5	20–60	1–10	0,2–0,7	До 10
Стационарные системы импульсного дождевания	2–5	До 5	До 30	0,3	0,05	–	1,5/3	1,5–3	4	1–60	1–10	0,6–0,9	До 10
Системы аэрозольного увлажнения	2–5	До 6	1–30	0,3	0,003	0–300	1,5/3	1,5–3	2	0,4–0,6	0,8–10	0,5–0,9	До 5
Внутрипочвенное орошение													
Стационарные системы внутрипочвенного орошения	2–10	–	10–30	1–1,5	0,002–0,015	0–200	1,5/3	1	4	20–60	0,8–10	0,5–1	До 5
Стационарные системы капельного орошения	5–10	–	5–20	1–1,5	0–0,003	–	1,5/3	1	5	2–8	0,8–10	0,5–1	До 10

Продолжение приложения Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Подкрановое дождевание	2–5	0–5	До 30	0,3	0–0,5	–	1,5/3	1,5–3	4	2–60	1–10	0,6–0,9	До 10
Низконапорная система капельно-струйчатого полива	2–5	0–5	0–30	0,3	0,05–0,2	0–500	1,5/3	1,5–3	4	2–60	0,8–10	0,5–1	8–15
Комбинированное орошение													
Двухконсольные дождевально-поливные машины, работающие в движении и позиционно с забором воды из каналов	4–10	До 6	1–20	0,8	0,004	0–300	1,5/3	1	2	2–120	2–10	0,7–1	До 5
Лиманное орошение													
Системы лиманного орошения	3–6	–	1–5	1–1,5	0–0,002	–	1,5/3	3	–	30–40	1–10	0,5–0,7	До 30

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Предельно-допустимые и оптимальные параметры орошаемых почв в слое 0–40 см [41]

Показатель	Черноземы обыкновенные			
	предкавказские, орошаемые пресной водой		североприазовские, орошаемые слабоминерализованной водой	
	оптимальные параметры	предельно допустимые параметры	оптимальные параметры	предельно допустимые параметры
1	2	3	4	5
Агрофизические: - плотность, т/м ³ ; - водопрочность, % ; - водопроницаемость, мм/мин	< 1,15 > 40 > 1,0	1,15–1,25 30–40 0,8–1,0	1,20–1,25 > 30–40 > 0,8	< 1,20 20–30 0,6–0,8
Физико-химические токсичные соли, (%): - с участием соды; - без соды	< 0,10 < 0,05	0,10–0,15 0,05–0,12	< 0,15 < 0,10	0,15–0,25 0,10–0,25
Токсичная щелочность, мг-экв/100 г	< 0,7	0,7–1,0	< 1,0	1,0–1,2
Почвенно-поглощающий комплекс, (%) - кальций; - магний; - натрий	> 85 < 15 < 1	85–80 15–20 1–3	> 80 < 20 < 3	80–75 20–25 3–5
Агрохимические: гумус, % Сг.к : Сф.к Подвижный фосфор, мг/100 г Обменный калий, мг/100 г	> 4,4 > 2,0 > 4,5 > 50	3,8–4,0 2,0–1,7 3,8–4,5 50–35	> 4,2 2,0–1,5 > 4,5 > 45	3,6–3,8 1,5–1,0 3,1–4,5 45–40
Урожайность, т/га: - озимая пшеница; - ячмень; - люцерна на сено; - кукуруза на зерно	> 4,5 > 4,2 > 13,0 > 9,5	4,5–4,1 4,2–4,0 13,0–12,0 9,5–9,0	> 4,2 > 3,9 > 11,0 > 10,0	4,8–3,8 3,9–3,4 11,0–9,5 10,0–9,0

Продолжение приложения В

1	2	3	4	5
Агрофизические: - плотность, т/м ³ ; - водопрочность, % ; - водопроницаемость, мм/мин	< 1,2 > 40 > 0,8	1,20–1,25 30–40 0,8–1,0	< 1,25 > 30 > 0,6	1,25–1,30 20–30 0,6–0,4
Физико–химические токсичные соли,(%): - с участием соды; - без соды	< 0,10 < 0,05	0,10–0,15 0,05–0,12	< 0,15 < 0,10	0,15–0,25 0,10–0,25
Токсичная щелочность, мг-экв/100 г	< 0,7	0,7–1,0	< 1,0	1,0–1,2
Почвенно-поглощающий комплекс,(%) - кальций; - магний; - натрий	> 80 < 20 < 3	80–75 20–15 3–5	> 75 < 25 < 5	70–75 20–25 5–7
Агрохимические: гумус, % Сг.к:Сф.к Подвижный фосфор, мг/100 г Обменный калий, мг/100 г	> 3,4 > 1,5 > 4,5 > 4,5	3,4–3,0 1,5–1,0 3,8–4,5 45–40	> 2,5 > 1,0 > 3,5 > 40	2,5–2,0 1,0–0,8 3,5–3,0 40–35
Урожайность, т/га: - озимая пшеница; - ячмень; - кормосмеси (кукуруза + подсолнечник + сорго)	> 3,8 > 3,0 > 45	3,8–2,7 3,0–2,0 45–30	> 3,5 > 2,5 > 35	3,5–2,9 2,5–2,0 35–30
Агрофизические: - плотность, т/м ³ ; - водопрочность, % ; - водопроницаемость, м/мин	< 1,25 > 40 > 0,8	1,25–1,30 30–40 0,6–0,8	< 1,3 > 30 > 0,6	1,3–1,35 20–30 0,6–0,4
Физико-химические токсичные соли, (%): - с участием соды; - без соды	< 0,10 < 0,005	0,10–0,15 0,005–0,15	< 0,15 < 0,10	0,15–0,25 0,10–0,25
Токсичная щелочность, мг-экв/100 г	< 0,7	0,7–1,0	< 1,0	1,0–1,2
Почвенно-поглощающий комплекс,(%) - кальций; - магний; - натрий	> 80 < 20 < 3	80–75 20–15 3–5	> 75 < 25 < 5	70–75 20–25 5–7

Продолжение приложения В

1	2	3	4	5
Агрохимические:				
гумус, %	> 2,5	2,5–2,2	> 2,2	2,2–2,0
Сг.к:Сф.к	> 1,5	1,5–1,0	> 1,0	1,0–0,8
Подвижный фосфор, мг/100 г	> 4,0	4,0–3,6	> 3,5	3,5–3,0
Обменный калий, мг/100 г	> 40	40–35	> 35	35–30
Урожайность, т\га:				
- кукуруза на зеленую массу;	> 40	40–30	> 35	35–25
- люцерна на зеленую массу;	> 50	50–45	> 45	45–40
- кормосмесь	> 58	58–50	> 52	52–46

Приложение Г

Градации культурных растений по группам солеустойчивости

Группа	Признак	Культуры			
		технические	кормовые	овощные и бахчевые	плодовые и ягодные
1	2	3	4	5	6
I	Очень сильно-устойчивые, $C_{100} \leq 3,5$ г/л	Ячмень короткоостистый, свекла сахарная, ломкоколосник ситниковый, сафлор, овес, рожь, пшеница	Пырей русский, пырей гребенчатый, трава бермудская, свекла кормовая, ячмень на сено	Спаржа	–
II	Сильноустойчивые, $C_{100} \leq 2,5$ г/л	Сорго, пшеница обыкновенная, пшеница твердая, рапс, ячмень Богдана, ячмень яровой, хлопчатник, соя, джугара, кунжут	Житняк, ячмень на фураж, овсяница высокая, пырей сибирский, овес на сено, пшеница на сено, кострец колючий, донник белый, люцерна сорта Оранжевая 115, волоснец	Тыква, баклажаны, свекла столовая, арбуз	–
III	Среднеустойчивые, $C_{100} \leq 1,3$ г/л	Рис посевной, сахарный тростник, пшеница сорта Саратовская 29	Вика посевная, кукуруза на силос, суданская трава, сесбания, просо кормовое, райграс	Патиссон, брюссельская капуста, томат, шпинат, огурец, репа	–

Продолжение приложения Г

1	2	3	4	5	6
IV	Слабоустойчивые, $C_{100} \leq 0,8$ г/л	Фасоль обыкновенная, горох посевной, бобы, лен культурный, подсолнечник, кукуруза, гречиха, люпин желтый	Клевер гибридный, ползучий, лисохвост луговой, ежа сборная, бобы кормовые, люцерна посевная, тимopheвка луговая	Картофель, перец, горох, редис, чеснок, тыква, турнепс, дыня, лук репчатый, морковь столовая, фасоль обыкновенная, капуста белокочанная, капуста цветная, салат-латук, редька, сельдерей	Персик, инжир, груша, вишня, слива, яблоки, виноград, гранат, чернослив, миндаль, апельсин, сладкий грейпфрут, абрикосы, грецкий орех, клубника, малина, смородина, крыжовник, ежевика
Примечание – C_{100} – минерализация оросительной воды, при которой потенциал урожайности сельскохозяйственных культур составляет 100 %.					

Приложение Д

План размещения циклически орошаемых полей севооборота на оросительной системе

На рисунке Д.1 показана схема восьмипольного севооборота и схема полустационарной оросительной системы; на рисунке Д.2 – более подробные устройства закрытой оросительной сети с дождевальными установками (барабанные шланговые установки) «внутри» поля севооборота; на рисунке Д.3 – устройство открытой оросительной сети поля севооборота и дождевальный агрегат ДДА-100МА; на рисунке Д.4–Д.8 – различные варианты орошения 20–50 % полей восьмипольного севооборота за период его ротации; на рисунке Д.9–Д.10 – полустационарные оросительные системы девятипольного севооборота при различных процентах орошаемых полей; на рисунке Д.11 (а–в) – схемы укрупненных полустационарных оросительных систем для двух совместных восьмипольных севооборотов (при закрытой и открытой оросительных сетях) и двух совмещенных девятипольных севооборотов при закрытой оросительной сети).

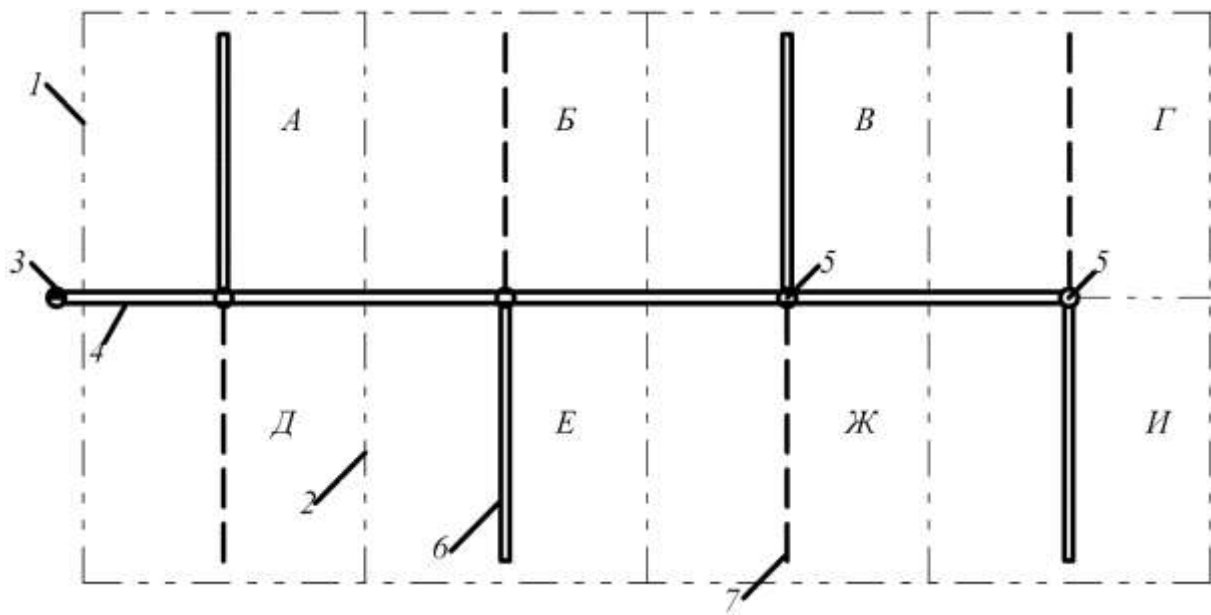


Рисунок Д.1 – Схема восьмипольного севооборота

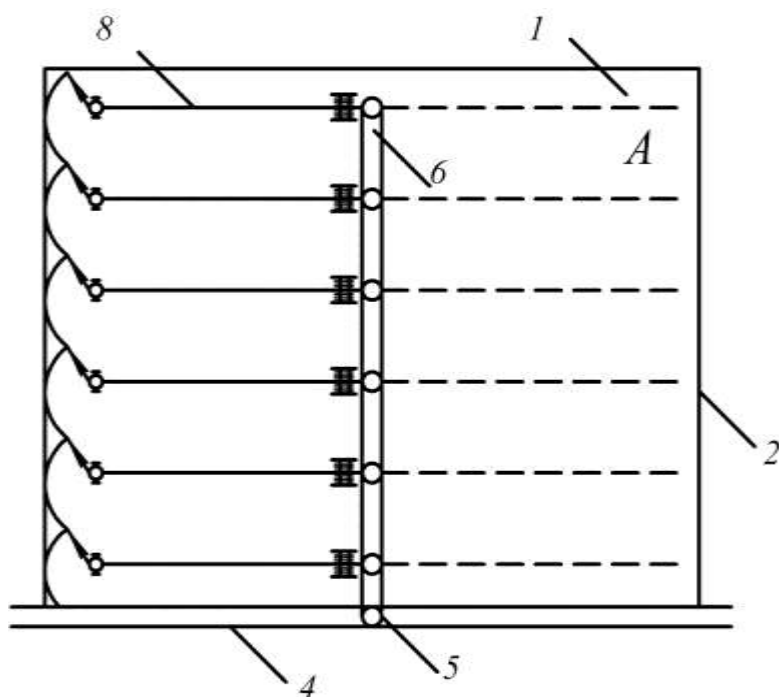


Рисунок Д.2 – Устройства закрытой оросительной сети с дождевальнаяй техникой

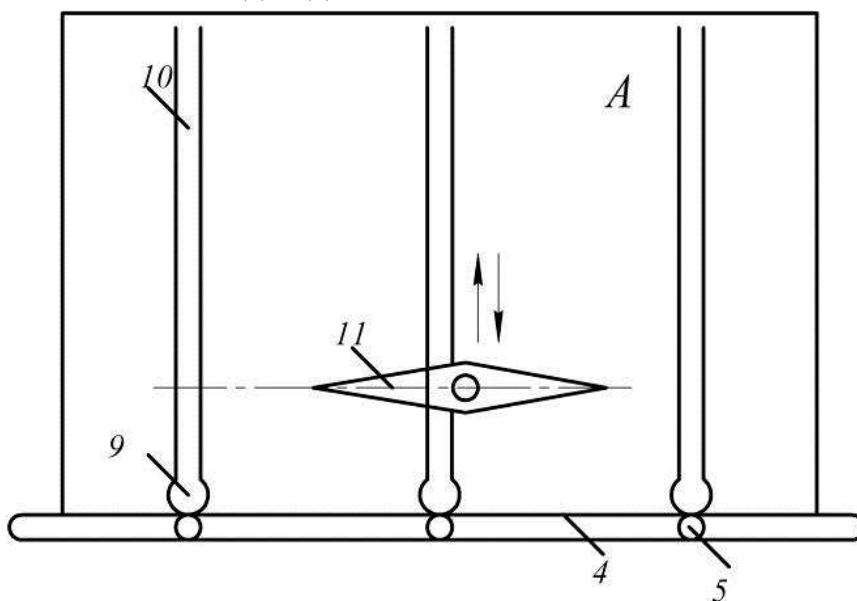


Рисунок Д.3 – Устройство открытой оросительной сети поля севооборота и дождевальнаяй агрегат ДДА-100МА

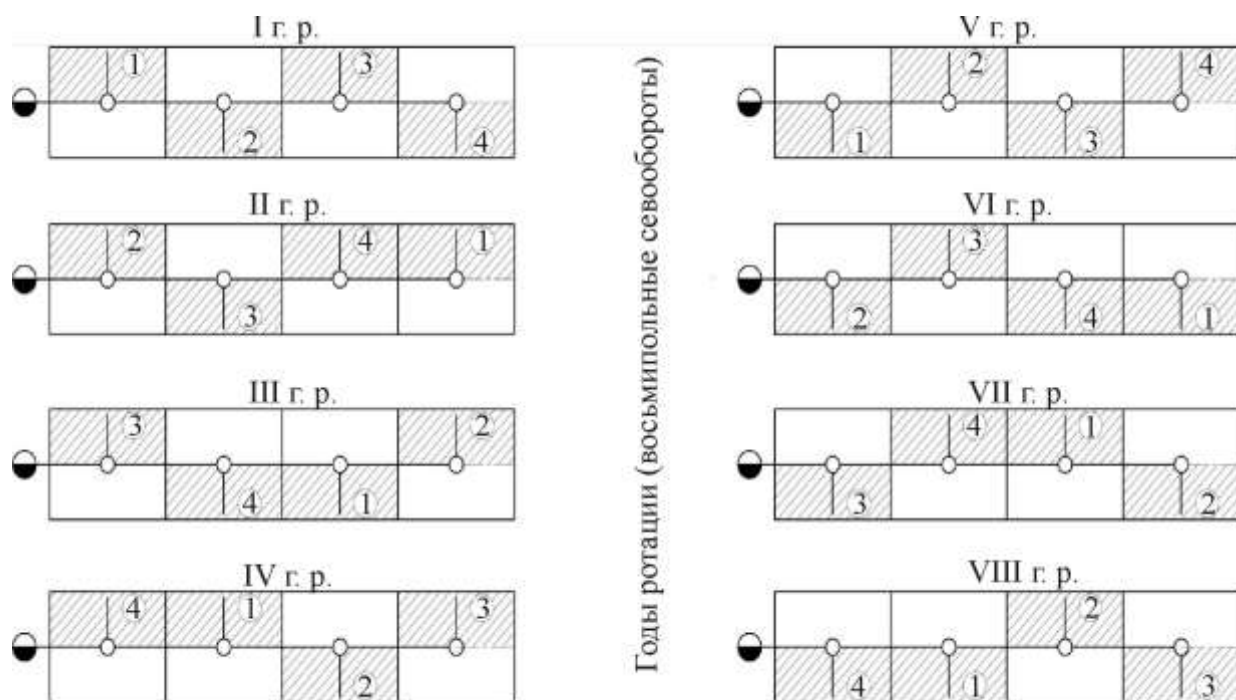


Рисунок Д.4 – Варианты орошения 20–50 % полей восьмипольного севооборота за период его ротации

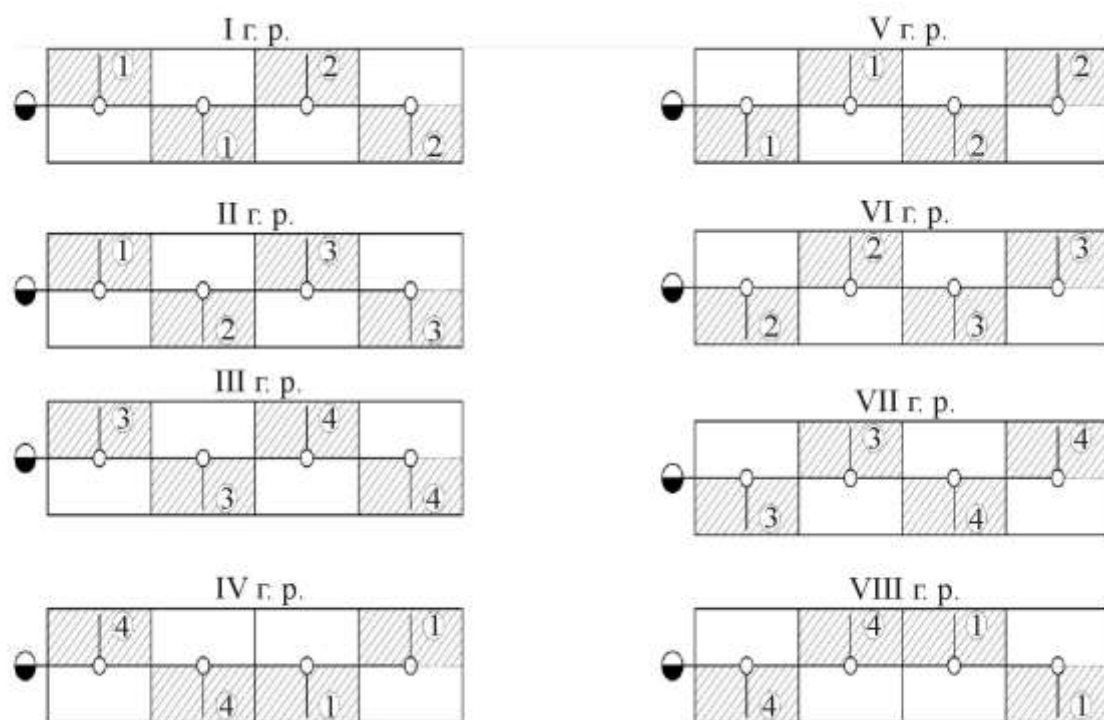


Рисунок Д.5 – Варианты орошения 20–50 % полей восьмипольного севооборота за период его ротации

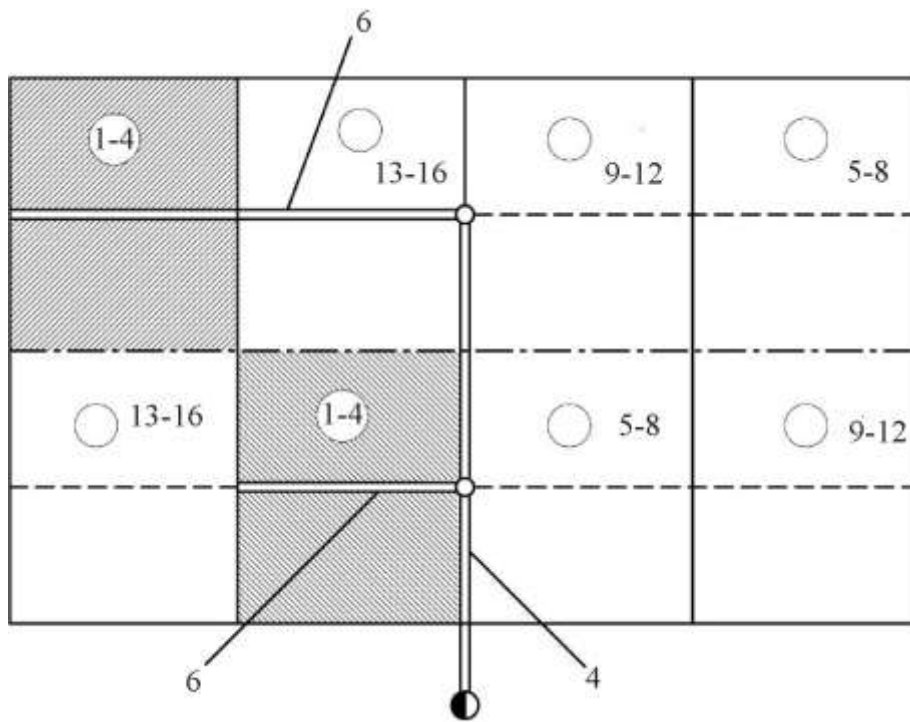


Рисунок Д.6 – Варианты орошения 20–50 % полей восьмипольного севооборота

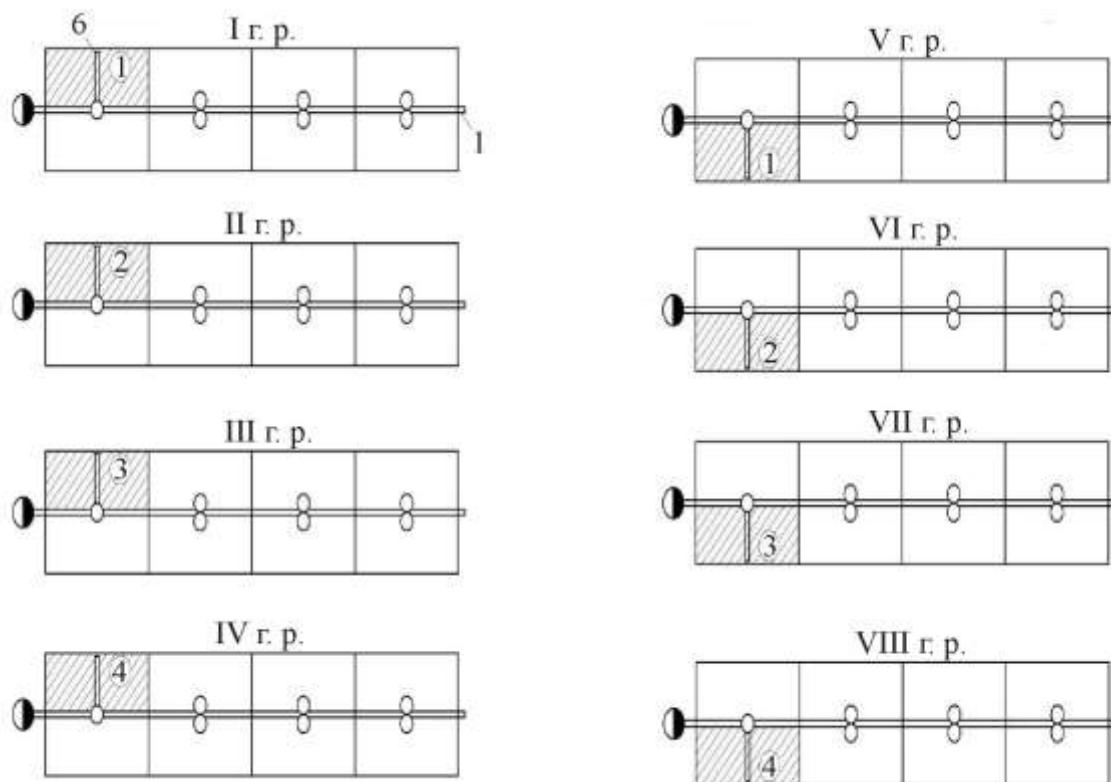


Рисунок Д.7 – Варианты орошения 20–50 % полей восьмипольного севооборота за период его ротации

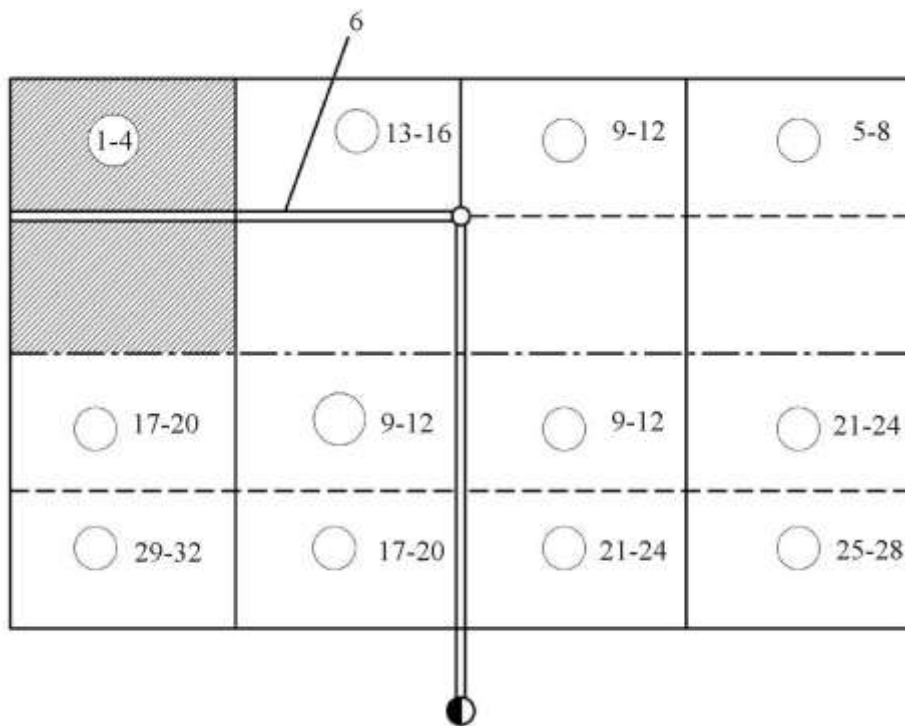


Рисунок Д.8 – Варианты орошения 20–50 % полей восьмипольного севооборота за период его ротации

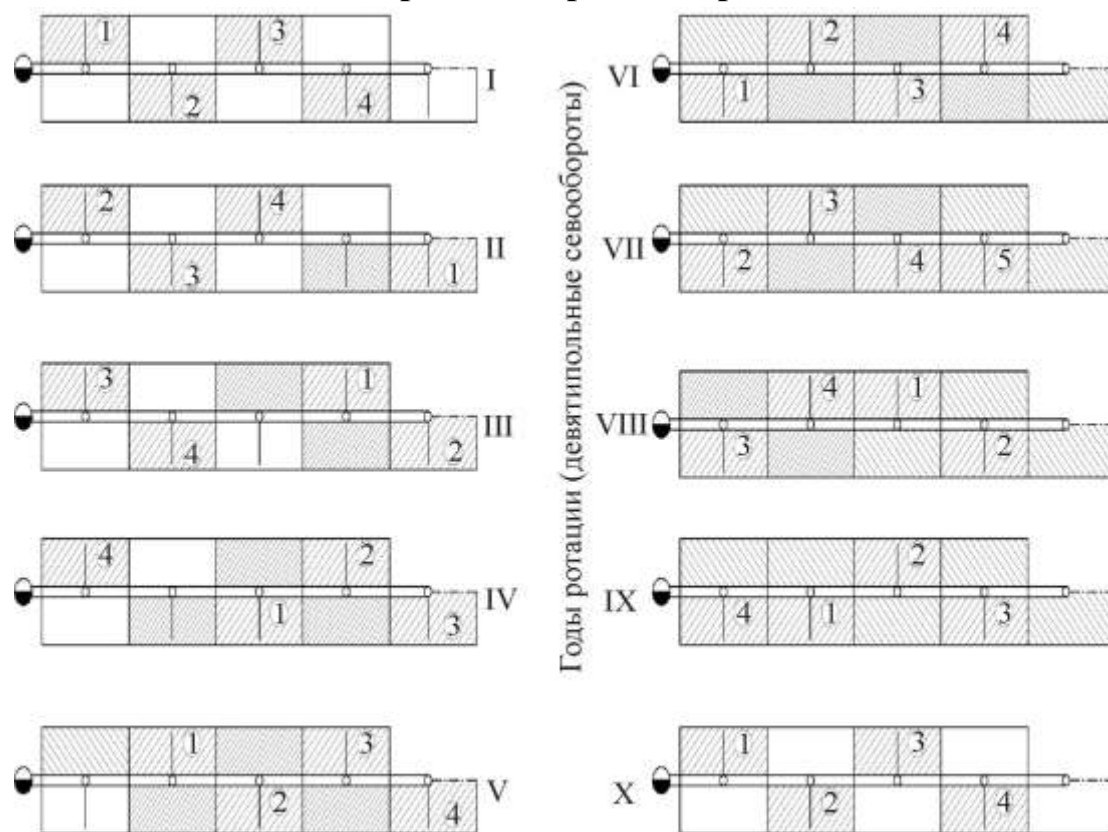


Рисунок Д.9 – Полустационарные оросительные системы девятипольного севооборота при различных процентах орошаемых полей

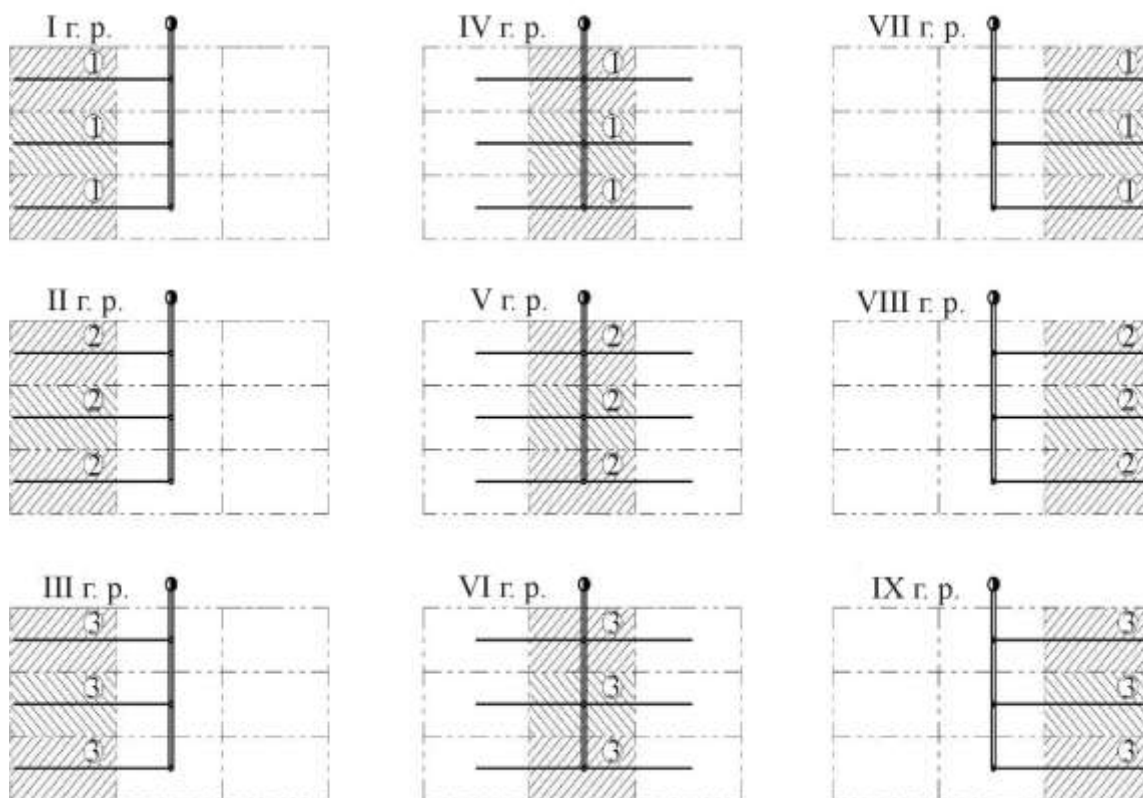


Рисунок Д.10 – Полустационарные оросительные системы девятипольного севооборота при различных процентах орошаемых полей

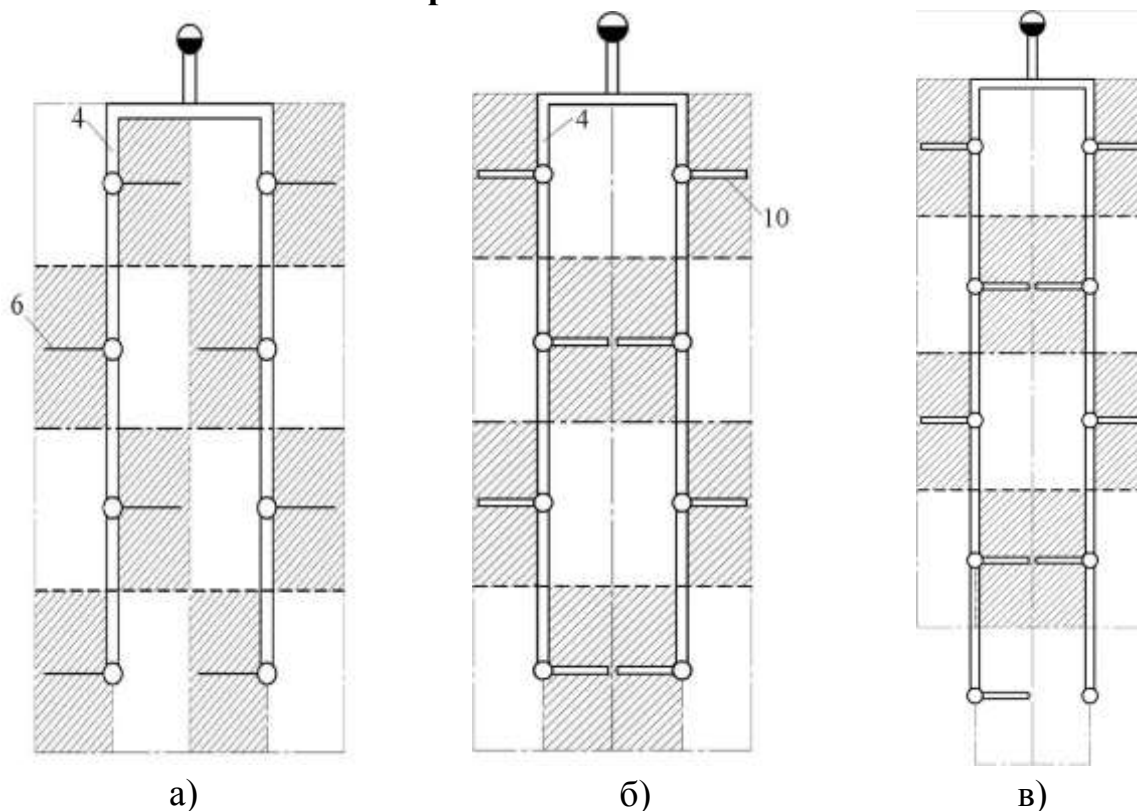


Рисунок Д.11 – Схемы укрупненных полустационарных оросительных систем для двух совместных восьмипольных севооборотов

Восьмипольный севооборот (рисунок Д.12) и его полустационарная оросительная сеть имеют участок прямоугольной формы, ограниченный сторонами 1. Внутри севооборот разбит на прямоугольные участки А, Б, В, Г, Д, Е, Ж с границами полей 2. От насосной станции 3 по продольной оси севооборота проложен магистральный трубопровод 4, к которому при помощи гидрантов 5 подсоединяются расположенные посередине каждого поля севооборота распределительные трубопроводы 6. К этим трубопроводам подключается принятая оросительная техника. Каждый распределительный трубопровод может быть перемещен (даже без разборки методом буксирования в направлении своей продольной оси) на вторую позицию 7, обозначенную пунктиром.

Конструкция оросительной системы включает распределительные каналы 1 и 2, в головной части соединенные регуляторами расхода 3 с межхозяйственным транзитным каналом 4 и пруды-накопители 5–8, поливные каналы 9–20, расположенные на местности горизонтально с взаимным удалением, равным ширине захвата фронтально перемещаемой дождевальными машинами.

Поливные каналы 9 и 11, 10 и 12, 13 и 15, 14 и 16, 17 и 18, 19 и 20 соединены в концевой части сбросными каналами 21–24. Поливные каналы 10 и 17 сбрасывают воду через сбросной канал 21, а каналы 14 и 19 через сбросной канал 22, что уменьшает протяженность открытой оросительной сети.

В каждой паре каналов 9 и 11, 10 и 12, 13 и 15, 14 и 16 вышерасположенные каналы 9, 10, 13, 14 снабжены в концевой части подпорно-регулирующими сооружениями 25, а нижерасположенные каналы 11, 12, 15, 16 выполнены с уклоном к распределительному каналу 1 и также имеют в концевой части подпорно-регулирующие сооружения 25.

Оросительная система работает следующим образом. Вода из межхозяйственного транзитного канала 4 попадает в распределительные каналы 1 и 2 при открытом положении регуляторов расхода 3.

По распределительным каналам 1 и 2 вода, предназначенная для полива, заполняет пруды-накопители 5 и 6, соответственно, где приобретает необходимые для полива характеристики. После чего из пруда-накопителя 5 вода подается в поливные каналы 9 и 10, а из пруда-накопителя 6 в поливной канал 17.

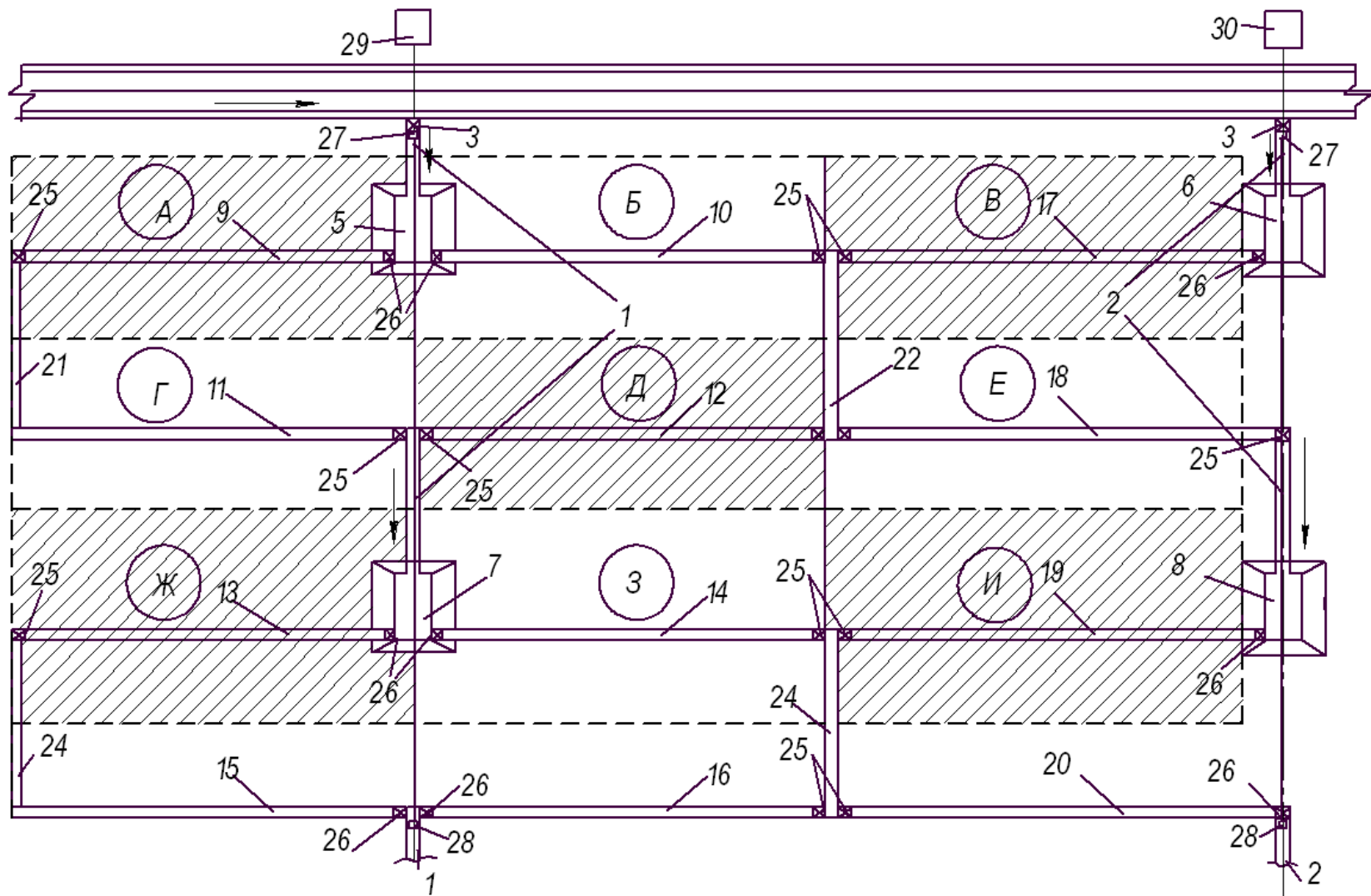


Рисунок Д.12 – План размещения циклически орошаемых полей севооборота на предлагаемой конструкции оросительной системы

При этом расположенные на концах поливных каналов 9 и 17 подпорно-регулирующие сооружения 25 находятся в закрытом положении, происходит наполнение поливных каналов водой и осуществляется полив сельскохозяйственных растений дождевальными машинами. Поливной канал 10 при открытом положении подпорно-регулирующего сооружения 25 осуществляет транзитный пропуск воды далее в сбросной канал 22, из которого вода попадает в нижерасположенный поливной канал 12, происходит его заполнение водой при закрытом положении подпорно-регулирующего сооружения 25, и осуществляется полив сельскохозяйственных растений. Для орошения нижерасположенных полей производится транзитный пропуск воды и заполнение прудов-накопителей 7 и 8. На орошаемом массиве поле А поливается дождевальной машиной (типа ДДА-100 ВХ, «Кубань», «Днепр» и др.), забирающей воду при движении из поливного канала 9. Поле Д обслуживается поливным каналом 12, поле В пользуется водой из поливного канала 17. Таким образом, при проходе дождевальной машины поливается участок, с двух сторон примыкающий к поливному каналу. Для данной конструкции оросительной системы можно предложить севооборот с чередованием влаголюбивых и засухоустойчивых сельскохозяйственных культур.