

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

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

**ТЕХНОЛОГИИ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ОРОШЕНИЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ЗОНАХ
НЕУСТОЙЧИВОГО ОРОШЕНИЯ**

Научный обзор

Новочеркасск
2010

УДК 631.67 «5»
ББК 40.62
Т 384

Научный обзор подготовлен сотрудниками ФГНУ «РосНИИПМ»: академиком РАСХН, доктором технических наук, профессором Щедриным В. Н.; доктором технических наук, доцентом Васильевым С. М.; кандидатом сельскохозяйственных наук Воеводиным О. В.; кандидатом технических наук Кожановым А. Л.; Козликиной А. С.; сотрудниками ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ»: Тупикиным Н. И., Кропиной Е. А., Финошиным А. Б.

Т 384 Технологии периодического орошения сельскохозяйственных культур в зонах неустойчивого орошения: научный обзор ФГНУ «РосНИИПМ» / составители: В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, О. В. Воеводин, А. Л. Кожанов, А. С. Козликина, Н. И. Тупикин, Е. А. Кропина, А. Б. Финошин. – М.: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2010. – 41 с.

ISBN 978-5-93503-043-8

УДК 631.67 «5»
ББК 40.62
© ФГНУ «РосНИИПМ», 2010
© Оформление.
ФГНУ «РосНИИПМ», 2010

Содержание

Введение	4
1. Современное состояние изученности вопроса по техноло- гии периодического орошения	6
2. Условия применения способов полива при использовании технологии периодического орошения в зонах неустойчивого ув- лажнения	15
3. Показатели экологически безопасной продолжительности периодического орошения	23
4. Выбор технологии периодического орошения сельскохо- зяйственных культур	27
4.1 Учет климатических факторов	30
4.2 Использование возвратных вод	32
4.3 Рекомендуемые эмпирические зависимости для расчета поливных норм при формировании технологии периодического орошения	33
Заключение	37
Литература	38

Введение

Современная концепция орошаемого земледелия и стратегия технического обеспечения производства сельскохозяйственной продукции требуют коренного пересмотра положений реконструкции существующих технологий орошения сельскохозяйственных угодий и модернизации оросительных систем (ОС) [1].

Из площади орошаемых угодий России в 4,5 млн га наиболее крупные районы орошаемого земледелия расположены в степной зоне: на Северном Кавказе (1,8 млн га), Поволжье (1,4 млн га), Центральных областях (0,82 млн га). Исходя из того, что в России только 25 % пригодных для орошения земель обеспечены водными ресурсами, большое значение в настоящее время приобретает периодическое орошение.

Традиционная практика проектирования, строительства и эксплуатации ОС предусматривает, что головной водозабор, пропускная способность каналов устанавливаются исходя из расчета удовлетворения потребностей в оросительной воде средnezасушливого года 75%-ной обеспеченности осадками за вегетационный период или 25%-ной обеспеченности по дефициту водного баланса. В относительно влажные годы, когда оросительные нормы всех выращиваемых культур значительно снижаются, на ОС появляются излишки воды, которые, как правило, сбрасываются. Орошение дополнительных площадей полноценными оросительными нормами будет проводиться только в отдельные годы (два раза из четырех лет при обеспеченности 50 % и один раз из четырех лет при обеспеченности 25 %). Режим водоподачи при периодическом орошении зависит от нормы, сроков и продолжительности поливов за оросительный период, зоны увлажнения, расхода и числа поливных агрегатов, схемы их расположения и водно-физических свойств почв. Источником периодического орошения мелиорируемых площадей может служить местный сток, формирующийся на площадях регулярного орошения в относительно влажные годы (25, 50, 75%-ной обеспеченности по дефициту водного баланса), а также технологические, технические и др. сбросы.

Для сохранения урожайности культур в богарных условиях периодическое орошение дополнительных площадей местным стоком целесообразно осуществлять в районах, менее всего страдающих

от засух. В этом случае наблюдается минимальная разность между урожайностью на богаре и на орошаемых площадях. Площадь периодического орошения определяется в зависимости от метеорологических условий (атмосферные осадки, испаряемость, дефицит влажности, температуры воздуха и др.); размера площадей, орошаемых на государственных оросительных системах, на которых формируется местный сток; планируемой структуры посевов на площадях постоянного орошения и планируемой структуры посевов на площадях дополнительного периодического орошения [1-3].

Анализ числа засушливых экстремальных явлений ($P < 50\%$) показал их увеличение за последние несколько десятилетий (1951-1999 гг.) по сравнению с периодом с 1891 по 1950 гг. В результате неблагоприятных погодных условий около 70 % потерь в народном хозяйстве приходится на сельскохозяйственное производство, из них 40 % экспертами относится к потерям, которых можно избежать.

Одним из направлений, которые способствуют снижению потерь, является внедрение и освоение технологий периодического орошения. Такой подход в наибольшей степени отвечает условиям орошения при быстрой смене дождливых периодов засушливыми, сокращает затраты ручного и машинного труда. Орошение создает зоны гарантированного производства кормов, овощных и других культур, позволяет увеличивать количество продукции, получаемой с единицы площади, и снижать себестоимость.

В настоящее время осваивается экологически безопасный подход к орошению почв на основе наиболее полной оптимизации технологий периодического орошения сельскохозяйственных угодий, для сохранения и восстановления естественного плодородия почв агроландшафтов и рационального использования водных ресурсов.

1. Современное состояние изученности вопроса по технологии периодического орошения

Результаты сельскохозяйственной деятельности в степной зоне демонстрируют зависимость отечественного сельского хозяйства от природно-климатических условий. Существенной проблемой сельского хозяйства в Предкавказской провинции являются систематически чередующиеся годы с недостаточной влагообеспеченностью посевов, с относительно благоприятными годами. В этих условиях при всех прочих равных факторах агротехники (удобрения, защита растений, качество семян, обеспеченность техникой и т.д.) вступает в силу «Закон минимума» – недостаток влаги сводит к минимуму влияние всех остальных факторов формирования урожая. Для таких условий радикальным средством обеспечения стабильности земледелия является дальнейшее развитие орошения, в том числе и периодического.

Специалисты ФГНУ «РосНИИПМ» рекомендуют при орошении сельскохозяйственных угодий в зоне неустойчивого увлажнения использовать периодическое орошение для более рационального потребления водных ресурсов. Это повышает суммарную эффективность использования воды, удобрений, улучшает почвенно-мелиоративные условия и т.д. Сотрудниками института внедрена технология периодического орошения черноземов с помощью полустационарно-мобильных оросительных систем.

Разработанная технология периодического орошения 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 [4].

Аналогично разработаны схемы, при которых орошение каждого поля продолжается в течение 20-50 % времени ротации севооборота. Применение разработанных технологий периодического орошения требует соблюдения следующих рекомендаций: в севооборотах предусматривать определенный набор засухоустойчивых и влаголюбивых культур с режимом орошения, обеспечивающим водосбережение и экологическую безопасность орошения; в зависимости от зоны естественного увлажнения каждое поле севооборота может находиться в условиях искусственного орошения 20-50 % продолжительности ро-

тации принятого севооборота; водораспределительная сеть, оросительная техника и другое оборудование должны быть полустационарно-мобильного исполнения с целью обеспечения орошения каждого поля севооборота в каждый период его ротаций [2].

По рекомендациям ученых ФГНУ «РосНИИПМ», дальнейшее совершенствование периодического орошения целесообразно проводить согласно следующим основным этапам:

- научно обосновывать и четко определять зоны и направления сельскохозяйственных предприятий (овощеводство, кормопроизводство, рисоводство);

- в соответствии с установленными зонами сельскохозяйственной деятельности и с учетом природно-климатических условий внедрять наиболее перспективные типовые схемы организации периодического орошения установленных сельскохозяйственных культур при помощи полустационарно-мобильных комплектов технических средств;

- провести государственное испытание и организовать серийное производство наиболее экономически выгодных технических средств и вспомогательного оборудования для периодического орошения, учитывая современное состояние оросительных систем [3];

- модернизировать существующие ОС для целей периодического орошения сельскохозяйственных угодий.

Наибольшее распространение в технологиях периодического орошения могут получить дождевальные машины «Фрегат», «Волжанка», «Днепр», «Кубань».

В настоящее время, при внедрении периодического орошения сельскохозяйственных угодий, возможно использовать три основных способа перемещения водопроводящего трубопровода с дождевальными аппаратами и способ перемещения дождевальных дальнеструйных машин. Фронтальный – ДШК-80 «Волжанка», ДФ-120 «Днепр», ДДА-100 МА, «Кубань»-М и др.; с вращением дождевального крыла вокруг концевой гидранта закрытой сети перемещаются дождевальные машины «Фрегат», «Кубань»-ЛК-1; продольно-осевым – дождевальные шлейфы ШД-25-300, ШД-20-600 и др.; линейно-круговой способ – ДДН-70 и ДДН-100.

Применение разработанных технологий периодического орошения нацелено на комплексное регулирование водного, воздушного,

солевого и других режимов почв и растений, а также способствовать формированию устойчивых высокопродуктивных агроэкосистем. Они должны гарантировать многолетнее экономически выгодное и экологически безопасное их применение в современных условиях.

В будущем экологически целесообразные оросительные нормы должны быть в 1,1-1,5 раза ниже, чем рекомендуемые сейчас, это приведет к снижению капиталовложений в орошение до 30-50 %. Переход на передвижные системы периодического орошения позволит уменьшить на 40-50 % общую потребность в трубах, сократит потребность в земляных и монтажных работах, улучшит условия по уходу и ремонту [5].

Согласно разработкам ВНИИГиМ [6-12], для получения максимального суммарного эффекта периодическое орошение следует сосредотачивать на культурах, отзывчивых на поливы. Для высокопродуктивного использования технологии периодического орошения необходимо соблюдать следующие принципиальные требования, одновременно осуществляя на малоплодородных почвах дополнительные агромелиоративные мероприятия: в условиях ограниченных водных ресурсов следует орошать высокорентабельные культуры, отзывчивые на поливы. Культуры, дающие достаточно высокие урожаи при естественном увлажнении, можно выращивать без поливов, размещая их вслед за орошаемыми.

Периодичность поливных и неполивных сезонов рассчитывается на основе климатических условий. Так, в степной зоне это соотношение составляет 1:1. В более южных районах оно может быть 1:2; 1:3. Однако необходимо помнить, что поливные сезоны не могут следовать один за другим подряд более 3-5 лет. Длительность орошаемого периода контролируют уровнем подъема грунтовых вод (до критического) и соблюдением ПДК (по внесению в почву с водой солей и других загрязняющих веществ). Для периодического орошения, как правило, применяют быстро-сборные оросительные трубопроводы, которые транспортируют в комплекте с передвижными насосными станциями, шланговую поливную и другую мобильную или полустационарную технику.

Коренное ускорение окультуривания почвы при периодическом орошении следует осуществлять на глубину 0,5 м и более путем внесения повышенных доз навоза (от 50 до 100 т/га) либо эквивалентного

количества комплексных органических удобрений (животноводческие стоки, птичий помет птицефабрик, осадки сточных вод, сапропель, торф, солома с различными удобрительными добавками).

При недостаточном увлажнении мелиорируемой почвы, находящейся в богарном режиме использования, целесообразно промачивать ее перед обработками, применяя передвижное дождевание для лучшего крошения, повышения эффективности действия химмелиорантов и активизации биологических процессов.

ФГНУ «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса» обосновывает специфику разработанной технологии периодического орошения с помощью мобильной оросительной техники [13]. Причем технология периодического орошения предусматривает сроки полива орошаемых секторов в севообороте одним или несколькими мобильными дождевателями.

Значительную роль при разработке технологии периодического орошения играют водно-физические свойства почвы – ее влагоемкость и структура. Величина поливной нормы зависит от доступности увлажнения корневой системы культуры в данную фазу, т.е. от характера (типа) культуры, от точности регулирования водного режима и водоподачи, определяющей допустимую степень влажности почвы в данный момент времени, что зависит от влагоемкости почвы. Вододерживающая способность почвы, т.е. способность сохранять необходимую влажность в течение относительно длительного периода времени, характеризуется коэффициентом или скоростью движения воды вниз для данного вида грунта.

При использовании мобильной техники экономия воды может составлять до 30-50 % от объема воды, затрачиваемой на традиционные способы полива.

В соответствии с изменениями климатических, хозяйственных и агротехнических условий поливной режим каждой культуры подвержен значительным колебаниям по годам и отдельным периодам года. При проектировании периодической технологии орошения необходимо устанавливать возможные размеры этих колебаний.

До установления поливного режима каждой культуры нужно знать то общее количество поливной воды, которое потребно данной

культуре за весь вегетационный период при определенной агротехнике и данных природных условий для создания нормального развития растений. Это количество воды может быть установлено на основании анализа совокупности данных климатических, почвенных и некоторых других условий.

Как правило, поливной режим рассчитывается на год 75%-ной обеспеченности, т.е. среднестатистический год за многолетний ряд наблюдений (15-20 лет). В случае отхода от этой величины происходит корректировка в ту или иную сторону.

Режим орошения всей площади получается в результате суммирования режимов орошения участков с отдельными культурами. Поливной режим каждой культуры, и всего орошаемого участка, должен быть оценен в соотношении затрат труда, необходимого на производство полива, последующих обработок и других работ, связанных с орошением. Затраты труда на орошение должны быть увязаны по срокам с общей организацией труда рабочих на данном участке. Неувязка поливов с организацией труда может вызвать разрывы между поливами и обработкой почвы, совпадение в одно время поливов может создавать напряжение в использовании трудовых ресурсов.

Учеными ФГНУ ВНИИ «Радуга» этого исследовательского института разработаны следующие рекомендации по технологиям периодического орошения [14].

При периодическом орошении севооборотов рекомендуется использование разработанной этим институтом полустационарной и мобильной техники: дождевательная установка ДШ-8 (орошение всех культур севооборота, кроме высокостебельных); модернизированная ДМ «Фрегат»; дождеватель шланговый ДШ-1 (предназначен для орошения ягодников, овощных культур, в том числе пропашных на фермерских участках); стационарно-сезонный комплект «Росинка»; комплект ирригационный КИ-5 (предназначен для поливов технических, кормовых, овощных и бахчевых культур, картофеля, сенокосов и пастбищ на торфяных, песчаных, супесях и среднесуглинистых почвах на площади 5 га); автоматизированное шланговое устройство АШУ-4 (предназначено для полива от 3-х гидрантов закрытых оросителей по бороздам длиной 150-200 м пропашных сельскохозяйственных культур в севообороте периодического орошения постоянной, переменной или дискретной струей на почвах средней и пониженной

водопроницаемости с водоподачей пропорционально впитывающей способности почвы). Состав культур в севооборотах предусматривает сочетание влаголюбивых и засухоустойчивых сельскохозяйственных растений, а также их ротацию в зависимости от периода орошения поля.

Магистральный трубопровод должен быть рассчитан на пропуск 50 % расхода, необходимого для орошения восьмипольного севооборота, распределительные трубопроводы должны обеспечить 100 % подачу воды для возможности осуществления орошения самой влаголюбивой культуры при ее размещении на любом поле.

Многолетний опыт периодического орошения дополнительных площадей имеется в Ставропольском крае (СтавНИИГиМ) [15]. В практике проектирования, строительства и эксплуатации ОС головной водозабор, пропускная способность каналов и сооружений устанавливается чаще всего из расчета удовлетворения потребностей в оросительной воде средnezасушливого года 75%-ной обеспеченности водного баланса. В относительно влажные для зоны неустойчивого увлажнения годы, когда оросительные нормы сельскохозяйственных культур резко уменьшаются, на системах имеется резерв воды, который чаще всего сбрасывается или вовсе не забирается из источников орошения. Расчеты показывают, что в средние по увлажненности годы 50, 25, и 10%-ной обеспеченности расходы воды на орошение сокращаются до 700 млн м³/год. Этот объем воды и рекомендуется использовать для периодического орошения дополнительных площадей. Орошение дополнительных площадей полноценными оросительными нормами будет проводиться в отдельные годы: два раза из четырех при обеспеченности 50 % и один раз из четырех лет при обеспеченности 25 %. В остальные годы оросительные нормы из-за недостатка воды сократятся.

В Беларуси источниками периодического орошения дополнительных площадей могут быть технологические, технические, эксплуатационные и другие сбросы с площадей регулярного орошения [16, 17].

Опыт показывает, что максимальная величина сбросов из магистральных и межхозяйственных каналов бывает обычно весной и осенью, а минимальная – в середине лета. Максимальный сброс оросительных вод с севооборотных участков происходит в период интен-

сивных поливов в середине лета. Чем больше водоподача, тем больше сток (до 60 % от водоподачи).

Основным источником периодического орошения является сток, формирующийся на площадях регулярного орошения в относительно более влажные годы и периоды, при уменьшении расчетных оросительных норм и общего расхода водных ресурсов. На этот срок следует ориентироваться при определении площадей дополнительного периодического орошения и определения размеров емкостей аккумулирующих водоемов.

Всего в крае практически опробовано шесть технологических схем периодического орошения в зоне хозяйственного распределения, и четыре схемы – в зоне межхозяйственного распределительного канала.

При разработке конкретных схем периодического орошения дополнительных площадей особое внимание должно быть уделено техническим средствам его осуществления, с учетом возможности применения быстросборных оросительных трубопроводов, передвижных насосных станций, технических комплектов полустационарно-мобильного орошения.

В КазНИИВХ, ТарГУ [18, 19, 20] была разработана и передана в Правительство «Концепция развития орошаемого земледелия в РК», в которой были проанализированы проблемы развития водного хозяйства и предложены пути их решения. Основные положения по технологиям периодического орошения базируются на опыте ведущих российских научно-исследовательских институтов, с внесением корректировок по рекомендациям специалистов Калифорнийского университета (США) и на местные условия.

Несмотря на отрицательные моменты, связанные скорее с неправильной организацией орошения, чем с его природой, периодическое орошаемое земледелие является наиболее рентабельной формой хозяйствования. При периодическом орошении снижается опасность химического загрязнения территории. Дело в том, что основное направление современного развития сельского хозяйства – интенсификация производства – предполагает не только внедрение периодического орошения и дренажа, но также все более активное применение удобрений.

Технология периодического орошения сельскохозяйственных угодий предусматривает, как правило, использование полустационарной оросительной системы с закрытой оросительной сетью и дождевальной техникой внутри поля севооборота. Применяются различные варианты орошения 20-50 % полей севооборотов. Технология периодического орошения может быть реализована следующим образом. Первоначально орошаются четыре года поля кормовых трав (люцерна), а затем два поля 5-8 лет после соответствующих перемещений распределительных трубопроводов. На следующем этапе распределительный трубопровод присоединяется к нижнему, и осуществляется орошение следующих полей, и в заключение орошаются оставшиеся поля. Таким образом, все поля севооборота орошены за два срока ротации. Возможно чередование орошаемых культур по следующей схеме. Ежегодно в севообороте имеются по два орошаемых поля и через каждые два года вводятся в орошение два новых поля взамен двух выбывших и т.д.

В настоящее время уже достаточно обстоятельно разработана методика расчета площадей периодического орошения, емкости накопительных водоемов, особенностей режима орошения и экономической эффективности всех этих мероприятий.

Во влажном климате Германии орошение в основном используется дополнительно, за исключением культур, растущих под временной или постоянной защитой [21, 22]. Основной задачей орошения открытого типа в Германии является увеличение и гарантия постоянного высокого уровня урожаев, и защита культур, в основном фруктовых садов, от морозов. Оросительная техника используется в различной степени год от года, в зависимости от отдельных климатических условий и типа выращиваемых культур. Основные культуры, орошаемые дождеванием, – сахарная свекла, картофель, кормовые культуры и злаки, затем овощи и фруктовые деревья. С объединением Германии экономическая ситуация в восточной части сильно изменилась. Экономика орошаемых кормовых культур и злаков в связи с переменой, а также использование большемасштабных дождевальных систем стали ставиться под сомнение. В годы после объединения орошаемые площади быстро стали уменьшаться: к настоящему моменту только 131000 га или 25 % прежних площадей орошаются в восточных землях каждый год.

В Индии [23, 24, 25] особое место занимает так называемое малое орошение, которое весьма обоснованно является наиболее высокоэффективным по воде и продуктивным по плодородию. Малое орошение охватывает более 60 % всех орошаемых земель. Программа малого орошения включает в себя орошение из мелких водоемов, скважин, колодцев, мелких источников. Малое орошение, являющееся наиболее дешевым, в большинстве случаев развито в предгорных районах и кое-где на плоскогорье, где земли орошаются периодически. Технологии такого орошения имеют свою специфику: орошение ведется раздельно по сезонам – в период муссонов (хариф) используются только скважины, в сухой период (раби) – оросительная сеть или и те, и другие; скважины расположены концентрированно на орошаемом массиве в местах накопления подземных вод, при этом по схеме «а» они сосредоточены, в основном, в приканальных линзах при более ровном рельефе, и по схеме «б» – в зонах выклинивания, вблизи водосборов, речных и овражных русел и т.д. Такой подход позволяет экономно использовать воду при орошении.

Технология периодического орошения зависит от того или иного метода подачи воды. Метод «Варабанди» – это строгая система, при которой фермер может получить воду в определенные дни недели, часы, периоды. При использовании системы «Варабанди» в период работы водовыпуски канала всегда открыты, расход воды нерегулируем, но стремится к постоянному, попуски воды в полевые каналы при этом должны удовлетворять требованиям фермеров. При этом время каждого водопотребителя по системе «Варабанди» определяется водной службой и четко лимитируется на равной основе. Система водооборота отличается тем, что в каждый блок вода подается через 7 или 10 дней. Внутри же блока она распределяется пропорционально постоянным током или внутриблочным водооборотом по договоренности между фермерами в зависимости от типа назначенной культуры.

По системе «Шеджилли» вода подается строго по предварительно согласованному графику, в определенное время с конца канала к началу каждому водопотребителю, в основном используется водопотребителями, имеющими более 8-10 га орошаемой земли каждый.

Система блоков (водное хозяйство, в основном, обеспечивает водоподачу до точки выдела в группу хозяйств – блок, обычно составляющий 40-60 га), исходя из наличия воды в источниках, состоит

в том, что 1/3 блока занимается постоянно востребованными и продаваемыми культурами (cash crop – сахарный тростник, хлопок и др.), а оставшиеся 2/3 – сезонными культурами. Блоки твердо закрепляются на 6 лет. Основная культура обеспечивается в обязательном порядке водой, остальные земли – по возможности водоподачи.

Продолжительность полива зависит от природно-климатических условий. В период муссонов большая часть страны попадает под влияние обильных дождей (июнь, июль-сентябрь, октябрь), особенно на востоке, где количество среднегодовых осадков составляет 1200-1400 мм (Калькутта, Бхопал), несколько ниже, 800-1000 мм, на большей части территории. Лишь на северо-западе (Карнал, Раджастан, Пенджаб) количество среднегодовых осадков составляет 200-600 мм. Но почти по всей стране существует проблема избытка осадков за короткий период – в течение трех дней каждые 5 лет может выпасть 200-300 мм.

Подводя итог, можно отметить, что особенности технологии периодического орошения представляют сравнительно новую актуальную проблему, которая возникла в результате широкомасштабного применения искусственного орошения в различных регионах орошаемого земледелия.

2. Условия применения способов полива при использовании технологии периодического орошения в зонах неустойчивого увлажнения

Климатические условия. Влияние климатических факторов на выбор способов орошения характеризуется следующими показателями: увлажненность территории, испаряемость, температура и влажность воздуха, скорость и направление ветра. Управление режимом водораспределения и поливов сводится к определению почвенных влагозапасов дополнительно орошаемого участка на начало и конец расчетного периода. Условия влагообеспеченности культур и увлажненность местности определялись по методу Д. Н. Дашко [26]: отношением атмосферных осадков заданной обеспеченности P_e к дефициту естественного увлажнения $E\omega - P$:

$$K = P_e / E\omega - P. \quad (1)$$

Засушливый климат степей Нижнего Дона к юго-западу переходит в относительно влажный [2-9]. Количество осадков колеблется от 250-300 мм на востоке до 400-500 мм и более – на западе. Наилучшие условия увлажнения создаются на Кубано-Приазовской низменности, где выпадает 500-600 мм осадков. Следует отметить, что обеспеченность осадками по сезонам года имеет свои особенности. На большей части территории месячный максимум осадков приходится на июнь-июль, когда увеличивается повторяемость западных ветров, которые приносят влажные воздушные атлантические массы с запада. Следовательно, на рассматриваемой территории преобладает форма годового хода с летним максимумом осадков, которых выпадает в два раза больше зимних. Границы агроклиматических зон определены результатом сочетания увлажнения и температурных полос. При поливе дождеванием существенное значение имеет ветровой режим: скорость, длительность, повторяемость и направление ветра. Для степной зоны длительность периода со скоростью ветра выше допустимой для различных дождевальных машин колеблется от 10 до 43 % за вегетационный период. Предельные значения скорости ветра для дальнеструйных дождевальных машин – 2-5 м/с; для среднеструйных – до 5 м/с; для короткоструйных – 6-7 м/с; для консольных и многоопорных – до 8 м/с.

Хозяйственные условия. При проведении периодического орошения важную роль играют хозяйственные условия: специализация сельскохозяйственного производства и его размещение, наиболее продуктивные культуры и севообороты, организация территории, размер и конфигурация участков орошения. Эти условия влияют на выбор дождевальной техники и способов орошения.

Почвенные условия. Выбор способов орошения зависит от почвенных условий, которые определяются по количественным значениям агрофизических, физико-химических, биохимических и др. показателей. Важным показателем является водопроницаемость почв, в зависимости от которой ориентировочно можно выбрать интенсивность орошения дождеванием или использовать поверхностное орошение. Дождевание целесообразно использовать на незасоленных и слабозасоленных почвах.

Экологически безопасный период орошения черноземов проводится до достижения количественных значений показателей (средний уровень состояния почв).

Геоморфологические условия. Уклоны и протяженность склонов оказывают существенное влияние на допустимую интенсивность дождя, установление длины поливных борозд и полос при самотечном способе полива и при поливах из гибких трубопроводов самонапорной сети.

Рельеф и микрорельеф орошаемых участков позволяют выбрать способы орошения и технику полива при районировании орошаемых массивов. Районирование производится по данным, представленным в [27].

При близком залегании грунтовых вод (неминерализованных) наиболее эффективны поливы дождеванием, с ростом минерализации орошение проводится малыми поливными нормами.

Агробиологические условия. Из условий, определяющих способ и технику полива, основными являются состав культур в севообороте, характер развития надземной части и корневой системы. Расчетную глубину увлажнения почвы устанавливают в зависимости от мощности слоя, из которого растения используют влагу, развития корневой системы у растений и глубины залегания УГВ [28].

Водохозяйственные условия. При выборе способов, техники полива, а также поливной техники существенную роль играют водобеспеченность оросительной системы, коэффициенты использования воды, коэффициенты земельного использования и полезного действия, командование в точках водозабора, химический состав, минерализация, температура оросительной воды.

Выбор способа орошения определяется следующими показателями: скоростью впитывания в почву; степенью естественной дренированности территории; уровнем залегания грунтовых вод; уровнем минерализации грунтовых вод; степенью засоленности почв; плодородием почв (бонитировочный балл); уклонами поверхности орошаемого массива; качеством оросительной воды (класс воды по С. Я. Бездниной [28]).

Для выбора способа орошения предлагается установить качественные значения типовых показателей по трехбалльной системе: низ-

кий, средний, большой. Количественные значения этих показателей приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Количественные значения типовых качественных показателей
выбора способа орошения**

Показатель	Количественные значения		
	низкие	средние	большие
Впитывающая способность почв, см. в перв. 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 ГВ, м	<2,0	2,0-3,0	>3,0
Степень минерализации ГВ, г/дм ³	>5,0	3,0-5,0	<3,0
Степень засоления почв, %	>5,0	1,0-5,0	<1,0
Плодородие почв (бонитировочный балл), баллы	<80	80-100	100
Качество оросительной воды (по С. Я. Бездн-ной), класс	III	II	I

При проектировании орошаемых участков, имея по материалам изысканий количественные значения типовых показателей, устанавливается набор необходимых операций, определяющих способы орошения, а по впитывающей способности почв, максимальному уклону местности и величине максимальной поливной нормы подбирается техника полива.

При средней и большой впитывающей способности почв предпочтение отдается дождевальной технике.

При низкой впитывающей способности предпочтение отдается поверхностным способам полива. Если по тем или иным причинам их невозможно применить, то применяется дождевание на фоне мелиоративных мероприятий, обеспечивающих повышение впитывающей способности почв (рыхление, щелевание и т.д.) и не допускающих ирригационной эрозии.

Степень естественной дренированности территории определяет необходимость применения дренажа или комплекса противофильтрационных мероприятий. При средней и большой 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 УГВ большой (превышает 3 м).

Уровень залегания грунтовых вод и степень их минерализации определяют необходимость устройства дренажа и величину поливной нормы. При близком залегании УГВ ($<2,0$ м) устройство дренажа обязательно. При среднем и большом залегании УГВ устройство дренажа определяется степенью естественной дренированности территории.

Степень минерализации ГВ определяет предельно допустимый УГВ и максимальное значение поливной нормы (режим орошения). При низкой степени минерализации ГВ ($<3,0$ г/дм³) возможно смыкание оросительной воды с ГВ, при средней (3-5 г/дм³) и большой минерализации (>5 г/дм³) смыкание недопустимо, требуется устройство дренажа и жесткое нормирование поливных норм.

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

Низкое значение бонитировочного балла (<80) периодически орошаемых почв требует применения комплекса агромелиоративных мероприятий, таких как фитомелиорация, внесение грузных норм органических и минеральных удобрений.

При средних значениях бонитировочного балла (80-100) применяется 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 наиболее удобной является классификация С. Я. Бездниной [28], как наиболее полно отражающей механизм воздействия оросительной воды на почвенные процессы и, в зависимости от класса воды, предусматривающей комплекс мероприятий, снижающих ее негативное воздействие. При высоком качестве (I класс) оросительной воды отрицательного воздействия на почву не производится. Снижение качества оросительной воды до II класса требует применения превентивных мер для предупреждения негативных процессов в почве, этот класс оросительной воды может применяться на всех, по механическому составу, типах почв: легких, средних, тяжелых. Третий класс оросительной воды имеет ограниченное применение, в основном, на легких и средних, по механическому составу, почвах. Условия применимости поливной техники, в зависимости от природных и хозяйственных факторов, приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Условия применимости поливной техники
в зависимости от природных и хозяйственных факторов**

Поливная техника	Условия применимости							
	климатические		почвенно-мелиоративные		геоморфологические		хозяйственные	
	дефицит водного баланса, тыс. м ³ /га	скорость ветра не >, м/с	средняя скорость впитывания воды за первый час, см/ч	глубина залегания уровня минерализованных грунтовых вод более, м	максимальный уклон местности	требуемый объем планировки не >, м ³ /га	высота надземной части расчетной не >, м	поливная норма, м ³ /га
1	2	3	4	5	6	7	8	9
«Кубань-Л»	2-6	6	5-30	2	0-0,1	400	3,5	200-1200
«Днепр»	2-5	8	7-30	2	0-0,02	500	2,5	200-800
«Фрегат»	2-5	8	5- 30	2	0-0,03	500	2,5	200-800

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ДДА-100МА	1-5	6	10-30	2	0,001-0,0004	300	2	200-1200
ДДН-70, ДДН-100	1-4	5	15-30	2	0,001-0,007	300	5	200-800
Дождеваль-ные шлейфы	2-5	4	10-30	2	0-0,07	500	3-7	200-1200
Самоходное оборудова-ние средне-струйное и дальнест-руйное	2-5	4	10-30	2	0-0,1	400	2	200-1200
Полив по бороздам	2-8	10	2-20	3	0,002-0,007	800	10	400-1500
Полив по полосам	2-8	10	2-20	20	0,002-0,007	80	2	400-1500

Выбор поливной техники и способа полива определяется следующими условиями: дефицитом водного баланса; средней скоростью впитывания воды за первый час; глубиной залегания уровня грунтовых вод; максимально допустимыми уклонами; величиной максимальной поливной нормы; высотой надземной части растений.

При выборе способа и техники полива возможно создание такой ситуации, что при данных природно-климатических и хозяйственных условиях допустимо применение нескольких типов поливных и, в частности, дождевальных машин.

В этом случае из рассматриваемого спектра необходимо выбирать поливную технику с наилучшими технико-экономическими показателями. Для этого можно воспользоваться разработанной в РосНИИПМ [3] методикой технико-экономической оценки дождевальной техники по значениям комплексных показателей существующих дождевальных машин, приведенным в табл. 3.

В соответствии с классификацией комплексных мелиораций, предложенной во ВНИИГиМ [9, 28], рассматриваемая оценка способов орошения по укрупненным показателям позволяет производить их ранжирование по уровню экологичности.

Если отклонение значений вышеперечисленных показателей выходит за проектные значения, производится корректировка способов орошения до уровня, обеспечивающего стабилизацию и улучшение мелиоративного состояния орошаемых массивов. Схема формирования технологии периодического орошения, с учетом метеороло-

гических, гидрогеологических и агрономических факторов, представлена на рис. 1.

Таблица 3

**Значения комплексных показателей оценки
существующих дождевальных машин**

Марка ДМ	Ресурсные относительные удельные показатели, K_p	Технологические относительные удельные показатели, K_t	Комплексный показатель оценки, K	Место в ряду эф- фективно- сти
«Фрегат» Б 434	10,32	9,38	19,7	3
«Днепр»	7,77	10,34	18,11	1
«Кубань»	18,2	11,4	29,6	6
«Волжанка»	6,92	14,56	21,48	4
ДДН-70	9,55	13,16	22,71	5
ДДА-100 МА	6,08	31,58	37,66	8
ДКДФ-1	6,84	40,96	47,8	9
ШД 25/300	10,57	24,38	34,95	7
Кубань ЛК-1	8,05	10,32	18,37	2
«Идеальная машина»	6,0	6,0	12	—

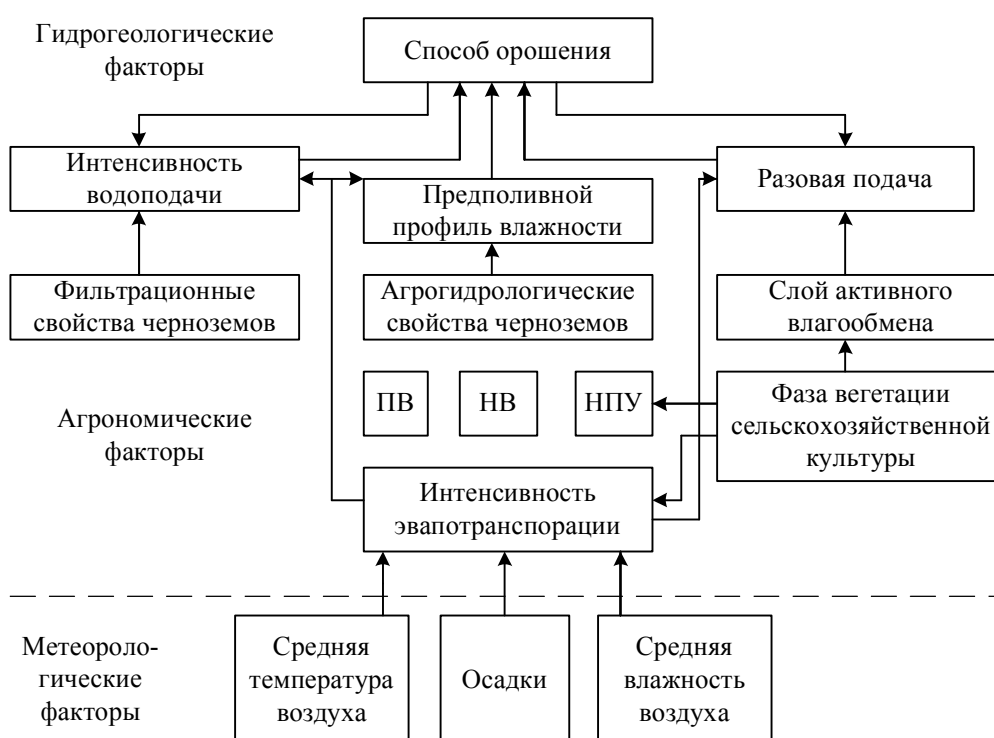


Рис. 1. Структурная схема формирования способа орошения: ПВ – полная влагоемкость; НВ – наименьшая влагоемкость; НПУ – нижний предел увлажнения

3. Показатели экологически безопасной продолжительности периодического орошения

Рекомендуется использовать для оценки состояния периодически орошаемых почв Нижнего Дона показатели состояния почв, приведенные в табл. 4. Они позволяют установить экологически безопасную продолжительность орошения вне зависимости от наличия излишков воды в оросительной системе [4].

Таблица 4

Показатели состояния почв при использовании технологии периодического орошения сельскохозяйственных культур

Показатели	Уровни состояния почв			
	высокий	средний	низкий	катастрофический
Черноземы I надпойменной террасы				
1	2	3	4	5
Агрофизические: - содержание агрегатов при мокром расसेве, %: 10-0,25 мм - объемная масса, г/см ³ - пористость, % - водопроницаемость, мм/мин - наименьшая полевая влагоемкость, % сухой массы почвы	65-70 1,0-1,1 55-65 1,2-1,0 >55	55-64 1,11-1,20 54-50 0,9-0,5 40-55	40-54 1,21-1,30 49-45 0,4-0,2 30-40	<40 >1,30 <45 <0,2 <30
Физико-химические: - токсичная щелочность (НСО ₃ и Na+Mg), мг-экв/100 г почвы - содержание токсичных солей без участия соды, % - Са в ППК*, % - содержание поглощенных Na+K, в % от суммы катионов	<0,7 <0,1 >80 <1,0	0,7-0,9 0,10-0,35 80-75 1,0-2,0	0,1-1,5 0,36-0,50 74-70 2,0-3,0	>1,5 >0,50 <70 >3,0
Гидрохимические: уровень грунтовых вод при минерализации: - 3-5 г/дм ³ (не щелочная вода) - >5 г/дм ³ (не щелочная вода) - 3-5 г/дм ³ (щелочная вода) - >5 г/дм ³ (щелочная вода)	>3,5 >4,0 >4,5 >5,0	3,5-3,0 4,0-3,5 4,5-4,0 5,0-4,5	3,0-2,5 3,5-3,0 4,0-3,5 4,5-3,5	2,5-2,2 3,0-2,5 3,5-3,0 <3,5

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5
Биохимические: - общее содержание гумуса, в минеральном профиле почвы, % - плодородие почв, % от потенциального - нитрификационная способность, мг/кг почвы	>5 >90 >30	5-4 90-60 30-15	4-3 60-30 14-10	<3 <30 <10
Эрозионная опасность: - мощность гумусового горизонта в районах эрозии, м - мощность гумусового горизонта в районах дефляции, м - площадь средне- и сильноэродированных почв, % от общей площади - превышение суммарных потерь почвы при эрозии над допустимыми нормами, т/га	>0,40 >0,40 10 <1,0	0,40-0,25 0,40-0,20 10-20 1,0-3,0	0,25-0,10 0,20-0,05 20-60 3,0-6,0	<0,10 <0,05 >60 >6,0
Загрязнение почв тяжелыми металлами по суммарному показателю (вредное воздействие группы металлов), мг/кг почвы	<16	16,1-32,0	32,1-64,0	64,1-128 и более
Урожайность сельскохозяйственных культур, в % от средней	Проектная	Снижение урожая на 10-15 %	Снижение урожая на 15-25 %	Снижение урожая до 30 % и более
Черноземы II надпойменной террасы				
Агрофизические: - содержание агрегатов при мокром расसेве, %: 10-0,25 мм - объемная масса, г/см ³ - пористость, % - водопроницаемость, мм/мин - наименьшая полевая влагоемкость, % сухой массы почвы	60-70 1,15-1,20 50-60 >1,0 >50	50-59 1,21-1,25 49-45 0,9-0,7 35-50	45-49 1,26-1,35 44-39 0,7-0,4 20-25	>45 >1,35 <39 <0,4 <20

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5
Физико-химические: - токсичная щелочность (HCO ₃ и Na+Mg), мг-экв/100 г почвы - содержание токсичных солей без участия соды, % - Са в ППК, % - содержание поглощенных Na+K, в % от суммы катионов (слой 0-0,30 м)	<0,7 <0,1 >85 <1,0	0,7-1,0 0,10-0,40 85-80 1,0-1,5	1,0-1,8 0,41-0,55 80-75 1,5-2,0	>1,8 >0,55 <75 >3,0
Гидрохимические (уровень грунтовых вод при минерализации): - 3-5 г/дм ³ (не щелочная вода) - >5 г/дм ³ (не щелочная вода) - 3-5 г/дм ³ (щелочная вода) - >5 г/дм ³ (щелочная вода)	>3,5 >4,0 >4,5 >5,0	3,5-3,0 4,0-3,5 4,5-4,0 5,0-4,5	3,0-2,5 3,5-3,0 4,0-3,5 4,5-3,5	2,5-2,2 3,0-2,5 3,5-3,0 <3,5
Биохимические: - общее содержание гумуса, в минеральном профиле почвы, % - плодородие почв, % от потенциального - нитрификационная способность, мг/кг почвы	>6 >90 >30	6-5 90-50 30-20	5-4 50-30 20-15	<4 <30 <15
Эрозионная опасность: - мощность гумусового горизонта в районах эрозии, м - мощность гумусового горизонта в районах дефляции, м - площадь средне- и сильноэродированных почв, % от общей - превышение суммарных потерь почвы при эрозии над допустимыми нормами, т/га	>0,50 >0,40 10 <1,0	0,50-0,30 0,40-0,30 10-20 1,0-4,0	0,30-0,20 0,30-0,10 20-50 4,0-6,0	<0,20 <0,10 >50 >6,0
Загрязнение почв тяжелыми металлами по суммарному показателю (вредное воздействие группы металлов)	<16	16,1-32,0	32,1-64,0	64,1-128 и более
Урожайность сельскохозяйственных культур в % от средней	Проектная	Снижение урожая на 10-15 %	Снижение урожая на 15-20 %	Снижение урожая до 25 % и более
* ППК – почвенно-поглощающий комплекс.				

При длительном орошении почв должно соблюдаться условие, которое позволяет им постоянно находиться в состоянии необходимой продуктивности и выполнять свои воспроизводящие функции:

$$\varphi (СТОч) = СТОч_{н.с.} - СТОч_{д} > 0; \alpha СТОч_{н.с.} \geq \varphi (СТОч) \geq 0, \quad (2)$$

где $СТОч_{н.с.}$ – комплексная оценка (показатель) состояния ненарушенных почв; $СТОч_{д}$ – комплексная оценка (показатель) деградированных почв; α – допустимая степень снижения показателей ненарушенных почв.

При высоком уровне состояния почв (признаки деградации выявлены не более, чем на 10 % всей площади) количественные значения показателей позволяют продолжать орошение при соблюдении строгого учета и контроля качества (ежемесячно по гидрохимическим показателям) поливной воды. Необходимо также проведение противофильтрационных мероприятий и эксплуатационных очисток водопроводящей сети. При использовании воды II класса необходимо соблюдать меры по защите почв от вторичного засоления и осолонцевания.

Средний уровень (признаки деградации проявляются на площади 20-35 % от общей, вызывая незначительное снижение продуктивности) включает количественные значения показателей, по которым можно планировать перевод орошаемых земель в стадию богарного использования (сроком от 1 года до 2 лет) в ближайшем будущем, при наличии благоприятной (для владельцев земель) экономической ситуации или использовать приведенную ниже технологию периодического орошения сельскохозяйственных культур в севооборотах. При дальнейшем проведении орошения необходимо осуществлять строгий учет и контроль качества поливной воды (I класс качества). Обязательно проведение мелиораций солонцов и солонцеватых почв, противофильтрационных мероприятий и эксплуатационных очисток.

Низкий уровень (признаки деградации выявлены на площади 35-50 %, вызывая падение продуктивности и снижение воспроизводящих свойств почв) определяется количественными значениями показателей, по достижении которых орошаемые почвы целесообразно перевести в стадию богары на время до 50 % ротации севооборота, с размещением на полях многолетних трав, озимой пшеницы и бобовых культур. Рекомендуется ремонт и реконструкция дренажа, реконструкция коллекторно-дренажной сети. Снижение урожайности на та-

ких землях будет минимальным (за счет близкого залегания грунтовых вод). Здесь следует отметить, что изменения структуры посевных площадей должны иметь отклонения не более чем на 25-50 %. В богарный период обязательно проведение на высоком уровне агротехнических мероприятий. При возобновлении орошения следует учитывать, что предполивная влажность, согласно результатам исследований и данным справочной и нормативной литературы, должна составлять: для суглинистых почв – 0,65-0,75 НВ; для глинистых – 0,75-0,85 НВ. Тип почвы устанавливается согласно классификации Н. А. Качинского.

При достижении количественных значений предлагаемых показателей, соответствующих катастрофическому уровню, следует прекратить орошение на довольно длительный период (10 лет и более) во избежание полной деградации почв и вывода этих площадей из состава сельскохозяйственного фонда. Мелиоративные мероприятия, ликвидирующие причины деградации, проводят на всей площади с одновременным выводом из сельскохозяйственного использования той ее части, где уровень деградации почв угрожает средовоспроизводящим функциям ландшафта (облесение и залужение). На оставшихся полях целесообразно разместить озимые: рожь, тритикале; яровые: горох-овес, подсолнечник, рапс яровой, ячмень и их смеси; поукосные: кукуруза, сорго, сорго-суданковые гибриды, смеси кукурузы с сорго, подсолнечником, соей и др.; пожнивные: кукуруза, просо, гречиха, сорго-суданковые гибриды, горохо-овсянные смеси; многолетние травы: люцерна и др.

4. Выбор технологии периодического орошения сельскохозяйственных культур

Основные положения оптимального использования технологии периодического орошения (ТПО) следующие: пространственно-временная организация циклического орошения агроландшафтов должна соответствовать их природной структуре и динамике; периодическое орошение следует производить там, где оно экономически целесообразно и способствует снижению деградации почв; ТПО не должна за счет искусственного полива менять благоприятный водный и солевой режимы, особенности которых предопределили формирование почв; рекомендуемая площадь полива полустационарной или мобильной оросительной сетью должна соответствовать площади орошаемого

участка; территория участка, находящаяся в периодическом орошении, не должна выходить за пределы экологически однотипных территорий, объединенных ландшафтно-технологическими контурами с учетом экономических возможностей хозяйств [29].

ТПО должна обеспечивать выполнение следующих основных требований: предотвращение подъема УГВ (за счет малоинтенсивной нормированной водоподачи в течение орошения), снижение потерь воды на сброс и глубинную фильтрацию; обеспечение выноса солей в дренажную сеть при промывных поливах (если таковая имеется); предупреждение водной эрозии при распределении поливной воды на поверхности; предупреждение пестроты увлажнения и переувлажнения пониженных участков при дождевании; поддержание в почвенном слое максимально близкого к оптимальному уровня влажности, аэрации и повышение почвенного плодородия.

На рис. 2 представлена схема выбора технологии периодического орошения.

Периодическое орошение сельскохозяйственных культур, расположенных на территории ОС, осуществляется для увеличения производства продукции с орошаемых площадей; периодическое орошение дополнительных площадей производится из расчета удовлетворения потребностей в оросительной воде средnezасушливого года 75%-ной обеспеченности осадками за вегетационный период или 25%-ной обеспеченности по дефициту водного баланса; орошение дополнительных площадей полноценными оросительными нормами будет проводиться только в отдельные годы (два раза из четырех лет при обеспеченности 50 % и один раз из четырех лет при обеспеченности 75 %); источником периодического орошения служит местный сток, формирующийся на площадях регулярного орошения в относительно влажные годы (25, 50, 75%-ной обеспеченности), а также технологические, технические и др. сбросы.

Периодическое орошение нецелесообразно использовать при поливе выведенных из регулярного орошения почв потому, что несмотря на прослеживающуюся последовательность в чередовании лет по обеспеченности осадками, она может не совпасть с требуемым интервалом времени, который необходим для восстановления необходимых количественных значений показателей уровней состояния почв.

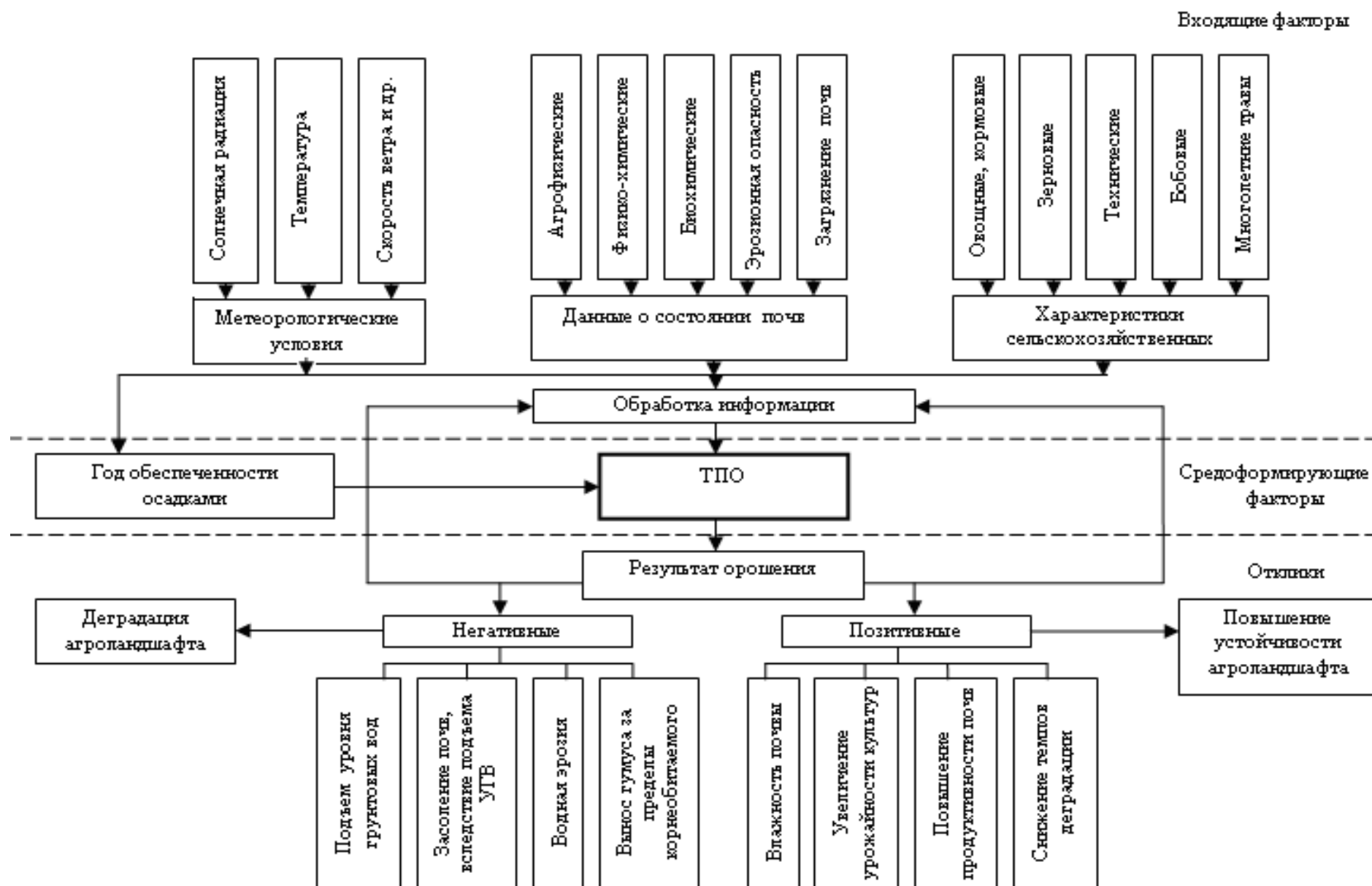


Рис. 2. Схема выбора технологии периодического орошения

4.1 Учет климатических факторов

Для сохранения урожайности культур в богарных условиях периодическое орошение дополнительных площадей местным стоком наиболее целесообразно осуществлять в районах, менее всего страдающих от засух. В этом случае наблюдается минимальная разность между урожайностью на богаре и на орошаемых площадях. Из рассмотренных агроклиматических зон для периодического орошения местным стоком дополнительных площадей более всего подходит III и IV зоны (рис. 3).

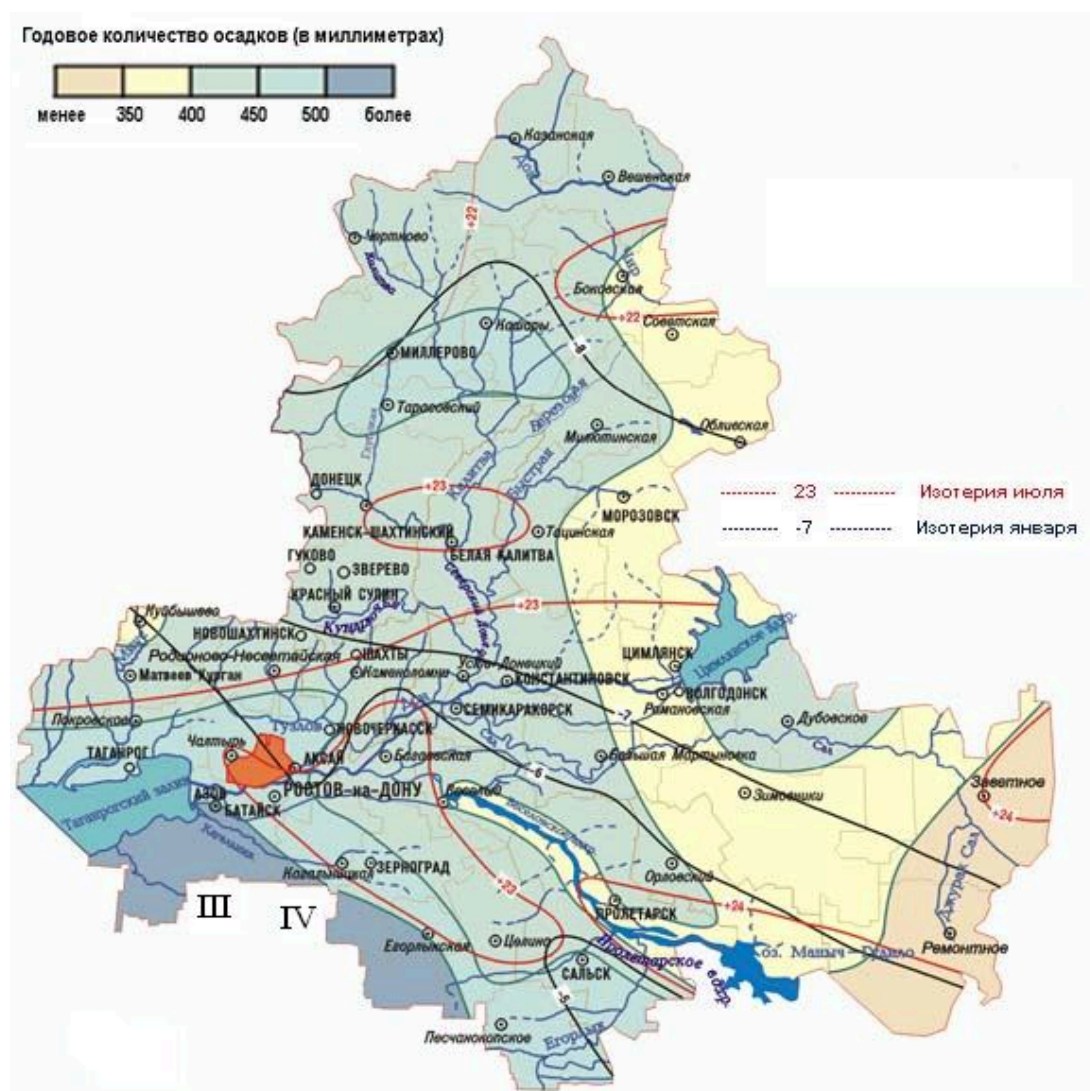


Рис. 3. Климатическая карта Ростовской области

Площадь периодического орошения определяется в зависимости от метеорологических условий (атмосферные осадки, испаряемость, дефицит влажности, температуры воздуха и др.); размера площадей,

орошаемых на государственных оросительных системах, на которых формируется местный сток; планируемой структуры посевов на площадях постоянного орошения и планируемой структуры посевов на площадях дополнительного периодического орошения [29]. Назначение поливов следует определять по биоклиматическим показателям [30]. С помощью этого метода устанавливают подекадные биологические коэффициенты, отражающие расход воды культурами в зависимости от суммы дефицитов влажности воздуха. А затем из общего запаса влаги в расчетном слое почвы вычитают расход воды за декаду.

Срок очередного полива устанавливают на тот период, когда запасы влаги в почве достигнут нижнего порога предполивной влажности. Исходные данные для расчетов получают на ближайшей метеостанции (г. Ростов-н/Д).

Расчет кривых обеспеченности оросительных норм, средневзвешенной оросительной нормы, объем местного стока для различных лет обеспеченности и суммарные величины уменьшения расходов воды с площадей регулярного орошения в средние и средневлажные годы проводятся по общеизвестным методикам.

Для снижения возможной деградации орошаемых почв рекомендуется использовать номограмму (рис. 4), по которой можно ориентировочно определить рекомендуемую продолжительность богарного периода использования черноземов, в зависимости от обеспеченности осадками и длительности периода орошения [31].

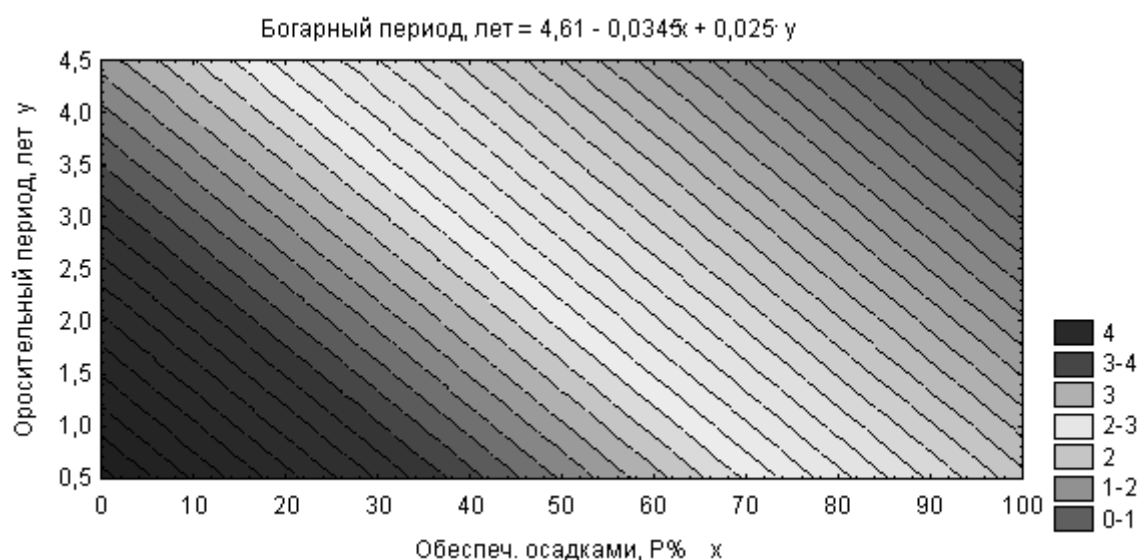


Рис. 4. Номограмма для определения богарного периода для различных лет обеспеченности осадками и продолжительности орошаемого периода

4.2 Использование возвратных вод

Анализ данных по эксплуатации государственных оросительных систем для III и IV агроклиматических зон показывает, что суммарный объем возвратных вод, без учета дренажного стока, составляет 40-60 % от водозабора (45-56 млн м³, минерализацией 0,5-1,5 г/дм³), в свою очередь, из общего объема возвратных вод поверхностные составляют от 20 до 50 %.

Величина стока, пригодного для орошения (среднезасушливый год 75%-ной обеспеченности), с отдельных хозяйственных массивов орошения составляет

$$V_x = V_T + V_n, \quad (3)$$

где V_T – транзитный сток сбросных вод из постоянной оросительной сети; V_n – сток сбросных вод с поверхности полей, из временных оросителей и поливных борозд.

Суммарная величина стока составляет:

$$V_c = V_{mk} + V_{mp} + V_x, \quad (4)$$

где V_{mk} – сток сбросных вод из катастрофических и концевых сбросов магистральных каналов; V_{mp} – сток сбросных вод из межхозяйственных распределителей.

В годы 50 и 25%-ной обеспеченности осадками объем стока, пригодного для дополнительного орошения, составит:

$$V_x = V_T + V_{II} + V^{25,50}, \quad (5)$$

где $V^{25,50}$ – дополнительный транзитный сток сбросных вод 25 или 50%-ной обеспеченности, формирующийся в результате сокращения дефицитов водопотребления.

Площадь A дополнительного периодического орошения на хозяйственной сети при использовании местного стока зависит от средневзвешенной оросительной нормы $I_{n,nt}$ (нетто) на участке периодического орошения, суммарной величины уменьшения расхода воды $V^{25,50}$ со всей площади регулярного орошения в год заданной обеспеченности и проектируемого коэффициента полезного действия ОС, $\eta = (0,8-0,9)$:

$$A = V^{25,50} \eta / I_{n,nt}. \quad (6)$$

4.3 Рекомендуемые эмпирические зависимости для расчета поливных норм при формировании технологии периодического орошения

Произвести полный учет природно-климатических факторов для корректировки поливных режимов и объема водоподачи практически невозможно. Поэтому используются упрощенные методы расчета. Они включают основные факторы, воздействующие на испарение. Полученные с помощью программы STATISTICA коэффициенты корреляции основных природно-климатических факторов, суммарного испарения, оросительных норм и урожайности овощей для IV зоны увлажнения приведены в табл. 5.

Максимальный запас влаги, который можно создать при периодическом орошении, характеризуется наименьшей влагоемкостью почв, которая соответствует 70-80 % полной влагоемкости [32].

Таблица 5

Коэффициенты корреляции для корректировки поливных режимов, объема водоподачи и техники полива

Показатель	$E\omega$, мм	t , °C	$D\phi$, мб	Pe , мм	$E\omega-P$, мм	ET_{crop} , мм	$I_{n, nt}$, мм	Урожай- ность томатов, т/га
Испаряемость ($E\omega$)	0	0,96	0,94	-0,79	0,89	0,98	0,70	0,69
Температура воз- духа (t)	0,96	0	0,85	-0,91	0,92	0,79	0,56	0,14
Дефицит влажно- сти ($D\phi$)	0,94	0,85	0	-0,80	0,97	0,90	0,75	0,24
Атмосферные осадки, заданной обеспеченности (Pe)	-0,79	-0,91	-0,80	0	-0,78	0,16	0,71	0,35
Дефицит естест- венного увлажне- ния ($E\omega-P$)	0,89	0,92	0,97	-0,78	0	0,86	0,99	0,63
Эвапотранспирация за вегетационный период (ET_{crop})	0,98	0,79	0,90	0,16	0,86	0	0,78	0,89
Оросительная нор- ма ($I_{n, nt}$)	0,70	0,56	0,75	0,71	0,99	0,78	0	0,56
Урожайность	0,69	0,14	0,24	0,35	0,63	0,89	0,56	0

Если влажность почвы выразить в % от массы сухой почвы, экологически эффективную зональную поливную норму для обыкновенных черноземов можно определять по зависимостям [14]:

- полив овощных культур

$$M_{\text{эк.эф.}} = Dir_{\text{дон.}} = 100dH(HB - 0,80HB); \quad (7)$$

- полив остальных культур

$$M_{\text{эк.без.}} = Dir_{\text{дон.}} = 100dH(HB - 0,75HB), \quad (8)$$

где $M_{\text{эк.без.}}$ – экологически безопасная норма, м³/га;

$Dir_{\text{дон.}}$ – поливная норма, при которой сток не превышает 10 %;

d – объемная масса в расчетном слое, г/см ;

H – расчетный слой, см;

HB – наименьшая влагоемкость, % от веса.

Значение активного (расчетного) слоя почвы H в расчетах для III и IV агроклиматических зон принимается равным: для овощных культур – 0,4 -0,5 м; для зерновых и технических – 0,6-0,8 м; для многолетних трав 0,8-1,0 м.

Применение обоснованных норм полива позволит обойтись без устройства коллекторно-дренажной сети при условии хорошей естественной дренированности. Для увеличения глубины промачивания почвы, сохранения ее структуры и плодородия целесообразно производить поливы овощей дробными нормами:

$$Dir \cdot dp = (0,15 - 0,45)V_{\text{max}}, \quad (9)$$

где V_{max} – максимальный запас влаги в почве, м³/га.

Это позволит наиболее эффективно промочить корнеобитаемый слой без образования стока и разрушения структурных агрегатов слоя 0-50 см.

Расход воды на каждую культуру при периодическом орошении дополнительных площадей местным стоком определяют по формуле

$$Q_{\text{nt,crop}} = (Dir \cdot don \cdot A_{\text{rot.nt}}\alpha) / 3,6Tt, \quad (10)$$

где $Q_{\text{nt,crop}}$ – расход оросительной воды, необходимый для полива каждой дополнительно орошаемой культуры севооборота, л/с; $A_{\text{rot.nt}}$ – площадь (нетто) севооборота; α – доля севооборотной площади, занятой дополнительно орошаемой культурой:

$$\alpha = A / A_{\text{rot.nt}}, \quad (11)$$

где A – площадь дополнительного периодического орошения, рассчитывается по формуле (6); T – продолжительность полива в течение

суток, ч; t – агротехническая продолжительность полива в течение суток.

Произведение $\alpha \cdot A_{rot,nt}$ представляет собой объем воды, предназначенный для полива дополнительно орошаемой культуры севооборота в течение t периода суток.

При выборе способа полива учитывался характер возделываемых культур и условия их обработки (междурядная обработка и др.), рельеф местности, уклон, гидрогеологические условия (глубина залегания и минерализация грунтовых вод, хозяйственные условия).

При определении оросительной нормы (нетто) по биоклиматическому методу А. М. и С. М. Алпатьевых следует использовать уравнение [33]:

$$I_{n,nt} = ak\Sigma D\phi - P_e, \quad (12)$$

где a – коэффициент, учитывающий подпитывание корневой системы растения за счет грунтовых вод (для овощных культур, $a = 1$); k – биологический коэффициент, характеризующий роль растения, определяется опытным путем; $\Sigma D\phi$ – сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха за расчетный период, мб; P_e – атмосферные осадки заданной обеспеченности.

Размер экологически безопасной поливной нормы при поливе дождеванием для различных типов почв следует определять и по эмпирическим выражениям:

- для тяжелого суглинка

$$Dir = 185,93 - 107,41x - 178,4y + 16,92xx + 38,73xy + 71,48yy; \quad (13)$$

- для глины средней

$$Dir = 107,63 - 62,86x - 99,76y + 9,91xx + 22,56xy + 37,85yy; \quad (14)$$

- для тяжелой глины

$$Dir = 76,52 - 41,73x - 78,21y + 6,46xx + 15,44xy + 33,31yy, \quad (15)$$

где x – диаметр капель дождя d_k , мм; y – интенсивность дождя p_0 , мм/мин.

Экологически безопасный расход для борозд различной длины можно определять и по выражениям:

для борозд длиной 120-200 м

$$q_{120,200} = 1,12 - 10,28x - 5,9y - 1946,63xx - 2018,14xy + 500yy, \quad (16)$$

для борозд длиной 200-250 м

$$q_{200,250} = 0,97 - 32,59x - 24,12y - 3y - 1377,95xx - 1587,3xy + 0,001yy, \quad (17)$$

для борозд длиной 250-300 м

$$q_{250,300} = 1,45 - 155,84x + 22,88y + 9279,8xx - 1950,1xy + 0,001yy, \quad (18)$$

для борозд длиной 300-400 м

$$q_{300,400} = 1,62 - 31,94x + 1,61y - 1487,31xx - 2745,76xy + 500yy, \quad (19)$$

где x – уклон; y – средняя скорость выпитывания, $\text{дм}^3/\text{мин}$.

Заключение

Выбор технологий периодического орошения сельскохозяйственных угодий зависит от многих факторов, а именно, от расположения площадей регулярного орошения, протяженности и конструкции оросительной и дренажной сети, наличия удобных для полива неорошаемых земель, водообеспеченности и почвенно-гидрологических условий. Забор воды на периодическое орошение может производиться из оросительных каналов, сбросной и коллекторной сети, малых рек и временных водотоков, водохранилищ и т.д. При периодическом орошении возможно использовать стационарные и передвижные насосные станции, хотя предпочтение следует отдавать самотечной подаче воды.

Периодическое орошение можно проводить как с устройством регулирующих емкостей, так и без них. При реализации второго варианта необходима высокая оперативность водораспределения, которая должна гарантировать устранение больших сбросов воды за пределы орошаемых массивов. В последнее время распространились такие понятия, как большое и малое орошение. Под большим орошением подразумеваются крупные государственные оросительные системы (ОС), построенные за счет средств государственного бюджета специализированными строительными организациями во второй половине прошлого столетия. Малое орошение включает относительно небольшие ОС, построенные на средства хозяйств собственными силами с привлечением шефских и подрядных организаций для целей периодического орошения.

Для дальнейшего развития орошения необходимы высококвалифицированные специалисты, использующие накопленный научно-технический потенциал, который необходимо адаптировать к современным условиям, что позволит в короткие сроки и на высоком техническом уровне внедрить новейшие технологии периодического орошения и восстановить оросительные системы.

Необходимо в кратчайшие сроки разработать программу действий для любого конкретного орошаемого массива, участка или поля, подготовить проектную документацию, выполнить комплекс строительных или ремонтных работ, поставить необходимую поливную технику с монтажом и пуско-наладкой, подготовить технологические карты для выращивания сельскохозяйственных культур и обеспечить консультационное сопровождение всех технологических этапов.

Литература

1 Щедрин В. Н. Бредихин Н. П., Бредихин Н. Н. Как восстановить и сохранять природное плодородие черноземов // Мелиорация и водное хозяйство. – 1998. – № 2. – С. 33-35.

2 Щедрин В. Н. Полустационарно-мобильные оросительные системы как способ мелиорации почв // Современные проблемы мелиорации земель, пути и методы их решения: сб. науч. тр. – Новочеркасск, 2003. – Ч. 1. – С. 90-98.

3 Щедрин В. Н. Стратегия использования орошаемых земель в современных условиях // Мелиорация и водное хозяйство. – 2003. – № 3. – С. 45-51.

4 Васильев С. М., Васильева Е. А. Перспективы развития орошения в Ростовской области // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2006. – № 3. – С. 81-85.

5 Васильев С. М. Обоснование применения мобильных оросительных систем для целей периодического орошения // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2005. – № 4. – С. 90-95.

6 Бобченко В. Н. Усовершенствование технологии орошения чернозема // Вестник сельхозмашины. – 1987. – № 8.

7 Бобченко В. И. Сочетание орошаемого и богарного земледелия // Мелиорация и водное хозяйство. – 1998. – № 5. – С. 5-8.

8 Бобченко В. И. Передвижные циклические мелиорации почв в орошаемой зоне. Мелиорация земель в системе агропромышленного комплекса. – М.: Агропромиздат, 1985.

9 Шумаков Б. Б., Бобченко В. И. Технология гидроциклических богарных комплексных мелиораций // Научно-технич. достижения. – Т. 1. Технология мелиорации земель. Спец. выпуск. – М.: ЦБНТИ, 1989.

10 Штепа Б. Г. Разовая гидромелиорация солонцов // Мелиорация и водное хозяйство. – 1991. – № 3.

11 Бобченко В. И. Циклическое передвижное орошение – вариант для черноземов // Мелиорация и водное хозяйство. – 1988. – № 11.

12 Бобченко В. И. Технология циклического соединения орошаемого и богарного земледелия // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – М., 1996. – № 2. – С. 27-29.

13 Храбров М. Ю. Технология малообъемного орошения // Мелиорация и водное хозяйство. – 2000. – № 4. – С. 30-32.

14 <http://www.irrigraduga.ru>.

15 Периодическое орошение сельскохозяйственных культур на дополнительных площадях в зоне оросительно-обводнительных систем / Г. А. Гарюгин [и др.]. – Ставрополь, 1983. – 25 с.

16 Лихацевич А. П., Латушкина Г. В., Шуин К. А. Совершенствование управления водным режимом при орошении дождеванием на базе информационных технологий // БелНИИМиЛ. – Минск, 2002.

17 Лихацевич А. П., Мееровский А.С., Вахонин Н. К. Мелиорация земель в Беларуси. – Минск: БелНИИМиЛ, 2002.

18 <http://www.unity.freenet.kz/site/terms>.

19 Духовный В. А., Пулатов А. Г., Турдыбаев Б. К. Информационный сборник № 11. – Ташкент: НИЦ МКВК, 1999.

20 Новые технологии орошения / Губер К. В. [и др.] // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2001. – № 4. – С. 14-16.

21 Prochnow A., Kraschinski S., Tolle R., Hahn J. Belastungsklassen für Technik zur Bewirtschaftung von Niedermoorgrünland // *Landtechnik*. – 1999.–Jg. 54, – № 3. – S. 168-169.

22 Geert Diemer, INPIM № 9, 1999.

23 R.Redinger Institutional Rationing of Canal water in Northern India: Conflict between traditions and modern needs "Economic development and culture change", Vol. 23, № 1, 1974.

24 Abbas S.G., Choudhary M.A., Wall G.L. Managing technology change: zero tillage in India // *Agr. Mechan. in Asia Africa Latin America*. – 1999.–Vol.30, № 4. – P. 12-15.

25 Manian R., Kathirvel K., Meenakshi G.B. Influence of deep tillage on in-situ moisture conservation in dry farming // *Agr. Mechan in Asia Africa Latin America*. – 1999. – Vol.30, N 4. – P. 16-21, 29.

26 Дашко Д. Н. Агроклиматические ресурсы СССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 247 с.

27 Система ведения агропромышленного производства Ростовской области (на период 2001-2005 гг.) / Ермоленко В. П. [и др.]. – Ростов н/Д: Феникс, 2001. – 928 с.

28 Безднина С. Я. Экологические основы водопользования. – М.: ВНИИА, 2005. – 224 с.

29 Васильев С. М. Особенности периодического орошения в Приазовской агроклиматической зоне // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2006. – № 1. – С. 68-71.

30 Айдаров И. П., Голованов А. И., Никольский Ю. Н. Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель. – М.: Агропромиздат, 1990. – 59 с.

31 Васильев С. М. Экологическая безопасность оросительных систем в условиях аридной зоны // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки, 2007. – № 5. – С. 80-82.

32 Васильев С. М. Эффективные культуры в севооборотах Ростовской области при периодическом орошении // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2006. – № 2. – С. 95-99.

33 Алпатьев С. М., Остапчик В. П. Методика расчета режимов орошения сельскохозяйственных культур на основе биоклиматического метода для Европейской части СССР с применением ЭВМ / УкрНИИГиМ. – Киев, 1973. – 9 с.

Научный обзор

**ТЕХНОЛОГИИ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ОРОШЕНИЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ЗОНАХ
НЕУСТОЙЧИВОГО ОРОШЕНИЯ**

Корректор Е. В. Кулыгина
Компьютерная верстка Е. А. Бабичева

Подписано в печать 07.07.10 г. Формат 60х84 1/16.
Усл. печ. л. 2,38. Тираж 300 экз. Заказ № 35.

Отпечатано в ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ»
109382, Москва, ул. Совхозная, д. 10, корп. 6