

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Департамент мелиорации

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

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПЛАНИРОВАНИЮ  
ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ  
НА ОСНОВАНИИ ДАННЫХ РЕТРОСПЕКТИВНОГО  
АНАЛИЗА И СЦЕНАРНЫХ РАСЧЕТОВ В ЗАВИСИМОСТИ  
ОТ ЛЕТ РАЗЛИЧНОЙ ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ**

Новочеркасск

2015

**Методические указания по планированию водопользования на оросительных системах на основании данных ретроспективного анализа и сценарных расчетов в зависимости от лет различной влагообеспеченности** подготовлены сотрудниками ФГБНУ «РосНИИПМ»: доктором технических наук, профессором В. Н. Щедриным; кандидатом технических наук А. С. Штанько; кандидатом сельскохозяйственных наук О. В. Воеводиным; кандидатом технических наук А. Л. Кожановым; кандидатом технических наук С. Л. Жук.

**Методические указания по планированию водопользования на оросительных системах на основании данных ретроспективного анализа и сценарных расчетов в зависимости от лет различной влагообеспеченности** одобрены на заседании секции мелиорации 10 декабря 2014 года, утверждены и введены в действие приказом директора ФГБНУ «РосНИИПМ» № 16 от 3 апреля 2015 года.

## Содержание

Введение .....	4
1 Основные положения планового водопользования .....	5
2 Технология планирования водопользования на оросительных системах.....	8
2.1 Общие положения .....	8
2.2 Формирование внутрхозяйственного плана водопользования .....	12
2.3 Формирование системного плана водопользования .....	21
3 Методика корректировки объемов водоподачи на орошение сельскохозяйственных культур в разрезе водовыделов при уменьшении лимита водоподачи .....	26
Заключение .....	32
Список использованных источников .....	33
Приложение А Таблицы и формы внутрхозяйственного плана водопользования .....	34
Приложение Б Таблицы и формы системного плана водопользования.....	43
Приложение В Пример корректировки объемов водоподачи на орошение сельскохозяйственных культур при уменьшении лимита водоподачи .....	55

## Введение

Как известно, использование воды на орошение осуществляется на основании внутривладельческого и системного планов водопользования, регламентирующих в соответствии с определенными условиями забор воды из источника орошения и транспортировку ее по каналам межхозяйственной оросительной сети до потребителей, распределение воды между хозяйствами и внутри них.

При составлении системного плана водопользования на оросительной системе и расчете баланса водораспределения специалисты учреждений по мелиорации зачастую сталкиваются с необходимостью уменьшения лимитов подачи воды водопользователям таким образом, что бы экономический ущерб от потери урожайности орошаемых сельскохозяйственных культур от недополива был минимальным. На практике в данной ситуации специалисты учреждений по мелиорации зачастую корректируют планы водопользования приближенно, полагаясь в основном на собственный опыт и интуицию.

В связи с этим возникает необходимость разработки методических указаний по планированию водопользования на оросительных системах в условиях дефицита водных ресурсов, которые предназначены для нормативно-методического обеспечения деятельности специалистов хозяйств и региональных государственных учреждений мелиорации. Повышение качества планирования и управления водопользованием будет способствовать уменьшению потерь и более эффективному использованию водных ресурсов.

## 1 Основные положения планового водопользования

В настоящее время плановое водопользование является основой оперативной деятельности как отдельных частных водопользователей, так и государственных оросительных систем в целом. Целью планирования является получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур путем создания научно обоснованных режимов их возделывания при обязательных условиях сохранения и повышения плодородия почв и окружающей природной среды, создании цивилизованных условий для трудовой и производственной деятельности сельского населения. В связи с этим плановое водопользование – это управляемый технологический процесс, включающий комплекс организационных, технических и технологических мероприятий на водохозяйственном объекте (оросительная система или отдельные ее звенья, различные водопользователи, фермерские хозяйства) по оптимальному управлению водным, воздушным, питательным и тепловым режимами сельскохозяйственных культур и обеспечению надежной работы всех конструктивных элементов системы и орошаемых участков, имеющегося оборудования, устройств, зданий и поливной техники [1].

Сложность управления водопользованием на крупных оросительных системах состоит в том, что они обслуживают значительные площади, расцентрованные в плане и значительно удаленные от источника орошения. По мере удаления от головного водозаборного сооружения в работу включается все большее число каналов и трубопроводов. Разветвление оросительной сети связано с разукрупнением подаваемых в нее расходов воды, увеличением количества операций по вододелению и усложнением процесса управления водой [2].

Реализация данного способа управления водопользованием заключается в распределении водных ресурсов сельхозтоваропроизводителям во всех звеньях мелиоративной системы в соответствии с согласованными и утвержденными годовыми внутрихозяйственными и системными планами водопользования.

План водопользования – это порядок пользования водным объектом в течение года или сезона, установленный на основе научно обоснованных норм и режимов водопользования. Внутрихозяйственный план водопользования отражает подекадную потребность в водных ресурсах отдельного водопользователя на предстоящий год в соответствии с предоставленными системой лимитами. Системный план водопользования устанавливает объ-

емы, порядок и сроки подачи воды всем водопользователям данной оросительной системы.

Решение задачи планирования водопользования осложняется тем обстоятельством, что хозяйства, непосредственно использующие воду на полив, административно не подчиняются службам эксплуатации оросительных систем, а взаимодействуют с ними на уровне обмена информацией в виде внутривладельческих планов водопользования, оперативных заявок на воду и отчетов об использовании воды. Так как сельхозтоваропроизводители являются независимыми собственниками, то у руководства оросительной системы нет возможностей значительно влиять на решения, принимаемые руководителями в плане выбора и размещения культур.

Опыт эксплуатации оросительных систем позволяет сформулировать следующие основные принципы планового водопользования [2].

1 Принцип плановости. Предусматривает определенную иерархию в планировании водопользования. Основное звено в планировании – хозяйство, и поэтому на данном уровне составляют внутривладельческие планы водопользования. На основании данных планов формируют системные планы водопользования, затем составляют бассейновые водоземельные балансы. Этим документам придают статус государственных с соответствующими и присущими им методами и формами отчетности и контроля.

2 Принцип поэтапности. Предполагает планирование водопользования последовательно снизу вверх, исходя из оптимальной потребности сельскохозяйственных культур в оросительной воде, в полной увязке с прогрессивной технологией их возделывания. Режимы орошения определяют для каждого поля, севооборотного участка, хозяйства, района, орошаемой территории и региона на основании экспериментальных исследований или расчетными методами с учетом комплекса факторов, влияющих на урожайность сельскохозяйственных культур.

3 Принцип лимитности. Установление лимитов забора оросительной воды как в систему, так и отдельным хозяйствам обуславливается водоносностью источника орошения; конструктивными особенностями головных сооружений системы, межхозяйственной и внутривладельческой оросительных сетей и сооружений на них; мелиоративным состоянием орошаемых земель и степенью их засоления; наличием дренажа. Важное значение имеет уровень обеспеченности хозяйств техникой полива сельскохозяйственных культур и различными видами ресурсов.

4 Принцип оптимальности. Методология подхода которого позволяет получить максимальную продукцию при созданных ограничениях на

отдельные виды ресурсов. Этого достигают выполнением всех технологических процессов в оптимальном режиме – распределение воды по оросительной сети, проведение поливов и необходимых агротехнических мероприятий и т. д., что обеспечивает своевременное маневрирование водными и трудовыми ресурсами, техникой с целью получения максимального экономического эффекта для данных конкретных условий.

5 Принцип непрерывности подачи крупным хозяйствам и очередности водоподачи мелким хозяйствам. Предусматривает круглосуточную подачу воды большим расходом для крупных хозяйств и поочередную мелким (фермерским) хозяйствам площадью менее 100–200 га, для которых вводят двух – четырехтактный водооборот, что позволяет эффективно использовать оросительную воду. В условиях резкого маловодья водооборот вводят также и при подаче воды в крупные хозяйства, который может быть как межхозяйственным, так и внутрихозяйственным.

6 Принцип комплексности планов. Заключается в том, что планы водопользования должны включать не только забор и рациональное распределение и использование оросительной воды, но и планы ремонтных и восстановительных работ каналов, сооружений, систем автоматики и телемеханики, вспомогательного оборудования; обеспеченность мелиоративной техникой и инвентарем.

7 Нормативная база. При планировании водопользования обязательно используют нормативные документы, разработанные специальными научно-исследовательскими и проектными институтами. Это относится к дифференцированным режимам орошения сельскохозяйственных культур, ремонтным работам всех видов, различным машинам и механизмам, системам водоизмерения, автоматики и телемеханики, а также трудовым ресурсам с обязательным обеспечением нормальных производственных и бытовых условий их деятельности.

8 Научно-технические достижения. Обеспечивается внедрение научно-технических достижений в практику эксплуатации оросительных систем, использование экономико-математических методов, методов системного анализа, электронно-вычислительных машин при планировании и оперативном управлении технологическими процессами на системе.

## **2 Технология планирования водопользования на оросительных системах**

### **2.1 Общие положения**

Региональные федеральные государственные бюджетные учреждения по мелиорации на основании решения о предоставлении водного объекта в пользование производят изъятие водных ресурсов из водных объектов [3] и предоставляют водные ресурсы сельхозтоваропроизводителям, находящимся в зоне обслуживания подведомственных оросительных систем. Решение о предоставлении водного объекта в пользование выдается региональными природоохранными и водохозяйственными учреждениями.

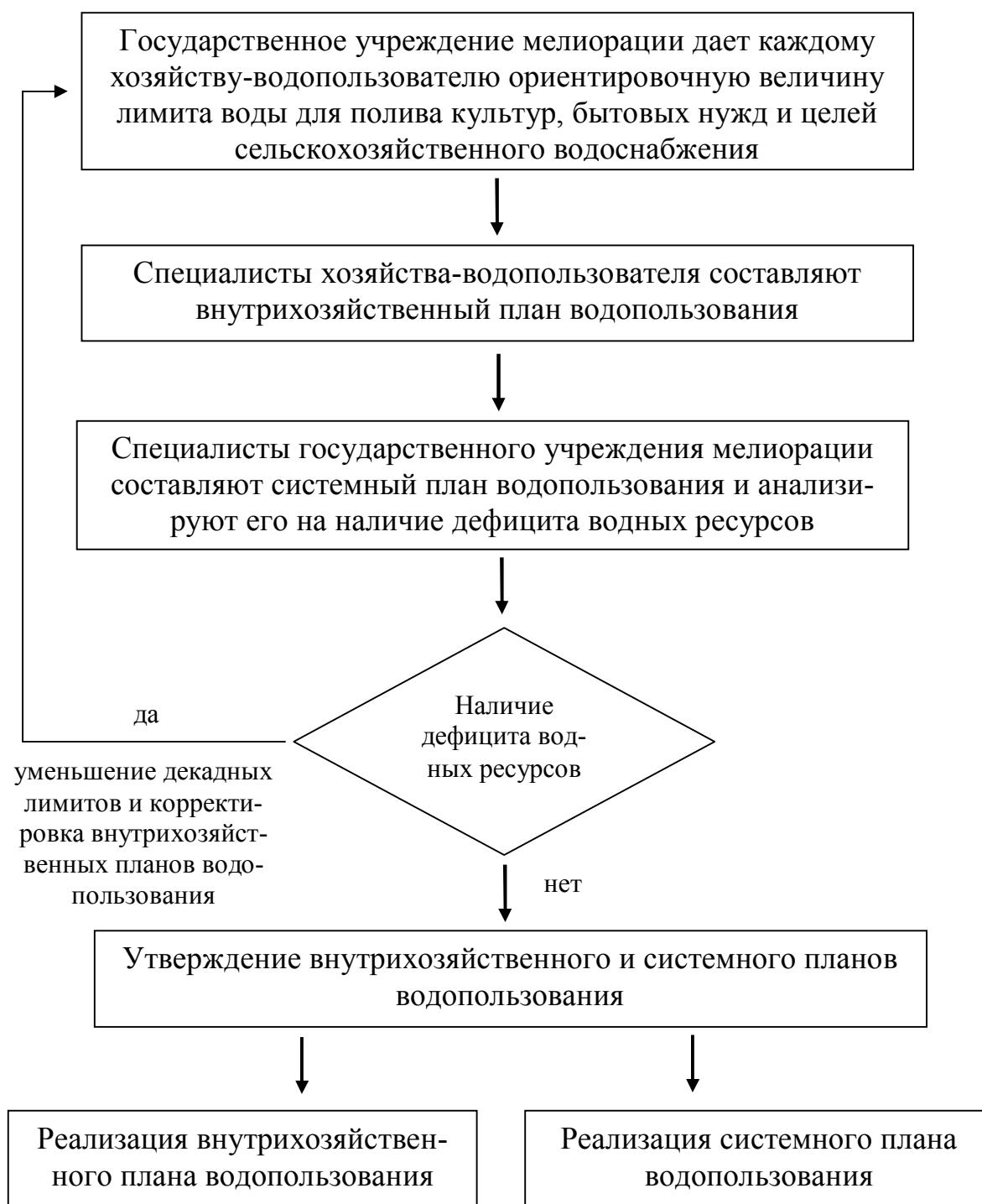
Планирование водопользования на оросительной системе осуществляется снизу вверх, от поля с.-х. культуры до головного водозабора в систему из источника орошения, с последовательным согласованием потребностей на воду с возможностями водозабора и водоподачи на поле на уровне хозяйств, межхозяйственной сети оросительной системы, источника орошения и последующей коррекцией водоподачи и водозаборов в точках вододеления при наличии дефицита сверху вниз [4].

Несмотря на то, что водопользователи оросительной системы являются независимыми собственниками и сами принимают решения в плане выбора и размещения сельхозкультур, сроков и времени полива, они должны работать по внутрихозяйственному плану водопользования. А служба эксплуатации оросительной системы должна подавать воду в точки водовыдела в соответствии с системным планом водопользования, который разрабатывается на основе внутрихозяйственных планов. Указанные действия по взаимодействию водопользователя и службы эксплуатации оросительной системы должны быть прописаны в договоре на услугу по подаче оросительной воды сельхозпроизводителю. В противном случае при стихийном использовании водных ресурсов внутри оросительной системы невозможно добиться их эффективного использования.

В общем виде технология планирования и реализации водопользования на оросительной системе может быть представлена в виде блок-схемы (рисунок 1).

На первом, втором и третьем этапах предусматривается предварительное планирование водопользования. На четвертом и пятом этапах, которые проводятся параллельно и взаимосвязано, – реализация принятых планов водопользования.





**Рисунок 1 – Блок-схема технологии планирования и реализации водопользования на оросительных системах**

На первом этапе региональное государственное учреждение мелиорации дает хозяйствам-водопользователям ориентировочную величину лимита воды для полива культур, бытовых нужд и целей сельскохозяйственного водоснабжения.

Лимит водопотребления для сельхозтоваропроизводителя должен устанавливаться из расчета полной потребности расхода воды для орошения сельскохозяйственных культур на данном участке в определенных климатических условиях с учетом хозяйственных и коммунальных нужд, исходя из объема изъятия водных ресурсов, предоставленного государственному бюджетному учреждению мелиорации природоохранными и водохозяйственными учреждениями региона в соответствии с решением о предоставлении водного объекта в пользование.

На втором этапе специалисты хозяйства-водопользователя составляют внутриводопользовательный план водопользования, который включает в себя:

- план подачи воды в хозяйство;
- план распределения оросительной воды по внутриводопользовательской сети;
- план полива сельскохозяйственных культур и проведения эксплуатационных мероприятий.

Внутриводопользовательный план водопользования передается в региональное государственное учреждение мелиорации.

На третьем этапе специалисты регионального государственного учреждения мелиорации составляют системный план водопользования и анализируют его на наличие дефицита водных ресурсов. При наличии существенного дефицита производится уменьшение лимитов и корректировка внутриводопользовательских планов водопользования в соответствии с политикой управления распределением водных ресурсов.

После корректировки внутриводопользовательских планов водопользования снова проверяется баланс водораспределения и системный и внутриводопользовательские планы водопользования утверждаются и принимаются к реализации.

На четвертом этапе предусматривается реализация внутриводопользовательского плана водопользования, которая производится путем составления специалистами хозяйств декадных оперативных графиков за два – четыре дня до начала календарной декады. Оперативные графики составляются на основе плановых расходов воды с учетом состояния посевов, влажности почвы, организационно-хозяйственных возможностей. Если в результате хозяйству требуется увеличить подачу воды по сравнению с предусмотренной планом, то ему необходимо за три – четыре дня до начала декады представить в региональное государственное учреждение мелиорации обоснованную заявку на дополнительное количество воды. Увеличить де-

кадный лимит можно за счет резерва, имеющегося в системе, или неиспользованной воды в данной декаде другими хозяйствами.

На пятом этапе, проводящемся параллельно с четвертым, проводится реализация системного плана водопользования, которая производится путем распределения воды по системе на основе диспетчерского управления. В ходе реализации системного плана водопользования рекомендациями предусматривается его корректировка при условии изменения основных исходных данных полива:

- большие отклонения в изменении размеров и состава площадей сельскохозяйственных культур от установленного фактического сева;
- устойчивого отклонения водоносности источника орошения от показателей, принятых для расчетного года.

В практике эксплуатации оросительных систем возможны частные случаи указанной технологии планирования и реализации водопользования на оросительных системах.

Если водозаборное сооружение и магистральный канал (трубопровод), являющийся государственной собственностью и находящийся на балансе государственных бюджетных учреждений мелиорации, обслуживает одного водопользователя, то системный план водопользования не составляется, а учреждение мелиорации руководствуется согласованным внутрихозяйственным планом водопользования. Если имеются два или более сельхозтоваропроизводителя, осуществляющих орошение, тогда учреждение составляет план водопользования всей системы (системный план водопользования).

Если оросительная система является объектом индивидуального пользования и все сооружения находятся на балансе конкретного сельхозтоваропроизводителя, то водопользователь на основе режимов орошения, разработанных в проектной документации, готовит заявку для заключения договора на забор воды с природоохранными и водохозяйственными учреждениями региона. При этом, сельхозтоваропроизводитель при уточнении режима орошения, составлении заявки на заключение договора забора воды и определении лимита водозабора, составлении плана водопользования может воспользоваться услугами государственного учреждения по мелиорации или специализированной проектной организации. При изменении лимита забора воды на орошение производится уточнение решения о предоставлении водного объекта в пользование с учетом наличия дефицита водных ресурсов.

## 2.2 Формирование внутрихозяйственного плана водопользования

Внутрихозяйственный план водопользования отражает потребности конкретного водопользователя в оросительной воде на текущий год и должен включать в себя:

- пояснительную записку;
- таблицу наличия орошаемых земель данного водопользователя и планируемое их использование в разрезе водовыделов (таблица А.1, приложение А);
- сведения о внутрихозяйственной оросительной сети данного водопользователя (таблица А.2, приложение А);
- план размещения сельскохозяйственных культур на орошаемых землях данного водопользователя в разрезе водовыделов (форма А.1, приложение А);
- календарные планы проведения данным водопользователем поливов сельскохозяйственных культур по каждому водовыделу (форма А.2, приложение А);
- календарный план эксплуатационных мероприятий на текущий год по реконструкции, ремонту и уходу за каналами и гидротехническими сооружениями на них (форма А.3, приложение А);
- ведомость укомплектования кадрами, мелиоративной и поливной техникой, сведения об их марках и производительности;
- потребности в воде коммунальных и хозяйственных подразделений водопользователя.

До составления внутрихозяйственного плана учреждение по эксплуатации оросительной системы определяет и передает всем водопользователям ориентировочные лимиты по каждому водовыделу на использование им воды из оросительной системы.

Эти лимиты могут быть определены на основе данных прошлых лет о фактической подаче воды для рассматриваемых орошаемых земель. В случае новой системы используются проектные данные. Могут использоваться и теоретические расчеты.

Ориентировочный лимит на использование воды должен определяться из:

- возможности наиболее максимального удовлетворения потребностей орошения сельскохозяйственных культур на орошаемых землях водопользователя;

- возможности проведения плановых агротехнических мероприятий, проводимых в межполивной период;

- возможности проведения необходимых эксплуатационных мероприятий, направленных на поддержание каналов и сооружений в технически исправном состоянии;

- возможности удовлетворения необходимых коммунальных, бытовых и производственных нужд водопользователя.

При формировании ориентировочных лимитов на использование воды водопользователями учитываются следующие ограничения:

- ограничения по водообеспеченности источника орошения;

- ограничения, связанные с конструктивными особенностями головного водозаборного сооружения;

- ограничений по пропускной способности участков оросительной сети, через которые осуществляется подача воды к конкретному водовыделу.

Ограничения по лимитам могут накладываться на весь поливной сезон либо на отдельные его периоды. Суммарное значение по лимитам для всех водопользователей, берущих воду из одного источника орошения системы, не должно превышать лимита этого источника. При формировании ориентировочных лимитов предлагается исходить из 50 % обеспеченности водоисточника [1].

На основе ориентировочных лимитов водопользователи составляют свои внутрихозяйственные планы водопользования.

По данными о наличии орошаемых земель и планируемом их использовании в разрезе водовыделов заполняется таблица А.1. В таблицу А.2 сводятся сведения о внутрихозяйственной оросительной сети водопользователя.

Далее составляется план размещения сельскохозяйственных культур в разрезе водовыделов. Водопользователи планируют использование своих орошаемых площадей, исходя из их собственных экономических интересов. Однако для повышения урожайности и максимально эффективного использования имеющихся водных и земельных ресурсов рекомендуется придерживаться научно обоснованных принципов составления внутрихозяйственного плана и пользоваться консультативной помощью специалистов учреждения по эксплуатации оросительной системы. Составленный план размещения сельскохозяйственных культур в разрезе водовыделов сводится в соответствующую таблицу по форме А.1.

Затем с учетом площади посева и типа выращиваемых культур определяются объемы воды для полива каждой культуры по периодам вегетации. Объем оросительной воды вычисляется на основании принятого дифференцированного режима орошения культур с учетом размещения по оросительным каналам.

Для расчета необходимого объема оросительной воды следует использовать научно обоснованные оросительные нормы, принятые в рассматриваемом регионе. При необходимости оросительная норма для севооборотного участка  $M$ , м<sup>3</sup>/га может быть рассчитана из уравнения водного баланса по следующей формуле [5]:

$$M = \frac{E - (W_{II} + P + E_r)}{\Delta}, \quad (1)$$

где  $E$  – суммарный расход воды на испарение почвой и транспирацию растениями за вегетацию, м<sup>3</sup>/га;

$W_{II}$  – запас воды в почве до посева, м<sup>3</sup>/га;

$P$  – объем воды от осадков за вегетацию, м<sup>3</sup>/га;

$E_r$  – подпитывание грунтовыми водами корнеобитаемого слоя почвы, м<sup>3</sup>/га;

$\Delta$  – коэффициент, учитывающий условия водопользования.

Суммарный расход воды на испарение почвой и транспирацию растений за вегетацию находится по формуле [5]:

$$E = 10K_r E_k, \quad (2)$$

где  $K_r$  – коэффициент, зависящий от условий рассчитываемого года;

$E_k$  – испаряемость за период вегетации для рассчитываемой культуры, мм.

Первоначальный расчет производится для года 50 %-ой обеспеченности. Данные по испаряемости  $E_k$  (для каждой декады) берутся из имеющихся данных по испаряемости для данного региона.

Коэффициент  $K_r$ , зависящий от условий года, колеблется от 0,6 до 0,9 в зависимости от ожиданий, и может быть для первоначального расчета принят равным 0,85.

Запасы воды в почве до начала посева  $W_{II}$  принимаются равными активному запасу влаги в почве и определяются по соответствующим данным по региону для определенного вида почвы.

Объем воды от осадков за вегетацию  $P$ , м<sup>3</sup>/га, вычисляется по формуле [5]:

$$P = 10KO, \quad (3)$$

где  $K$  – коэффициент использования осадков;

$O$  – сумма осадков за вегетацию данной культуры, мм.

Коэффициент использования осадков для первоначального расчета может быть принят равным 0,75. Сумма осадков выбирается по историческим данным для данной местности для года 50 %-ой обеспеченности.

Подпитывание грунтовыми водами корнеобитаемого слоя почвы  $E_r$  берется из данных по рассматриваемому району. При отсутствии данных  $E_r$  можно выбрать из таблицы 1. При глубине стояния грунтовых вод более 2,5 м подпитывание не учитывается.

**Таблица 1 – Подпитывание грунтовыми водами**

Почвенный грунт	Глубина грунтовых вод, м		
	2,0–1,5	1,5–2,0	2,0–2,5
Супесчаный	800–1000	–	–
Легкие суглинки	1000–1200	500–1000	–
Средние суглинки	1200–1500	600–1200	–
Тяжелые суглинки	1500–2000	1000–1500	500–1000
Глины	2000–3000	1500–2000	1000–1500

Коэффициент, учитывающий условия водопользования, принимается на участках со сложным рельефом равным 0,8, со спокойным рельефом – 0,9.

После получения оросительных норм для каждого поля севооборотного участка рассчитывают среднюю оросительную норму  $M_c$ , м<sup>3</sup>/га, по формуле [5]:

$$M_c = \frac{\sum_{i=1}^N M_i \omega_i}{\omega_y}, \quad (4)$$

где  $i$  – порядковый номер поля севооборотного участка;

$N$  – количество полей в севооборотном участке;

$M_i$  – оросительная норма для  $i$ -го поля севооборотного участка, м<sup>3</sup>/га;

$\omega_i$  – площадь  $i$ -го поля севооборотного участка;

$\omega_y$  – площадь севооборотного участка.

Лимит воды на орошение  $V_{л}$ , м<sup>3</sup>, получают по формуле [5]:

$$V_{л} = M_c \omega_y, \quad (5)$$

где  $\omega_y$  – площадь участка севооборота, га.

Режим орошения для выбранных сельскохозяйственных культур выбирается согласно рекомендациям, разработанным научно-исследовательскими учреждениями для соответствующего региона.

На основании рассчитанного лимита воды на орошение и принятого режима орошения определяют поливную норму  $m$ , очередность и продолжительность полива  $t$ .

Поливную норму устанавливают, исходя из условия доведения влажности в расчетном слое до наименьшей влагоемкости, в зависимости от водно-физических свойств почвы, рельефа, сельскохозяйственной культуры, выбранного способа и технологии полива по научно обоснованным рекомендациям, принятым в данном регионе.

Затем для каждого водовыдела вычисляют общий объем воды нетто  $V_H$ , м<sup>3</sup>, который необходимо подать непосредственно на орошение. Объем воды нетто  $V_H$ , м<sup>3</sup>, рассчитывается по формуле [5]:

$$V_H = \sum_{i=1}^N \omega_i m, \quad (6)$$

где  $m$  – принятая поливная норма, м<sup>3</sup>/га.

Соответствующий объему нетто расход воды нетто вычисляют по формуле [5], л/с:

$$Q_H = \frac{V_H}{86,4t}. \quad (7)$$

Далее рассчитывают необходимое количество дождевальных машин или других технических средств, необходимых для осуществления полива и необходимые расходы нетто с учетом их использования.



Количество дождевальных машин  $n_d$ , необходимых для каждой очереди полива, определяют по формуле [5]:

$$n_d = \frac{Q_H}{qK_M}, \quad (8)$$

где  $q$  – производительность дождевальной машины;

$K_M$  – коэффициент использования рабочего времени.

Коэффициент использования рабочего времени для расчета общего случая можно принять равным 0,8. Полученное по формуле (8) число дождевальных машин округляется до большего целого.

Расчетный расход воды нетто  $Q_{PH}$  с учетом использования дождевальной техники вычисляют по формуле [5], л/с:

$$Q_{PH} = n_d q K_M. \quad (9)$$

Затем по расчетному расходу воды нетто вычисляют расчетную продолжительность полива  $t_p$ , сут, [5]:

$$t_p = \frac{V_H}{86,4Q_{PH}}. \quad (10)$$

Для получения необходимого расхода воды в голове хозяйственного канала, т. е. в точке водовыдела необходимо знать КПД внутрихозяйственной сети. КПД внутрихозяйственной сети  $\eta_x$ , находят по формуле [5]:

$$\eta_x = \eta_{xp} \eta_y \quad (11)$$

КПД участковых каналов  $\eta_y$ , вычисляют по формуле [5]:

$$\eta_y = 1 - \frac{\sigma_B l_D}{100}, \quad (12)$$

где  $\sigma_B$  – процент потерь воды на 1 км участковых каналов, %;

$l_d$  – длина одновременно действующих каналов при поливе, км.

Длина одновременно действующих каналов при поливе  $l_d$ , км, вычисляется по формуле [5]:

$$l_d = K_H l, \quad (13)$$

где  $K_H$  – отношение одновременно работающих участковых каналов водопользователя к общей их длине;

$l$  – полная длина, участковых каналов, км.

Расход оросительной воды в голове участковых каналов  $Q_{vг}$ , л/с, рассчитывают по формуле [5]:

$$Q_{vг} = \frac{Q_M}{\eta_v}, \quad (14)$$

где  $Q_M$  – суммарный расход, работающих дождевальных машин, л/с.

КПД хозяйственного канала  $\eta_{хк}$  определяется по формуле [5]:

$$\eta_{хк} = \frac{Q_{г} - S}{Q_{г}} = \frac{Q_H}{Q_H + S}, \quad (15)$$

где  $Q_{г}$  – расход в голове хозяйственного канала (в точке водовыдела), л/с;

$S$  – потери воды в канале, л/с.

Потери воды в каналах можно определять из фактических данных прошлых лет либо из эмпирически рассчитанных соответствующих таблиц для данного типа канала по протяженности.

Расход в голове хозяйственного канала  $Q_{г}$ , л/с, в соответствии с зависимостью (15), вычисляют по формуле:

$$Q_{г} = Q_H + S. \quad (16)$$

КПД всей внутрихозяйственной сети либо участка соответствующего пути до определенной точки забора воды определяется произведением значений КПД всех участков канала данного пути.

Далее определяются расходы брутто, то есть расходы и объемы воды

за рассчитанную продолжительность полива в точке водовыдела. Расход воды брутто  $Q_B$ , л/с, рассчитывается по формуле [5]:

$$Q_B = \frac{Q_{PH}}{\eta_X}. \quad (17)$$

Внутрихозяйственный план рассчитывается на проведение круглосуточных поливов и подачу воды расходом, кратным числу поливных токов (числу работающих дождевальных или поливальных машин). Продолжительность и конец полива каждого поля определяется следующим расчетом.

Вначале определяют площадь, политую одной дождевальной машиной за сутки  $\omega_D$ , га, по формуле [5]:

$$\omega_D = \frac{86,4qK_M}{m}. \quad (18)$$

Затем находят площадь, политую всеми машинами за сутки  $F_{сут}$ , га:

$$F_{сут} = \omega_D n_D. \quad (19)$$

Продолжительность полива каждого поля  $t_{III}$ , сут., вычисляют по формуле [5]:

$$t_{III} = \frac{\omega_{II}}{F_{сут}}, \quad (20)$$

где  $\omega_{II}$  – площадь поля нетто, га.

Затем составляют график очередности полива и подачи воды на поля, на котором по горизонтальной оси откладывают время (начало и конец) поливов, по вертикальной – значения расходов.

График очередности полива и подачи воды составляется на весь период вегетации в соответствии с предполивными обработками. Учитываются промывные и влагозарядковые поливы.

Данный график сглаживают так, чтобы ординаты на протяжении всего оросительного периода были постоянны или незначительно отличались

одна от другой, а так же чтобы они не превышали пропускные способности соответствующих каналов и сооружений.

Сглаживание осуществляется за счет частичного изменения сроков и продолжительности поливов с соответствующим изменением расходов. При этом соблюдают следующие требования:

- общий назначенный расход для конкретного полива не изменяется;
- полив можно начать раньше назначенного срока на два – четыре дня;
- более поздние, чем в назначенный срок, поливы нежелательны (в крайнем случае, допускается смещение не более чем на одни – двое суток);
- среднюю дату полива можно изменить не более чем на трое – шесть суток;
- целесообразно заполнить все свободные от полива дни.

Используя полученные данные, формируют подекадный календарный план поливов для каждого водовыдела по форме А.2 (приложение А). В плане учитываются и потребности в воде на другие хозяйственные и коммунальные нужды водопользователя. План проведения поливов должен быть согласован с планом эксплуатационных мероприятий (ремонт каналов, сооружений, насосных станций и другого оборудования и инвентаря) и увязан с обеспеченностью водопользователя трудовыми и энергетическими ресурсами. Данные о планируемых работах представляются в виде календарного плана эксплуатационных мероприятий по форме А.3 (приложение А).

При составлении внутрихозяйственного плана водопользования должно учитываться наличие мелиоративной техники, обеспеченность водопользователя поливной техникой. Данные об укомплектованности водопользователя поливной техникой сводятся в соответствующую ведомость.

Общая площадь полива сельскохозяйственных культур и количество гектарополивов рассчитывается суммированием за каждую декаду, а затем нарастающим итогом за весь вегетационный период. Суммированием по декадам всех потребностей в воде находят средний расход воды брутто, который необходимо подать водопользователю. Затем общий объем воды, который необходимо подать к водовыделу с учетом расходов на хозяйственные и коммунальные нужды, сравнивают с лимитом воды, установленным для данного водопользователя. В случае их увязки план полива сельскохозяйственных культур и план подачи воды считается составленным.

В случае превышения лимитов внутрихозяйственный план дополнительно корректируется. Водопользователь либо меняет состав и план раз-

мещения сельскохозяйственных культур на орошаемых площадях, либо для некоторых культур планирует полив по урезанным оросительным нормам в соответствии с требованиями раздела 3. А затем вновь производит расчет внутриводопользовательского плана.

Данные, представленные в виде таблиц и форм приложения А, вместе с краткой пояснительной запиской представляют собой внутриводопользовательский план водопользования. В пояснительной записке указывается использование лимита оросительной воды и имеющиеся отклонения за вегетационный период с необходимым обоснованием, дается анализ мероприятий, предусмотренным в календарном плане эксплуатационных работ, указывается имеющаяся и требующаяся мелиоративная техника и инвентарь.

В случае необходимости в ходе консультаций происходит дополнительная корректировка внутриводопользовательских планов, пока не будет составлен оптимально сбалансированный системный план водопользования. При дефиците распределение воды в хозяйстве рекомендуется проводить по приоритетному принципу. Основные факторы, влиявшие на установление приоритета полива:

- фаза развития с.-х. культур;
- влагозапас в корнеобитаемом слое почвы;
- специализация хозяйства;
- политика управления.

Составленный таким образом внутриводопользовательский план водопользования в срок до середины февраля передается для согласования со специалистами учреждения по эксплуатации оросительной системы.

На основе внутриводопользовательских планов всех водопользователей специалистами учреждения по эксплуатации оросительной системы составляется системный план водопользования.

### **2.3 Формирование системного плана водопользования**

Системный план водопользования включает:

- ведомость расчетных расходов (горизонтов) источника орошения и возможных расходов в голове системы (форма Б.1, приложение Б);
- ведомость размещения сельскохозяйственных культур на землях водопользователя, обслуживаемых данной оросительной системой (форма Б.2, приложение Б);
- календарный план проведения поливов и подачи воды водопользователю.

вателям, обслуживаемым данной оросительной системой (форма Б.3, приложение Б);

- сводная ведомость водозабора, водоподдачи и полива сельскохозяйственных культур нарастающим итогом (форма Б.4, приложение Б),

- пояснительная записка, в которой указывается использование лимита системы на оросительную воду, особенности источника орошения на планируемый год и использование оросительной воды в системе, общую характеристику способов полива сельскохозяйственных культур.

Системный план водопользования составляется специалистами учреждения по эксплуатации оросительной системы с целью установления расходов, объемов и сроков подачи воды водопользователям, обслуживаемым данной оросительной системой.

Составление системного плана водопользования начинают с определения расчетных расходов (горизонтов) источника орошения. Режим источника орошения определяется расчетным путем, использованием исторических подекадных данных по его опорному гидрометрическому посту, приведенных к голове системы. Для расчета используются подекадные расчетные расходы года 50 %-ой обеспеченности. Для его нахождения необходимо:

- расположить величины декадных расходов воды в ряд в убывающем порядке от 1 до  $n$ -го числа (при числе лет, равном  $n$ );

- найти порядковый номер декады 50 %-ой обеспеченности по формуле [1]:

$$m = 0,5n + 0,5. \quad (21)$$

Если  $m$  получается не целым, его следует округлить до целого.

Расчеты составляются на каждую декаду для всего планируемого периода забора воды из источника орошения. По этим данным определяется возможная подекадная подача воды в голове магистральных каналов.

Для оросительных систем, водозабор которых больше зависит от горизонта воды в источнике орошения, определение расчетных расходов производится следующим образом:

- аналогично расчету режима источника, приведенному выше, наряду с установлением расчетных декадных расходов по опорному гидрометрическому посту, определяют соответственно и горизонты воды в водоемнике;

- расчетные декадные горизонты по опорному посту приводятся к горизонтам в голове магистрального канала способами, принятыми при гидрологических расчетах;

- по установленным расчетным декадным горизонтам воды и имеющейся зависимости расходов магистрального канала от горизонта воды в водоисточнике определяют расчетные расходы в магистральном канале по декадам планируемого периода.

Результаты расчета режима источника орошения и определения возможных расходов воды в голове системы сводятся в форму Б.1 (приложение Б).

Составление плана забора воды в систему начинается с систематизации данных внутриводхозяйственных планов о наличии орошаемых земель в разрезе водовыделов, путем формирования таблицы Б.1 (приложение Б).

Затем по имеющимся данным внутриводхозяйственных планов составляется ведомость размещения сельскохозяйственных культур по оросительной системе (форма Б.2, приложение Б). Систематизируя эти данные и данные внутриводхозяйственных календарных планов, приступают к составлению календарного плана проведения поливов и подачи воды водопользователям (форма Б.3, приложение Б).

Определение подачи возможных расходов (брутто) воды в оросительную систему производится с учетом величин КПД каналов.

В конечном итоге определяется общий водозабор в систему по декадам. Эти данные из формы Б.3 заносятся в графу 5 формы Б.1, и проводится увязка расходов (горизонтов) водоисточника с необходимым водозабором в систему.

Коэффициенты полезного действия каналов определяются по данным балансовой гидрометрии, полученным в результате фактических замеров расходов воды в течение вегетационного периода в соответствии с имеющимися стандартными методиками. На основе этих данных получают зависимости (графические или в табличной форме) величины потерь воды на фильтрацию в расчете на 1 км длины канала от его расхода. Кривые (или таблицы) зависимости величины потерь от расхода канала подлежат ежегодной корректировке, а в случае изменения условий фильтрации и накопления новых данных о величинах потерь – изменению [1].

При недостаточности данных о фактической величине потерь в открытой оросительной сети или же при их полном отсутствии подсчет потерь  $\sigma$ , % на 1 км канала, производится по эмпирической формуле А. Н. Костякова [1]:

$$\sigma = \frac{A}{Q^m}, \quad (22)$$

где  $A$  – коэффициент;

$m$  – показатель, зависящий от водопроницаемости грунта;

$Q$  – расход в голове участка, м<sup>3</sup>/с.

Значения коэффициента  $A$  и показателя, зависящего от водопроницаемости грунта  $m$  приводятся в таблице 2.

**Таблица 2 – Значения показателей  $A$  и  $m$  в зависимости от водопроницаемости грунта**

Показатели	Степень водопроницаемости		
	слабая	средняя	сильная
$m$	0,3	0,4	0,5
$A$	0,7	1,9	3,4

Отнесение грунтов к той или иной категории водопроницаемости следует устанавливать на основе имеющихся данных о фактических потерях, сопоставляя их с результатами подсчетов по формуле (22), которая применяется для условий свободной фильтрации, когда уровень грунтовых вод находится значительно ниже отметки дна канала.

Если имеется близкое стояние уровня грунтовых вод, то величина потерь определяется по данным фактических замеров. В случае отсутствия последних, величину потерь в канале  $Q_\phi$ , м<sup>3</sup>/(с км), можно определить ориентировочно по формуле С. Ф. Аверьянова [1]:

$$Q_\phi = 0,0116\alpha K_B (1 + 0,5 \frac{h_v}{B})(B + 2H)l, \quad (23)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий влияние подпора грунтовых вод;

$K_B$  – коэффициент водопроницаемости грунта с учетом защемленного воздуха;

$h_v$  – высота капиллярного поднятия, м;

$B$  – ширина зеркала канала, м;

$H$  – глубина воды, м;

$l$  – длина канала, м.

Коэффициент полезного действия для межхозяйственных каналов  $\eta$ , для участков между распределительными узлами и для системы каналов определяют по формуле [1]:



$$\eta = \frac{Q_k}{Q_k + S}, \quad (24)$$

где  $Q_k$  – расход воды в конце участка (канала), м<sup>3</sup>/с;  
 $S$  – потери воды на участке (канале), м<sup>3</sup>/с.

Потери воды складываются из потерь на фильтрацию, утечки через гидротехнические сооружения, непланируемых сбросов и испарений с водной поверхности.

Коэффициент полезного действия всей системы оросительных каналов  $\eta_{сис}$  определяется по зависимости [1]:

$$\eta_{сис} = \frac{\sum Q_H}{\sum Q_H + \sum S}, \quad (25)$$

где  $\sum Q_H$  – сумма расходов воды, которые нужно обеспечить водопользователю, м<sup>3</sup>/с;

$\sum S$  – сумма общих потерь на участках, м<sup>3</sup>/с.

Для определения коэффициента полезного действия оросительных каналов при непрерывной подаче воды по ним переменным током  $\eta_\alpha$ , можно пользоваться формулой С. Р. Оффенгендена [6]:

$$\eta_\alpha = \frac{\eta + \alpha^m - 1}{\alpha^m}, \quad (26)$$

где  $\eta$  – КПД канала или оросительной системы при максимальном расходе воды;

$\alpha$  – отношение расхода воды, для которого подсчитывается КПД, к максимальному расходу воды в канале или системе;

$m$  – показатель степени в формуле А. Н. Костякова.

По найденным значениям  $\eta_\alpha$  строят кривые зависимости  $\eta_{сис}$  от расхода  $Q_p$  для каждого участка канала и системы в целом.

Величина коэффициентов полезного действия магистральных, транспортирующих и распределительных трубопроводов на закрытых оросительных системах определяется по данным эксплуатационной гидрометрии на основании данных водоизмерительных приборов, расположенных в соответствующих точках оросительной сети и на дождевальных машинах, распределяющих оросительную воду по полям орошения.

Зная величину КПД каналов, определяют головной расход (брутто) в целом по системе. Данные заносят в графу 6 формы Б.1 и производят увязку баланса водораспределения. При этом полученные расходы (брутто) каналов увязывают с пропускной их способностью.

В процессе увязки водораспределения разрешается недобор воды в одну декаду компенсировать перебором в следующую смежную декаду. Величина перебора не должна превышать размеров возможной форсировки каналов системы.

Баланс водораспределения может считаться увязанным, если величина отклонения, выраженная в процентах от потребности, не будет превышать 5 % [1].

В случае недостатка воды в водоисточнике в размерах более 5 %, если недостача не может быть компенсирована в порядке, описанном выше, а также значительно завышенного планового забора воды из источника, увязка баланса производится за счет снижения водопотребления по формуле [1]:

$$Q'_{бр} = Q_{бр} \cdot Y \cdot \frac{\eta}{\eta_{\alpha}}, \quad (27)$$

где  $Q'_{бр}$ , – головной расход системы (канала) при уменьшенной подаче, м<sup>3</sup>/с;

$Q_{бр}$  – головной расход системы (канала) при нормальной подаче, м<sup>3</sup>/с;

$Y$  – коэффициент увязки, т. е. отношение возможного забора воды к необходимому расходу (брутто).

Имея уточненные данные, составляют сводную ведомость водозабора, водоподачи и поливов сельскохозяйственных культур по форме Б.4 (приложение Б). Окончательные данные по водораспределению сводят в календарный план проведения поливов (форма Б.5).

### **3 Методика корректировки объемов водоподачи на орошение сельскохозяйственных культур в разрезе водовыделов при уменьшении лимита водоподачи**

При составлении системного плана водопользования на оросительной системе и расчете баланса водораспределения специалисты учреждений по мелиорации зачастую сталкиваются с дефицитом водных ресурсов, вызванным превышением потребностей водопользователей над водностью

источника орошения или снижением пропускной способности гидротехнических сооружений и каналов оросительной сети. Также при реализации планов водопользования возможна ситуация, когда текущая водообеспеченность источника орошения оказывается ниже запланированной. Это может быть связано с ошибкой прогнозирования климатических условий на текущий год, хозяйственной деятельностью других участников водохозяйственного комплекса, так же использующих ресурсы источника орошения, и по ряду других причин. При этом возникает необходимость уменьшения лимитов подачи воды водопользователям таким образом, чтобы экономический ущерб от недополива сельскохозяйственных культур был минимальным. Для решения этой задачи в данной методике применен принцип, заключающийся в распределении водных ресурсов между конкурирующими сельскохозяйственными культурами при уменьшении общего лимита водоподдачи на водовыдел пропорционально их доле в стоимости прибавки урожайности от орошения на рассматриваемом водовыделе. Т. е. для культуры, которая дает максимальный экономический эффект при орошении на рассматриваемом водовыделе оросительная норма сокращается минимально. Для остальных культур оросительная норма сокращается в большем объеме пропорционально их доле в стоимости прибавки урожайности от орошения на рассматриваемом водовыделе.

Если на рассматриваемом водовыделе присутствует особо зависимая от орошения сельскохозяйственная культура рис, то возможно два подхода к корректировке объемов водоподдачи на орошение этой культуры.

Первый подход подразумевает, что рису отдается особое преимущество при распределении водных ресурсов. Для него оросительные нормы не сокращаются, так как рисовые оросительные системы рассчитываются на год 95 % обеспеченности, а прочие оросительные системы на год 75 % обеспеченности. Снижение водообеспеченности рисовых севооборотов допускается в годы 96–99 % обеспеченности на 30 %, что случается крайне редко. Поэтому снижение общего лимита водопотребления по водовыделу или пункту вододеления производится за счет прочих культур.

Согласно второму подходу объемы водоподдачи на орошение риса при дефиците водных ресурсов корректируются на общих основаниях в соответствии с его долей в стоимости прибавки урожайности от орошения на рассматриваемом водовыделе или узле вододеления. При этом скорректированный объем водоподдачи распределяется таким образом, чтобы оросительные нормы не уменьшались, а сокращение объема водоподдачи компенсировалось сокращением орошаемых площадей.

Выбор подхода для реализации на конкретном орошаемом массиве производится региональными государственными органами по управлению сельским хозяйством, водохозяйственным комплексом и оросительными системами.

Пусть имеется некоторый водовыдел, из которого орошается массив сельскохозяйственных культур, лимит водопотребления которых по тем или иным причинам необходимо урезать на определенную величину по сравнению с ранее запланированной. Расчет начинается с определения количества и состава культур, обслуживаемых рассматриваемым водовыделом, на котором необходимо уменьшить запланированный ранее лимит водопотребления. Информация о количестве, составе, занимаемых площадях и оросительной норме культур принимается из календарного плана проведения поливов в разрезе водовыделов, форма которого представлено в приложении Б.5. Также на данном этапе должны быть спрогнозированы урожайность каждой культуры на богаре, при орошении и цена реализации планируемой сельскохозяйственной продукции. Цену реализации кормовых культур (люцерна, травосмеси, кукуруза на силос) целесообразно принимать в пересчете на молоко и мясо, которое можно получить при реализации полученных кормов. В противном случае экономическая эффективность кормопроизводства окажется сильно заниженной, что повлечет за собой максимальное уменьшение объемов водоподдачи на орошение этих культур.

Далее определяется прибавка урожайности от орошения сельскохозяйственных культур  $\Pi_{opi}$ , т/га, данного водовыдела как разница между урожайностью при орошении и на богаре:

$$\Pi_{opi} = Y_{oi} - Y_{\bar{oi}}, \quad i = \overline{1, n} \quad (28)$$

где  $Y_{oi}$  – урожайность  $i$ -й культуры при орошении, т/га;

$Y_{\bar{oi}}$  – урожайность  $i$ -й культуры на богаре, т/га;

$n$  – количество культур, орошаемых с рассматриваемого водовыдела.

Умножив прибавку урожайности от орошения  $\Pi_{opi}$ , т/га, на цену реализации полученной сельскохозяйственной продукции  $\Pi_i$ , тыс. руб., определим стоимость прибавки урожайности  $i$ -й культуры  $C_{osi}$ , тыс. руб./га:

$$C_{osi} = \Pi_{opi} \Pi_i, \quad (29)$$

Далее определяем стоимость прибавки урожайности от орошения  $i$ -й культуры от подачи  $1 \text{ м}^3$  оросительной воды  $C_{owi}$ , руб./ $\text{м}^3$ :

$$C_{owi} = \frac{C_{osi}}{M_i}, \quad (30)$$

где  $M_i$  – оросительная норма  $i$ -й культуры, тыс.  $\text{м}^3/\text{га}$ .

Для дальнейших расчетов необходимо привести полученные значения стоимости прибавки урожайности от орошения  $i$ -й культуры от подачи  $1 \text{ м}^3$  оросительной воды в доли единицы от общей стоимости прибавки от орошения на рассматриваемом массиве. Для этого определяется коэффициент  $K_{1i}$ :

$$K_{1i} = \frac{C_{owi}}{\sum_{i=1}^n C_{owi}}, \quad (31)$$

где  $K_{1i}$  – коэффициент, отражающий долю стоимости прибавки урожайности  $i$ -й культуры от общей стоимости прибавки от орошения на рассматриваемом массиве.

Полученный коэффициент отражает на сколько экономически эффективно используется оросительная вода при возделывании  $i$ -й культуры рассматриваемого водовыдела по отношению к другим культурам рассматриваемого массива. Соответственно для получения наибольшего эффекта от подачи оросительной воды объем снижения лимита водопотребления по водовыделу в целом необходимо распределить между культурами массива таким образом, что бы оросительные нормы наиболее эффективных при орошении культур урезать минимально, а менее эффективных на орошении максимально. Выполнить указанное условие можно путем распределения объема воды, на который необходимо уменьшить лимит водопотребления, между конкурирующими культурами обратно-пропорционально коэффициенту  $K_{1i}$ . Для этого необходимо рассчитать коэффициент  $K_{2i}$  по следующей зависимости:

$$K_{2i} = \frac{1}{K_{1i} \sum_{i=1}^n \frac{1}{K_{1i}}}, \quad (32)$$

где  $K_{2i}$  – коэффициент, обратно пропорциональный  $K_{1i}$ , отражающий долю  $i$ -й культуры от общего объема снижения лимита оросительной воды на рассматриваемом массиве.

Следовательно, объем водоподачи на орошение  $i$ -й культуры в рассматриваемом массиве для сниженного лимита водоподачи в рассматриваемый водовыдел определится по зависимости:

$$W_{ZLi} = W_{Li} - \sum_{i=1}^n W_{Li} (1 - Z) K_{2i} \quad (33)$$

где  $W_{ZLi}$  – откорректированный объем водоподачи на орошение  $i$ -й культуры для лимита водоподачи на водовыдел, скорректированного на коэффициент  $Z$ , м<sup>3</sup>;

$Z$  – коэффициент снижения лимита водоподачи на водовыдел, измеряется в долях от единицы, (например, при снижении на 10 % –  $Z = 0,9$ , на 20 % –  $Z = 0,8$ , на 30 % –  $Z = 0,7$ );

$W_{Li}$  – объем водоподачи на орошение  $i$ -й культуры в рассматриваемом массиве для запланированного объема водоподачи на рассматриваемый водовыдел, определяемый по зависимости, м<sup>3</sup>:

$$W_{Li} = S_i M_i, \quad (34)$$

$S_i$  – площадь, занимаемая  $i$ -й культурой, га.

Так при снижении лимита водоподачи на водовыдел:

- на 10 % зависимость (33) примет вид:

$$W_{0,9Li} = W_{Li} - \sum_{i=1}^n W_{Li} 0,1K_{2i}, \quad (35)$$

- на 20 %:

$$W_{0,8Li} = W_{Li} - \sum_{i=1}^n W_{Li} 0,2K_{2i}, \quad (36)$$

- на 30 %:

$$W_{0,7Li} = W_{Li} - \sum_{i=1}^n W_{Li} 0,3K_{2i}. \quad (37)$$

Имея откорректированный объем водоподачи  $i$ -й культуры и площадь, занятую культурой в рассматриваемом массиве, определяем соответствующую этому объему водоподачи оросительную норму  $i$ -й культуры:

$$M_{zLi} = \frac{W_{zLi}}{S_i}, \quad (38)$$

где  $M_{zLi}$  – скорректированная в соответствии с дефицитом водных ресурсов поливная норма  $i$ -й культуры, м<sup>3</sup>/га.

При корректировке объемов водоподачи на орошение риса на общих основаниях сокращение объема водоподачи компенсируется сокращением орошаемых площадей. Скорректированная площадь орошения риса  $S_{zL}$ , га, определяется по зависимости:

$$S_{zL} = \frac{W_{zL}}{W_L} S_L, \quad (39)$$

где  $S_L$  – планируемая орошаемая площадь риса, га.

Примеры корректировки объемов водоподачи на орошение сельскохозяйственных культур при уменьшении лимита водоподачи представлены в приложении В. Таблица В.1 содержит расчет для массива, не включающего рисовые севообороты. В таблице В.2 представлен пример расчета для массива, включающего рисовые севообороты, объем водоподачи на которые корректируется на общих основаниях. При корректировке объемов водоподачи на орошение сельскохозяйственных культур массива, содержащего рисовые севообороты, для которых объемы водоподачи не сокращаются, снижение общего лимита водопотребления по водовыделу или пункту вододеления производится за счет прочих культур в соответствии с примером, представленным в таблице В.1.

## Заключение

Методические указания регламентируют процесс определения и уточнения объемов, порядка и сроков подачи воды водопользователям на оросительных системах при наличии дефицита водных ресурсов и в связи с этим содержат:

- технологию планирования водопользования на оросительных системах, включающую последовательность действий участников процесса планирования водопользования и указания по их реализации;
- формы документов, представляющие собой внутриводопользовательный и системный планы водопользования и указания по их формированию;
- методику корректировки объемов водоподдачи на орошение сельскохозяйственных культур в разрезе водовыделов при уменьшении лимита водоподдачи и примеры расчета.

Разработанные методические указания предназначены для нормативно-методического обеспечения подведомственных Департаменту мелиорации Минсельхоза России учреждений и организаций, действующих в сфере эксплуатации оросительных систем, а также других заинтересованных юридических и физических лиц. Методические указания могут быть использованы для обеспечения деятельности специалистов хозяйств и региональных государственных учреждений мелиорации по составлению и корректировке годовых внутриводопользовательного и системного планов водопользования на оросительных системах. Применение объекта разработки должно повысить эффективность использования водных ресурсов в условиях превышения потребностей водопользователей над водностью источника орошения.

Разработанные методические указания отличаются от аналогов тем, что для них разработана методика корректировки объемов водоподдачи на орошение сельскохозяйственных культур при возникновении дефицита водных ресурсов, положения которой базируются на принципе распределения водных ресурсов между конкурирующими сельскохозяйственными культурами при уменьшении общего лимита водоподдачи на водовыдел пропорционально их доле в стоимости прибавки урожайности от орошения на рассматриваемом водовыделе.



## Список использованных источников

- 1 Временные рекомендации по составлению и реализации планов водопользования на оросительных системах Ростовской области / В. И. Ольгаренко [и др.]. – Коломна: Инлайт, 2009. – 104 с.
- 2 Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, С. М. Васильев, А. А. Чураев. – В 2 ч. – Ч.1. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – 283 с.
- 3 Водный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ: по состоянию на 28 июля 2014 г. // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2014.
- 4 Проблемы и перспективы использования водных ресурсов в агропромышленном комплексе России: монография / под общ. ред. В. Н. Щедрина. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2009. – 342 с.
- 5 Ольгаренко, В. И. Эксплуатация гидромелиоративных систем / П. А. Волковский, В. С. Станкевич, Б. М. Пакшин. – М.: Колос, 1980. – 352 с.
- 6 Оффенгенден, С. Р. Эксплуатация гидромелиоративных систем / С. Р. Оффенгенден, А. Д. Панадиади, А. Ф. Радько. – М.: Колос, 1972. – 98 с.

## Приложение А

### Таблицы и формы внутрихозяйственного плана водопользования

**Таблица А.1 – Наличие орошаемых земель и планируемое их использование в разрезе водовыделов хозяйства-водопользователя**

Шифр канала	Площадь орошения нетто, га	Из них намечается к использованию, га	Не подлежат использованию, га				Не будет полито сельскохозяйственных угодий, га					Кроме того лиманного орошения			
			Всего	В том числе по причинам			Всего	В том числе по причинам				Всего	В том числе		
				Реконструкция и планировка	Заболачивание и засоление	Ввод земель в эксплуатацию после окончательного сева		Неисправности внутрихозяйственной сети	Отсутствие планировки	Недостаток воды водоисточника	Близкое залегание грунтовых вод		Прочие	Намечается использовать	Намечается затопить
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Итого															

**Таблица А.2 – Сведения о внутрихозяйственной оросительной сети хозяйства-водопользователя**

Шифр канала	Общая длина, канала, км	Пропускная способность канала, л/с	Наличие тип и место установки водомера	Потери в л/с на 1 п.км	Коэффициент полезного действия канала	Общая орошаемая площадь, подвешенная к каналу, га	В том числе регулярного орошения, га	Размер поливной площади на текущий год, га	№ полей и наименование севооборотов подвешенных к каналу
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10



**Календарный план**  
**проведения поливов в разрезе водовыделов \_\_\_\_\_ хозяйства**  
**района на 20\_\_ год \_\_\_\_\_ оросительной системы**

№ п/п	Наименование культур, показатели	Орошаемая площадь		Способы полива		Число поливов	Поливная норма, м <sup>3</sup> /га	Гектаро-поливы	Показатели	Месяцы																							
		посев	полив	руч.	мех.					апрель			май			июнь			июль			август			сентябрь			октябрь					
										1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
1	Зерновые (всего)								номер полива																								
									физ. площадь																								
									га-поливы																								
									водопотребл, тыс.м <sup>3</sup>																								
	В т.ч. озимые								номер полива																								
									физ. площадь																								
									га-поливы																								
									водопотребл, тыс.м <sup>3</sup>																								

**Продолжение формы А.2**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31							
	яровые								номер полива																												
									физ. площадь																												
									га-поливов																												
									водопотребл, тыс.м <sup>3</sup>																												
12	Общая поливная площадь								за декаду																												
									нарастающим итогом																												
13	Гектарополивов, га								за декаду																												
									нарастающим итогом																												
14	Общее водопотребление (нетто), тыс. м <sup>3</sup>								за декаду																												
									нарастающим итогом																												

**Продолжение формы А.2**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
15	КПД																													
16	Водоподача на хозяйственные нужды								за декаду																					
									нарастающим итогом																					
17	Суммарное водопотребление (брутто), тыс. м <sup>3</sup>								за декаду																					
									нарастающим итогом																					
18	Расход средний за декаду, м <sup>3</sup> /с																													
19	Потребное количество машин за смену, ед.								за декаду																					
									нарастающим итогом																					
20	Потребное количество поливальщиков, чел.								за декаду																					
									нарастающим итогом																					





План-заявка

на подачу воды хозяйству \_\_\_\_\_ района \_\_\_\_\_ области на 20\_\_ год

Наименование межхозяйственного канала	Хозяйственный выдел		Подлежат поливу за декаду								План работы за декаду		
	Шифр канала	Нормальный расход, м <sup>3</sup> /с	Наименование с.-х. культур или многолетних насаждений	№№ полей севооборота	Подлежит поливу по годовому плану	Фактический план полива за декаду	В т.ч. первым поливом	Поливная норма, м <sup>3</sup> /га	КПД хозяйства	Требуется подать воды в точке водовыдела за декаду, тыс.м <sup>3</sup>	Дата	Часы	Расход воды м <sup>3</sup> /с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14



## Приложение Б

### Таблицы и формы системного плана водопользования

**Таблица Б.1 – Наличие орошаемых земель и планируемое их использование по \_\_\_\_\_ оросительной системе 20\_\_ году, (га)**

Наименование хозяйств и районов	Наличие земель	Из них намечается		Не подлежит использованию		Не будет полито используемых с.-х. угодий					Кроме того, лиманное орошение на госсистемах	В том числе			
		к использованию	к поливу	всего	в т. ч. по причинам		всего	в том числе					затапливается	используется	
					заблоченность, засорение	ввод земель в эксплуатацию после реконструкции		неисправность межхозяйственной сети	неисправность внутренней сети	отсутствие планировки		недостаток воды в водосточнике			близкое залегание грунтовых вод
Итого															

**Ведомость**  
**расчетных расходов (горизонтов) источника орошения**  
 \_\_\_\_\_ по \_\_\_\_\_ гидрометрическому посту и  
**возможный расход в голове \_\_\_\_\_ оросительной системы на период с \_\_\_\_\_ по \_\_\_\_\_ 20\_\_ года**

Период подачи		Характеристика источника орошения			Необходимые расходы в голове магистрального канала по плану распределения, м <sup>3</sup> /с	Разница между необходимыми расходами и возможной подачей	
Месяцы	Декады	Водоносность, м <sup>3</sup> /с	Горизонты, м	Возможная подача в систему из источника орошения, м <sup>3</sup> /с		м <sup>3</sup> /с	%
Апрель	I						
	II						
	III						
Май	I						
	II						
	III						
Июнь	I						
	II						
	III						
Июль	I						
	II						
	III						
Август	I						
	II						
	III						
Сентябрь	I						
	II						
	III						

Ведомость

размещения сельскохозяйственных культур на \_\_\_\_\_ оросительной системе \_\_\_\_\_ области  
за период с \_\_\_\_\_ по \_\_\_\_\_ 20\_\_ года (в гектарах)

Хозяйства, районы, ведомства	Наименование культур																										
	Зерновые												Технические						Овощи		Бахчевые		Кормовые				
	всего		в том числе										всего		в том числе					всего							
			озимые		яровые		рис		кукуруза		прочие				сахарная свекла	подсолнечник						прочие					
посев	полив	посев	полив	посев	полив	посев	полив	посев	полив	посев	полив	посев	полив	посев	полив	посев	полив	посев	полив	посев	полив	посев	полив	посев	полив	посев	полив
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
Итого по каналу																											
Итого по участку																											
Итого по системе																											

Продолжение формы Б.2

Наименование культуры																														
Кормовые								Многолетние насаждения								Прочие с.-х. культуры		Пары, плантаж		пастбища		пожнивные		всего		вагозарядка		Кроме того лиманного орошения		
в том числе				В том числе																										
многолетние травы		однолетние травы		кукуруза на силос		прочие		всего		сады		виноградники		прочие																
посев	полив	посев	полив	посев	полив	посев	полив	посев	полив	посев	полив	посев	полив	посев	полив	посев	полив	посев	полив	посев	полив	посев	полив	посев	полив	посев	полив			
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	



**Сводная ведомость  
водозабора, водоподачи и полива сельскохозяйственных культур на 20\_\_ год (нарастающим итогом)**

Показатели	Январь	Февраль	Март	Апрель			Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь			Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Итого
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1 Суммарный забор воды в систему из источника орошения, тыс. м <sup>3</sup>																									
нарастающим итогом, тыс. м <sup>3</sup>																									
2 Расход, м <sup>3</sup> /с																									
нарастающим итогом, м <sup>3</sup> /с																									
в том числе повторного использования, м <sup>3</sup> /с																									
3 Суммарная подача воды в пунктах выдела хозяйствам, тыс. м <sup>3</sup>																									
нарастающим итогом, тыс. м <sup>3</sup>																									
в том числе, тыс. м <sup>3</sup> :																									
а) на орошение																									
нарастающим итогом																									
б) на обводнение																									
нарастающим итогом																									



Продолжение формы Б.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
в) на хознужды и замочку каналов																									
нарастающим итогом																									
г) потери воды на фильтрацию																									
д) КПД в.-х. сети																									
4. Суммарная подача воды из магистральных и межхозяйственных каналов, тыс. м <sup>3</sup>																									
нарастающим итогом																									
в том числе, тыс. м <sup>3</sup> :																									
а) в пунктах выдела хозяйства:																									
нарастающим итогом																									
б) на подпитывание рек и водохранилищ																									
нарастающим итогом																									
в) на замочку и заполнение магистральных и межхозяйственных каналов																									
нарастающим итогом																									
г) на опробование принимаемых в эксплуатацию межхозяйственных каналов и насосных станций																									
нарастающим итогом																									

Продолжение формы Б.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
д) вынужденные сбросы на межхозяйственных каналах для поддержания горизонтов																									
нарастающим итогом																									
5 Суммарная водоподача на все нужды (без потерь), тыс. м <sup>3</sup>																									
нарастающим итогом																									
6 Потери на фильтрацию и испарение в магистральных и межхозяйственных каналах, тыс. м <sup>3</sup>																									
нарастающим итогом																									
7 КПД																									
8 Полив физической площади, га																									
нарастающим итогом																									
9 . Полив всех культур в вегетационный период, га пол.																									
нарастающим итогом																									
10 Кроме того, лиманное орошение, га																									
нарастающим итогом																									

Продолжение формы Б.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
11 Кроме того влаго- зарядковые поливы, га																									
нарастающим итогом																									
12 Средняя поливная норма (вегетц.), м <sup>3</sup> /га																									
13 Средняя вегетаци- онная оросительная норма, м <sup>3</sup> /га																									
14 КПД системы																									

Календарный план

проведения поливов в разрезе водовыделов \_\_\_\_\_ оросительной системы на 20\_\_ год

№ п/п	Наименование культур, показатели	Орошаемая площадь		Способы полива		Число поливов	Поливная норма, м <sup>3</sup> /га	Гектаро-полив	Показатели	Месяцы																				
		посев	полив	руч.	мех.					апрель			май			июнь			июль			август			сентябрь			октябрь		
										1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	Зерновые (всего)								номер полива																					
		физ. площадь																												
		га-полив																												
		водопотребл, тыс.м <sup>3</sup>																												
	В т. ч. озимые	номер полива																												
		физ. площадь																												
		га-полив																												
		водопотребл, тыс.м <sup>3</sup>																												

Продолжение формы Б.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31								
	яровые								номер полива																													
									физ. площадь																													
									га-поливов																													
									водопотребл, тыс.м <sup>3</sup>																													
12	Общая поливная площадь								за декаду																													
									нарастающим итогом																													
13	Гектарополивы, га								за декаду																													
									нарастающим итогом																													
14	Общее водопотребление (нетто), тыс. м <sup>3</sup>								за декаду																													
									нарастающим итогом																													

Продолжение формы Б.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
15	КПД																													
16	Водоподача на хозяйственные нужды								за декаду																					
									нарастающим итогом																					
17	Суммарное водопотребление (брутто), тыс. м <sup>3</sup>								за декаду																					
									нарастающим итогом																					
18	Расход средний за декаду, м <sup>3</sup> /с																													
19	Потребное количество машин за смену, ед.								за декаду																					
									нарастающим итогом																					
20	Потребное количество поливальщиков, чел.								за декаду																					
									нарастающим итогом																					

## Приложение В

### Пример корректировки объемов водоподачи на орошение сельскохозяйственных культур при уменьшении лимита водоподачи

Пусть имеется некоторый водовыдел, из которого орошается массив сельскохозяйственных культур, лимит водопотребления которых по тем или иным причинам необходимо урезать на определенную величину по сравнению с ранее запланированной. Расчет произведем для лимита водоподачи, урезанного на 10, 20 и 30 %. На практике информация о количестве, составе, занимаемых площадях и оросительной норме культур принимается из календарного плана проведения поливов в разрезе водовыделов, форма которого представленного в приложении Б.5. Для целей примера подобран набор культур, характерный для Ростовской области. Рассмотрим три варианта орошаемых массивов:

- первый – без рисовых севооборотов (таблица В.1);
- второй – с рисовыми севооборотами, объем водоподачи на которые корректируется на общих основаниях (таблица В.2);
- третий – с рисовыми севооборотами, объем водоподачи на которые не сокращается. При корректировке объемов водоподачи на орошение сельскохозяйственных культур массива, содержащего рисовые севообороты, для которых объемы водоподачи не сокращаются, снижение общего лимита водопотребления по водовыделу или пункту вододеления производится за счет прочих культур в соответствии с примером, представленным в таблице В.1.

Для расчета необходимо спрогнозировать урожайность сельскохозяйственных культур на богаре и на орошении и стоимость полученной сельскохозяйственной продукции. В данном примере урожайности культур были приняты из отчета ЮЖГИПРОВОДХОЗА «Средняя проектная урожайность основных орошаемых сельхозкультур по районам Ростовской области на период 1990, 1995, 2000 с прогнозом до 2010».

Расчет корректировки объемов водоподачи удобно проводить в табличной форме. В столбец 1 заносим перечень культур, орошаемых на рассматриваемом водовыделе. Также заносим в таблицу по каждой культуре:

- урожайность на богаре  $Y_{oi}$  – 2 столбец;
- урожайность при орошении  $Y_{oi}$  – 3 столбец;
- цена реализации полученной сельскохозяйственной продукции  $C_i$  – 5 столбец;

**Таблица В.1 – Расчет корректировки объемов водоподачи на орошение сельскохозяйственных культур при уменьшении лимита водоподачи (без риса)**

Культура	$У_{\delta}$ , т/га	$У_{o}$ , т/га	$П_{op}$ , т/га	$Ц$ , тыс. руб./т	$C_{os}$ , тыс. руб./га	$M$ , тыс. м <sup>3</sup> /га	$C_{ow}$ , руб./м <sup>3</sup>	$K_1$	$1/K_1$	$K_2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кукуруза на зерно	2,60	6,30	3,70	5,50	20,35	5,60	3,63	0,010	98,79	0,069
Озимая пшеница	1,10	2,70	1,60	4,10	6,56	3,87	1,70	0,005	211,79	0,147
Яровой ячмень	2,10	4,60	2,50	4,10	10,25	3,87	2,65	0,007	135,54	0,094
Сорго	0,70	1,20	0,50	30,00	15,00	3,90	3,85	0,011	93,34	0,065
Томат	16,10	34,10	18,00	52,60	946,80	4,25	222,78	0,621	1,61	0,001
Картофель	12,40	23,00	10,60	9,50	100,70	4,25	23,69	0,066	15,15	0,011
Капуста	24,10	42,40	18,30	11,10	203,13	4,25	47,80	0,133	7,51	0,005
Лук	8,00	15,00	7,00	12,00	84,00	4,25	19,76	0,055	18,16	0,013
Люцерна	1,30	5,20	3,90	2,10	8,19	6,61	1,24	0,003	289,74	0,201
Кукуруза на силос	9,20	34,60	25,40	2,50	63,50	4,66	13,63	0,038	26,35	0,018
Травосмеси	1,30	5,20	3,90	2,10	8,19	6,61	1,24	0,003	289,74	0,201
Сахарная свекла	18,70	39,70	21,00	1,60	33,60	4,25	7,91	0,022	45,41	0,032
Соя	1,10	2,50	1,40	16,00	22,40	3,30	6,79	0,019	52,89	0,037
Лен	0,60	1,10	0,50	15,00	7,50	3,20	2,34	0,007	153,17	0,106
итого	–	–	–	–	1530,17	–	359,00	1,000	1439,19	1,000



Продолжение таблицы В.1

S, га	Лимит							
	L		0,9L		0,8L		0,7L	
	W, тыс. м <sup>3</sup>	M, тыс. м <sup>3</sup> /га	W, тыс. м <sup>3</sup>	M, тыс. м <sup>3</sup> /га	W, тыс. м <sup>3</sup>	M, тыс. м <sup>3</sup> /га	W, тыс. м <sup>3</sup>	M, тыс. м <sup>3</sup> /га
12	13	14	15	16	17	18	19	20
150	840,00	5,60	785,88	5,24	731,76	4,88	677,64	4,52
180	696,60	3,87	580,58	3,23	464,56	2,58	348,54	1,94
75	290,25	3,87	216,00	2,88	141,74	1,89	67,49	0,90
60	234,00	3,90	182,87	3,05	131,73	2,20	80,60	1,34
75	318,75	4,25	317,87	4,24	316,98	4,23	316,10	4,21
300	1275,00	4,25	1266,70	4,22	1258,40	4,19	1250,10	4,17
230	977,50	4,25	973,39	4,23	969,27	4,21	965,16	4,20
150	637,50	4,25	627,55	4,18	617,60	4,12	607,65	4,05
100	661,00	6,61	502,28	5,02	343,55	3,44	184,83	1,85
92	428,72	4,66	414,29	4,50	399,86	4,35	385,42	4,19
112	740,32	6,61	581,60	5,19	422,87	3,78	264,15	2,36
48	204,00	4,25	179,12	3,73	154,25	3,21	129,37	2,70
45	148,50	3,30	119,53	2,66	90,55	2,01	61,58	1,37
135	432,00	3,20	348,09	2,58	264,18	1,96	180,27	1,34
1752	7884,14	–	7095,73	–	6307,31	–	5518,90	–

**Таблица В.2 – Расчет корректировки объемов водоподачи на орошение сельскохозяйственных культур при уменьшении лимита водоподачи (с рисовыми севооборотами, объем водоподачи на которые корректируется на общих основаниях)**

Культура	$У_{\delta}$ , т/га	$У_{o}$ , т/га	$П_{op}$ , т/га	$Ц$ , тыс. руб./т	$C_{os}$ , тыс. руб./га	$M$ , тыс. м <sup>3</sup> /га	$C_{ow}$ , руб./м <sup>3</sup>	$K_1$	$1/K_1$	$K_2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
рис	0	4,6	4,60	16	73,60	20	3,68	0,010	98,55	0,063
кукуруза на зерно	2,60	6,30	3,70	5,50	20,35	5,60	3,63	0,010	99,80	0,064
озимая пшеница	1,10	2,70	1,60	4,10	6,56	3,87	1,70	0,005	213,96	0,138
яровой ячмень	2,10	4,60	2,50	4,10	10,25	3,87	2,65	0,007	136,93	0,088
сорго	0,70	1,20	0,50	30,00	15,00	3,90	3,85	0,011	94,30	0,061
томат	16,10	34,10	18,00	52,60	946,80	4,25	222,78	0,614	1,63	0,001
картофель	12,40	23,00	10,60	9,50	100,70	4,25	23,69	0,065	15,31	0,010
капуста	24,10	42,40	18,30	11,10	203,13	4,25	47,80	0,132	7,59	0,005
лук	8,00	15,00	7,00	12,00	84,00	4,25	19,76	0,054	18,35	0,012
люцерна	1,30	5,20	3,90	2,10	8,19	6,61	1,24	0,003	292,71	0,189
кукуруза на силос	9,20	34,60	25,40	2,50	63,50	4,66	13,63	0,038	26,62	0,017
травосмеси	1,30	5,20	3,90	2,10	8,19	6,61	1,24	0,003	292,71	0,189
сахарная свекла	18,70	39,70	21,00	1,60	33,60	4,25	7,91	0,022	45,87	0,030
соя	1,10	2,50	1,40	16,00	22,40	3,30	6,79	0,019	53,43	0,034
лен	0,60	1,10	0,50	15,00	7,50	3,20	2,34	0,006	154,74	0,100
ИТОГО	–	–	–	–	1603,77	–	362,68	1,000	1552,49	1,000

Продолжение таблицы В.2

S, га	Лимит							
	L		0,9L		0,8L		0,7L	
	W, тыс. м <sup>3</sup>	S, га (рис)	W, тыс. м <sup>3</sup>	S, га (рис)	W, тыс. м <sup>3</sup>	S, га (рис)	W, тыс. м <sup>3</sup>	S, га (рис)
		M, тыс. м <sup>3</sup> /га (прочие)		M, тыс. м <sup>3</sup> /га (прочие)		M, тыс. м <sup>3</sup> /га (прочие)		M, тыс. м <sup>3</sup> /га (прочие)
12	13	14	15	16	17	18	19	20
80,00	1600,00	80,00	1539,79	76,99	1479,59	73,98	1419,38	70,97
150,00	840,00	5,60	779,03	5,19	718,06	4,79	657,09	4,38
180,00	696,60	3,87	565,89	3,14	435,19	2,42	304,48	1,69
75,00	290,25	3,87	206,60	2,75	122,95	1,64	39,30	0,52
60,00	234,00	3,90	176,39	2,94	118,79	1,98	61,18	1,02
75,00	318,75	4,25	317,76	4,24	316,76	4,22	315,77	4,21
300,00	1275,00	4,25	1265,65	4,22	1256,30	4,19	1246,95	4,16
230,00	977,50	4,25	972,86	4,23	968,23	4,21	963,59	4,19
150,00	637,50	4,25	626,29	4,18	615,08	4,10	603,87	4,03
100,00	661,00	6,61	482,18	4,82	303,37	3,03	124,55	1,25
92,00	428,72	4,66	412,46	4,48	396,20	4,31	379,94	4,13
112,00	740,32	6,61	561,50	5,01	382,69	3,42	203,87	1,82
48,00	204,00	4,25	175,98	3,67	147,95	3,08	119,93	2,50
45,00	148,50	3,30	115,86	2,57	83,22	1,85	50,58	1,12
135,00	432,00	3,20	337,47	2,50	242,94	1,80	148,41	1,10
1832,00	9484,14	–	8535,73	–	7587,31	–	6638,90	–

- оросительную норму  $P_i$  – 7 столбец;
- площадь, занимаемую культурой  $S_i$  – 12 столбец.

Далее по зависимости (28) определяется прибавка урожайности от орошения сельскохозяйственных культур данного водовыдела  $\Pi_{opi}$ , как разница между урожайностью при орошении и на богаре, и заносится в столбец 4.

Умножив прибавку урожайности от орошения на цену реализации полученной сельскохозяйственной продукции по зависимости (29) определим стоимость прибавки урожайности с одного гектара для каждой культуры  $C_{osi}$  и занесем в столбец 6.

Зная поливную норму по зависимости (30) определяем стоимость прибавки урожайности от подачи  $1 \text{ м}^3$  оросительной воды  $C_{ovi}$  и заносим в столбец 8.

Далее определяем коэффициент  $K_{1i}$ , отражающий долю стоимости прибавки урожайности  $i$ -й культуры от общей стоимости прибавки от орошения на рассматриваемом массиве по зависимости (31) и заносим в столбец 9.

Для удобства расчета в столбец 10 занесем значения  $\frac{1}{K_1}$ .

Далее по зависимости (32) определяем коэффициент  $K_{2i}$ , обратно пропорциональный  $K_{1i}$ , отражающий долю  $i$ -й культуры от общего объема снижения лимита оросительной воды на рассматриваемом массиве и результаты заносим в столбец 11.

Объем водоподдачи на орошение  $i$ -й культуры в рассматриваемом массиве для сниженного лимита водоподдачи в рассматриваемый водовыдел  $W_{zLi}$  определится по зависимостям (35), (36), (37). Результаты заносим соответственно в столбцы 15, 17, 19.

Имея откорректированный объем водоподдачи  $i$ -й культуры и площадь, занятую культурой в рассматриваемом массиве, определяем соответствующую этому объему водоподдачи поливную норму  $P_{zLi}$   $i$ -й культуры по зависимости (38) и заносим в 16, 18 и 20 столбцы таблицы В.1.

Для риса сокращение объемов водоподдачи производим не за счет уменьшения оросительной нормы, а за счет уменьшения орошаемых площадей. Поэтому для риса имея откорректированный объем водоподдачи определяем скорректированную в соответствии с дефицитом водных ресурсов орошаемую площадь по зависимости (39) и заносим 16, 18 и 20 столбцы таблицы В.2.

В результате проведенных в таблицах В.1 и В.2 расчетов получены откорректированные объемы водоподачи, площади орошения риса и оросительные нормы прочих культур рассматриваемого массива при снижении лимита водоподачи на водовыдел или узел вододеления на 10, 20 и 30 %.