

## Лекция №11

### РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ СПОСОБЫ И ТЕХНОЛОГИИ ОРОШЕНИЯ.

1. Дождевание.
2. Внутрипочвенное орошение, условия применения и виды систем внутрипочвенного орошения.
3. Капельное орошение, сущность и возможность применения.
4. Перспективы развития и применения новых способов и технологий орошения.

#### Вопрос 1

Из существующих способов орошения (мелкодисперсное, дождевание, поверхностное, внутрипочвенное, субиригация) основным и наиболее перспективным способом орошения сельскохозяйственных культур в зоне неустойчивого увлажнения является дождевание. Возникновению полива дождеванием способствовало стремление воспроизвести в той или иной степени естественный дождь. При этом способе оросительная вода с помощью разбрызгивающих аппаратов или дождевальных машин выбрасывается в воздух и падает на растения и почву в виде дождя. Впервые искусственное дождевание было осуществлено в России Г. А. Аристовым в 1875 г. Широкое распространение в нашем регионе оно получило только в последнее время.

*Основные достоинства орошения дождеванием:*

- благоприятное физиологическое действие на растения усиливает процесс ассимиляции, понижает температуру тканей и дает возможность при меньших количествах оросительной воды (по сравнению с поверхностными способами орошения) получить такой же или более высокий урожай;
- механизация процесса полива, в результате чего снижаются затраты ручного труда;
- сохранение структуры почвы при соответствующей силе и интенсивности дождя;
- возможность проводить более частые поливы меньшими поливными нормами, а соответственно регулировать глубину увлажнения почвы, что особенно важно при близком залегании грунтовых вод, наличии маломощных и просадочных грунтов;
- возможность применять при относительно сложном рельефе полей и отсутствие в связи с этим необходимости в их тщательной планировке;
- создание условий для более высокого уровня механизации сельскохозяйственных процессов на полях;
- возможность проводить поливы специального назначения (удобрительные, освежительные, посадочные, противозаморозковые и др.);
- возможность автоматизации всех процессов полива.

*Недостатками орошения дождеванием являются:*

- потребность в механической энергии для создания напора на производство полива;
- высокая металлоемкость и несовершенство технических средств полива;
- неравномерность полива при ветре;
- необходимость перемещать дождевальную технику по полю и затраты труда на это;
- невозможность на достаточную глубину промачивать тяжелые почвы без образования луж и поверхностного стока при высокой интенсивности дождя.

*В целом дождевание целесообразно применять:*

- в районах с неустойчивым естественным увлажнением при поливе небольшими поливными (до 400 м<sup>3</sup>/га) и оросительными (до 3000 м<sup>3</sup>/га) нормами;
- на почвах с малой мощностью гумусового слоя и при орошении культур с неглубокой корневой системой (овощи, травы и др.);
- при сложном рельефе (на крупных склонах, если поверхностный полив требует большого объема планировочных работ);

на незасоленных почвах со средней интенсивностью искусственного дождя, не превышающей впитывающей способности почвы в конце полива;

при глубине залегания слабо- и среднеминерализованных подземных вод не менее 2,5 м, что должно быть обеспечено естественным оттоком подземных вод или дренажем;

в климатических зонах, где потери воды на испарение в зоне дождевого облака, как правило, ограничиваются 15 %, а повторяемость ветра в поливной период со скоростью, превышающей допустимую для применяемого типа дождевальной техники, составляет не более 20 %;

в случае необходимости проводить поливы специального назначения (посадочные, освежительные, удобрительные, противозаморозковые и др.);

при ограниченности водных ресурсов;

если окупаются затраты на электроэнергию и при дефиците или высокой стоимости рабочей силы;

при высоком уровне агротехники, когда для повышения продуктивности сельскохозяйственных земель использованы все другие, менее затратные факторы интенсификации.

*Дождевальные насадки и аппараты.* В дождевальных устройствах искусственный дождь получается за счет разбрызгивания струи воды, вытекающей из сопел или насадок под достаточно большим напором. При полете струя разрушается под действием сил тяжести, сопротивления воздуха и поверхностного натяжения воды. В траектории струи различают три структурные части: компактную, раздробленную и распыленную.

Дождевальные насадки и аппараты – это рабочие органы дождевальных машин и установок, которые преобразуют, водяной поток в дождевые капли.

*Дождевальная насадка* – устройство для образования искусственного дождя, не имеющее частей, совершающих перемещения независимо друг от друга.

*Дождевальным аппаратом* называется устройство для образования искусственного дождя и распределения его по площади полива, включающее подвижные элементы.

Дождевальные насадки разделяют на короткоструйные (радиус действия до 10 м), среднеструйные (до 30 м) и дальнеструйные (свыше 30 м). В мелиоративной практике применяются в основном дефлекторные (отражательные) насадки и струйные дождевальные аппараты.

*Дефлекторные насадки* относятся к короткоструйным и работают при сравнительно низких напорах воды (рис. 11.1). В этих насадках струя воды, выходя под напором из выходного отверстия, обтекает обратный конус (дефлектор), принимает коническую форму, а затем распыляется на мелкие капли. Структура дождя регулируется перемещением дефлектора по вертикали. Достоинством этих насадок является равномерное распыление воды с допустимым размером капель при небольших напорах и затратах энергии для образования дождя, недостатком — небольшим радиусом разбрызгивания и высокая интенсивность дождя, что ограничивает их применение в машинах и установках, работающих позиционно.

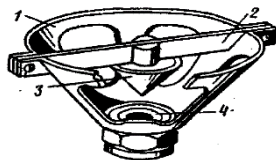


Рис. 11.1. Короткоструйная дождевальная насадка с конусным дефлектором:  
1 – конус; 2 – планка; 3 – конусный дефлектор; 4 – выходное отверстие

В конструктивном исполнении короткоструйные насадки бывают и других типов (щелевые, центробежные и др.), но последние встречаются значительно реже. Короткоструйные

распылители установлены на дождевальном аппарате «Кубань». Используются они при поливе цветников, газонов, находят широкое применение в теплицах.

*Струйные вращающиеся дождевальные аппараты* различных типов установлены на «Фрегате», «Волжанке», «Днепре», «Радуге», ДДН-70 и др. Принцип работы аппаратов заключается в образовании высоконапорной, вылетающей из сопла струи, которая, дробясь в воздухе на капли, увлажняет почву. Распад струи воды происходит следующим образом: при выходе из насадки она вначале сохраняет сплошную цилиндрическую форму, затем по мере удаления начинает аэрироваться, поперечное сечение ее за счет уменьшения скорости и насыщения воздухом увеличивается, после чего поток все более теряет сплошность, и в конце концов образует пучок капель различной величины.

Основные части струйного аппарата – это присоединительный патрубков, корпус, ствол, сопло, механизм привода вращения (рис. 11.2). Вращение ствола аппарата может осуществляться при помощи коромысла, вращающейся гидравлической турбинки, реактивной силы выходящей струи воды или за счет энергии двигателя базовой машины.

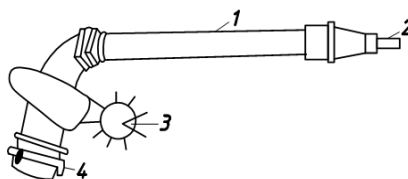


Рис. 11.2. Дальнеструйный дождевальный аппарат: 1 – ствол; 2 – сопло; 3 – механизм привода вращения (гидравлическая турбинка); 4 – присоединительный узел

Качество дождя в аппаратах струйного типа зависит от напора воды и диаметра сопла насадки. Наиболее высокое качество дождя обеспечивается при отношении напора воды в насадке к диаметру струи (сопла), равном 1800–2400.

Из существующих способов орошения (мелкодисперсное, дождевание, поверхностное, внутрипочвенное, субирригация) основным и наиболее перспективным способом орошения сельскохозяйственных культур в зоне неустойчивого увлажнения является дождевание. Возникновению полива дождеванием способствовало стремление воспроизвести в той или иной степени естественный дождь. При этом способе оросительная вода с помощью разбрызгивающих аппаратов или дождевальных машин выбрасывается в воздух и падает на растения и почву в виде дождя. Впервые искусственное дождевание было осуществлено в России Г. А. Аристовым в 1875 г. Широкое распространение в нашем регионе оно получило только в последнее время.

*Основные достоинства орошения дождеванием:*

- благоприятное физиологическое действие на растения усиливает процесс ассимиляции, понижает температуру тканей и дает возможность при меньших количествах оросительной воды (по сравнению с поверхностными способами орошения) получить такой же или более высокий урожай;
- механизация процесса полива, в результате чего снижаются затраты ручного труда;
- сохранение структуры почвы при соответствующей силе и интенсивности дождя;
- возможность проводить более частые поливы меньшими поливными нормами, а соответственно регулировать глубину увлажнения почвы, что особенно важно при близком залегании грунтовых вод, наличии маломощных и просадочных грунтов;
- возможность применять при относительно сложном рельефе полей и отсутствие в связи с этим необходимости в их тщательной планировке;
- создание условий для более высокого уровня механизации сельскохозяйственных процессов на полях;

- возможность проводить поливы специального назначения (удобрительные, освежительные, посадочные, противозаморозковые и др.);
- возможность автоматизации всех процессов полива.

*Недостатками орошения дождеванием являются:*

- потребность в механической энергии для создания напора на производство полива;
- высокая металлоемкость и несовершенство технических средств полива;
- неравномерность полива при ветре;
- необходимость перемещать дождевальную технику по полю и затраты труда на это;
- невозможность на достаточную глубину промачивать тяжелые почвы без образования луж и поверхностного стока при высокой интенсивности дождя.

*В целом дождевание целесообразно применять:*

в районах с неустойчивым естественным увлажнением при поливе небольшими поливными (до 400 м<sup>3</sup>/га) и оросительными (до 3000 м<sup>3</sup>/га) нормами;

на почвах с малой мощностью гумусового слоя и при орошении культур с неглубокой корневой системой (овощи, травы и др.);

при сложном рельефе (на крупных склонах, если поверхностный полив требует большого объема планировочных работ);

на незасоленных почвах со средней интенсивностью искусственного дождя, не превышающей впитывающей способности почвы в конце полива;

при глубине залегания слабо- и среднеминерализованных подземных вод не менее 2,5 м, что должно быть обеспечено естественным оттоком подземных вод или дренажем;

в климатических зонах, где потери воды на испарение в зоне дождевого облака, как правило, ограничиваются 15 %, а повторяемость ветра в поливной период со скоростью, превышающей допустимую для применяемого типа дождевальной техники, составляет не более 20 %;

в случае необходимости проводить поливы специального назначения (посадочные, освежительные, удобрительные, противозаморозковые и др.);

при ограниченности водных ресурсов;

если окупаются затраты на электроэнергию и при дефиците или высокой стоимости рабочей силы;

при высоком уровне агротехники, когда для повышения продуктивности сельскохозяйственных земель использованы все другие, менее затратные факторы интенсификации.

По способу перемещения дождевальные устройства подразделяют на дождевальные агрегаты, машины и установки.

*Дождевальной машиной* называют устройство для орошения сельскохозяйственных культур, имеющее двигатель или привод, ходовую часть и дождевальные аппараты или насадки, перемещаемые по орошаемой площади за счет механической энергии (например, «Волжанка» и др.) или энергии воды в напорных водоводах (например, «Фрегат» и др.).

*Дождевальная установка* состоит из комплекта оборудования для позиционного полива сельскохозяйственных культур, включающего водопроводящие трубопроводы и дождевальные аппараты или насадки. Она устанавливается и перемещается на орошаемом участке вручную или при помощи средств механизации (например, КИ-50, ДДН-70 и др.).

*Дождевальные агрегаты* состоят из самоходной опоры и насосного агрегата, смонтированного в комплекте с дождевальным устройством (например, ДДА-100МА и др.).

Дождевальные устройства различают также:

- по напору (низконапорные – до 30 м, высоконапорные – более 30 м);
- по принципу работы (работающие в движении или позиционно);
- по радиусу действия струи дождевального аппарата или насадки (короткоструйные – радиус действия до 10 м, среднеструйные – до 30 м, дальнеструйные – свыше 30 м);
- по типу используемой оросительной сети (закрытые или открытые);
- по способу передвижения на поливном участке (самоходные, переносные и т. д.).

## Вопрос 2

Внутрипочвенное орошение возникло давно и в настоящее время реализуется в различных почвенно-климатических условиях. Суть этого способа орошения сельскохозяйственных культур заключается в подаче определенного объема воды непосредственно в корнеобитаемый слой почвы. Для этой цели разработаны и совершенствуются различные устройства и приспособления. В зависимости от условий водоподачи системы внутрипочвенного орошения могут быть вакуумные, безнапорные, напорные.

Идею *вакуумного* внутрипочвенного орошения выдвинул в 1923 г. В. Г. Корнев. Его суть заключается в устройстве увлажнителей из пористых труб, в которых поддерживается определенный вакуум, обеспечивающий поступление воды в почву в объеме, равном расходу ее на транспирацию и испарение. Такая система должна работать автоматически, так как с увеличением водопотребления влажность почвы уменьшается, а вакуум у стенок труб увеличивается, и возрастает расход через пористые стенки труб. С уменьшением водопотребления соответственно снижается и расход воды. Однако достаточно широкого применения вакуумная система внутрипочвенного орошения не нашла.

В *безнапорных* системах внутрипочвенного орошения вода в увлажнители чаще всего подается из открытой распределительной сети. При этом недостаточно увлажняется пахотный слой почвы, что затрудняет развитие сельскохозяйственных растений на начальных фазах вегетации.

При *напорной* подаче оросительной воды в увлажнителях создают напор, величина которого зависит от почвенных условий, конструкции увлажнительной сети и многих других факторов, отражающих особенности системы внутрипочвенного орошения. Обычно величина напора колеблется в пределах 0,5–1,5 м. Малые напоры не обеспечивают качественное увлажнение верхнего пахотного слоя почвы. Поэтому вопрос о величине напора в увлажнительной сети является предметом исследований в различных почвенно-климатических зонах. Большинство ученых сходятся во мнении, что максимальный напор не должен превышать глубину укладки увлажнителей на 0,2–0,3 м. В противном случае возможно выклинивание поливной жидкости на поверхность почвы, что нежелательно из санитарно-гигиенических соображений.

Следует отметить, что напор существенно влияет на распределение поливной жидкости по профилю почвы, т. е. на формирование контура увлажнения. Проведенные кафедрой мелиорации БГСХА исследования (рис. 11.3) показывают, что при небольших напорах верхний слой почвы увлажняется недостаточно.

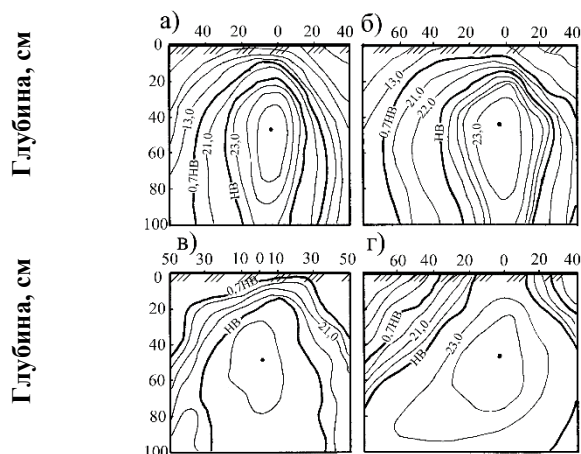


Рис. 11.3. Формирование контуров увлажнения почвы вокруг увлажнителя диаметром 50 мм под действием напора:  $a - H = 0,25$  м;  $b - H = 0,50$  м;  $в - H = 0,75$  м;  $г - H = 1,0$  м

Наибольшее увлажнение испытывают подстилающие увлажнитель слои почвы, что можно рассматривать как частичные потери поливной жидкости, хотя часть ее впоследствии используется растениями в процессе вертикального влагообмена. При нарастании напора, несмотря на увлажнение нижележащих слоев почвы, увеличивается и увлажнение почвенных слоев, расположенных выше увлажнителя. В целом относительные потери поливной жидкости снижаются. При дальнейшем увеличении напора (рис. 5.23,  $г$ ) происходит выклинивание на поверхность поливной воды. Это объясняется тем, что при небольших напорах увлажнение почвы выше увлажнителя происходит только за счет капиллярных сил, в то время как в нижележащих горизонтах поливная жидкость передвигается как за счет капиллярных, так и гравитационных сил. При повышении напора в переносе поливной жидкости дополнительно участвует градиент напора, действующий во все стороны от увлажнителя. Тем не менее напорные системы внутрпочвенного орошения получили наибольшее распространение.

*Параметры внутрпочвенной увлажнительной сети.* Важным параметром системы внутрпочвенного орошения является расстояние между увлажнителями, которое рекомендуется принимать из условия качественного увлажнения почв между смежными увлажнителями. Пока в литературе нет единого подхода для обоснования размеров контура увлажнения при внутрпочвенном орошении. Большинство исследователей, изучавших этот вопрос, шли по пути накопления экспериментальных данных о зависимости влажности почвы либо урожайности сельскохозяйственных культур от расстояния между увлажнителями, принимая глубину укладки последних из условия неповреждаемости сельскохозяйственными орудиями (0,4–0,6 м).

При подаче воды вокруг увлажнителя образуется область смоченного грунта, в которой передвижение воды происходит под действием различных сил и носит неустановившийся характер. При этом наиболее существенное влияние на передвижение воды в области увлажнения оказывают гидростатический напор в полости увлажнителя, а также гравитационные и капиллярные силы. Поскольку действие напора и капиллярных сил направлено радиально по всем направлениям, а гравитационной силы – вниз, то увлажненная область имеет форму овала, вытянутого вниз.

Технологии внутрпочвенного орошения перспективны при использовании для полива сточных вод, в том числе образующихся на крупных фермах и комплексах.

В качестве увлажнителей в плотных грунтах можно использовать искусственные кротовины, которые нарезают в начале оросительного периода при помощи специальных кротователей или кротовых плугов. Кротовины выполняются на глубине 0,35–0,6 м при расстояниях между ними 0,5–1,5 м. Длина кротовин принимается равной 50–200 м, средний диаметр – 5–15 см.

В зависимости от рельефа местности устройство и расположение оросительной и увлажнительной сети может быть запроектировано по продольной, поперечной или смешанной схемам.

### Вопрос 3

Капельное орошение – метод полива, при котором вода подается непосредственно в прикорневую зону выращиваемых растений регулируемыми малыми порциями с помощью дозаторов-капельниц. Позволяет получить значительную экономию воды и других ресурсов.

Капельный полив появился и стал развиваться как способ орошения в Израиле с 50-х гг. XX в. На юге России капельное орошение в овощеводстве начало применяться в промышленных масштабах с конца 90-х гг. XX в. Положительные результаты на всех сельскохозяй-

ственных культурах и на всех типах почв способствовали динамичному развитию этого способа орошения. Успех в применении капельного орошения радикально изменил подход к комплексу «вода – почва – растение» на фоне дозированного режима снабжения водой и питания, и способствовал новому подходу в области орошения.

Анализ принципиальных особенностей капельного орошения показывает его большую перспективность. Такая система орошения может быть автоматизирована наиболее полно. Основной принцип данного способа – постоянное обеспечение растений водой и удобрениями в соответствии с физиологической потребностью и точно в требуемом количестве с помощью точечных микроводовыпусков-капельниц. При этом потери воды на испарение и фильтрацию минимальные, что особенно важно для районов с ограниченными водными ресурсами. Капельным орошением почва увлажняется в зоне максимального развития корневой системы растений, где поддерживается хорошая аэрация, поскольку вода передвигается от капельницы по почвенным капиллярам, не вытесняя воздух из макропор.

В корнеобитаемый слой вода подается под определенным напором по сети расположенных на поверхности или внутри почвы пластмассовых трубопроводов с помощью микроводовыпусков-капельниц. Воду подают ежесуточно (в течение 3–4, иногда 12 ч) очень малым расходом (0,9–9,1 л/ч), что обеспечивает медленное (капельное) поступление ее в почву непосредственно около растений. В некоторых случаях вода может подаваться непродолжительное время один раз в несколько суток.

Изначально капельное орошение получило распространение в тепличном производстве, но в настоящее время уже широко используется и в открытом грунте для выращивания овощей и плодовыхгодных культур.

Системы капельного орошения открытого грунта целесообразно использовать при возделывании высокорентабельных многолетних насаждений (сады, виноградники, ягодники) и при ограниченных водных ресурсах. Их рекомендуется располагать при нахождении пресных подземных вод на глубине не менее 2 м, а минерализованных – не менее 4 м; на участках со сложным рельефом и при уклонах более 0,05; на равнинных участках, как правило, с легкими почвами (песчаными, каменистыми). Качество используемых вод (подземных и поверхностных) должно удовлетворять общим требованиям к оросительной воде и техническим требованиям применяемого оборудования.

Элементы системы капельного орошения. Как любая инженерная конструкция, система капельного орошения имеет свои составные элементы (рис. 11.4):

источник водоснабжения – канал, бассейн или скважина, откуда производится забор воды;

насосная станция и водозабор – предназначены для забора воды из источника;

станция водоподготовки – предназначена для доведения качества воды до установленных параметров. В зависимости от наличия в воде определенных примесей и величины орошаемой площади фильтрационная станция может включать сетчатые, дисковые, гравийные, гидроциклонные фильтры или их комбинации;

узел внесения удобрений – предназначен для дозированного внесения совместно с поливной водой удобрений и средств защиты растений. Может состоять из удобрительной головки и инжектора или дозатора, а также емкости для приготовления раствора удобрений;

контроллер – устройство для автоматического контроля и управления работой системы капельного орошения;

регулятор давления – устройство для поддержания постоянного давления в системе согласно паспортным данным;

оросительные трубки или ленты – капельные линии, укладываемые по линиям посадки орошаемых растений параллельно друг другу согласно технологии и соединенные с поперечной магистралью трубопровода;

эмиттеры – капельницы (капельные увлажнители) скрепленные с трубопроводом или составляющие с ним единое целое, в зависимости от конструкции. Их назначение – дозированный выпуск воды из трубопровода в небольших количествах.

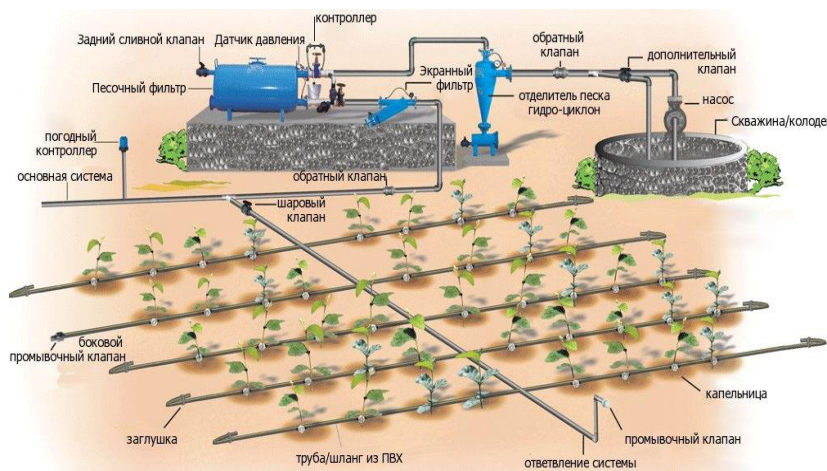


Рис. 11.4. Принципиальная схема системы капельного орошения

Базовая комплектация системы капельного орошения состоит из источника водоснабжения, насосного оборудования, станции водоподготовки, узла внесения удобрений (фертигации), регулятора давления, который рекомендуется устанавливать при давлении в напорной сети более 2,5 атмосфер, магистрального напорного трубопровода, разводящих (поливных) трубопроводов, капельниц, соединительной и запорной фурнитуры, воздушного клапана, который предназначен для выпуска и впуска воздуха в систему орошения.

Дополнительно система может содержать узлы автоматического контроля и управления системой, а также учета расхода воды.

Требования к источникам водоснабжения. Для капельного орошения используют воду естественных и искусственных источников. Согласно принятому нормативу качество подземных и поверхностных вод, используемых для капельного орошения, должно удовлетворять общим требованиям к оросительной воде и техническим требованиям применяемого оборудования.

Пригодность воды для капельного орошения оценивают по степени ее влияния на грунт, на растение и элементы оросительной сети. Для обеспечения безопасности полива оценку пригодности воды по степени влияния на грунты и растения проводят по критериям ее качества, используя следующие показатели:

- общая минерализация, мг/л;
- концентрация токсичных ионов, мг-экв /л;
- отношение суммы катионов натрия и калия (мг-экв /л) к сумме всех содержащихся катионов (мг-экв /л), %;
- отношение концентрации катионов магния (мг-экв/л) к концентрации катионов кальция (мг-экв/л), %;
- содержание анионов хлора (Cl), мг-экв/л;
- содержание сульфатов (SO<sub>4</sub>), мг-экв/л;
- содержание карбонатов (HCO<sub>3</sub>), мг-экв/л;
- щелочность от нормальных карбонатов (CO<sub>3</sub>) и токсичная щелочность (HCO<sub>3</sub> – CO<sub>2</sub>+), мг-экв/л;
- реакция pH;
- термодинамические потенциалы;
- температура воды, °С.

Качество оросительной воды по показателю содержания макроэлементов питания растений оценивают для того, чтобы предотвратить ухудшение эколого-гигиенических показателей качества сельскохозяйственной продукции, а также эколого-гигиенического состояния подземных и поверхностных вод. А по содержанию отдельных микроэлементов, тяжелых металлов и пестицидов – чтобы исключить отрицательное влияние на сельскохозяйственные растения, грунты, подземные и поверхностные воды, растительное и животное царство.

Пригодность воды для орошения сельскохозяйственных культур определяется следующими показателями:

- общая минерализация солей: на почвах с водно-физическими свойствами, определяющими высокую плотность, низкую водопроницаемость почвенного профиля – до 50 мг-экв/л; на почвах оструктуренных, обладающих высокой водопроницаемостью, а также с высоким содержанием гумуса – до 85 мг-экв/л; на песчаных почвах с хорошей дренированностью – до 200 мг-экв/л;

- щелочность: до 1,25 мг-экв/л – вода пригодна для орошения всех типов почв; от 1,25 до 2,50 мг-экв/л – только для орошения кислых почв;

- содержание токсичных веществ не должно превышать норм, установленных СТБ 1118 и СанПиН 10-124 РБ «Сборник санитарных правил и норм по питьевому водоснабжению»;

- активная реакция рН: при рН от 6 до 8 вода пригодна для орошения всех почв; при рН > 8 – только для орошения кислых почв; при рН < 6 – только для орошения щелочных почв;

- температура: для овощных и плодовых культур – не ниже 14 °С; для сенокосов и долголетних культурных пастбищ – не ниже 8 °С.

При выборе источника орошения необходимо исходить из технико-экономического сравнения вариантов.

#### **Вопрос 4**

*Аэрозольное увлажнение.* Причиной резкого снижения урожайности сельскохозяйственных культур часто является засуха – почвенная и атмосферная. Атмосферная засуха наблюдается при высокой температуре и низкой влажности приземного слоя воздуха даже при значительной влажности почвы. Увеличение температуры воздуха выше определенного предела приводит к прекращению фотосинтеза и вызывает резкое снижение продуктивности растений. Кроме этого, при низкой влажности и высокой температуре воздуха на эвапотранспирацию затрачивается избыточное количество почвенной влаги.

Цель аэрозольного (мелкодисперсного) увлажнения – снизить температуру и повысить влажность приземного слоя воздуха, чтобы создать более благоприятный для развития растений микро- и фитоклимат. Основа метода заключается в периодической обработке растений мелкораспыленной водой с диаметром единичной капли 100–600 мк (микрон). Такое увлажнение проводится только в жаркие сухие дни, когда температура воздуха и листьев превышает физиологически оптимальную для данной культуры. Норма разового воздействия на растения составляет 100–500 л/га в 1 ч в зависимости от температуры и влажности воздуха.

*Субирригация.* К субирригации (называемой в Беларуси подпочвенным увлажнением) относят способ, при котором требуемое для растений количество влаги в корнеобитаемый слой подается по почвенным капиллярам от искусственно управляемого (поддерживаемого на заданной глубине) уровня грунтовых вод.

Искусственный подъем уровня грунтовых вод может быть осуществлен одним из следующих путей: шлюзованием (подпором) сбросных, дренажных и оросительных каналов; подачей оросительной воды в поглощающие колодцы или по нарезанным на массиве сильно фильтрующим каналам; по проложенным на определенной глубине трубчатым увлажнителям; сплошным затоплением поверхности поля; уменьшением естественного оттока грунтовых вод; подпитыванием верхних слоев почвы напорными артезианскими водами через прорезанные «окна» в водоупоре.

В Беларуси широко распространена субиригация с помощью шлюзования на осушительно-увлажнительных системах с близким залеганием к поверхности почвы хорошо фильтрующего подстилающего слоя. От внутрпочвенного орошения шлюзование отличается небольшими капитальными вложениями, но вместе с тем и неравномерностью увлажнения почв, высокой инерционностью и невозможностью регулировать водный режим почв в полном соответствии с потребностями всех возделываемых на осушаемом массиве культур.

*Микродождевание.* Импульсное дождевание позволяет поддерживать оптимальную влажность почвы в течение всего вегетационного периода, создавать оптимальный для растений микроклимат при снижении расхода воды на единицу продукции, полностью исключить образование луж и эрозию почвы. Накоплен положительный опыт по применению этой технологии в различных регионах при возделывании овощей, чая, фруктов, люцерны, свеклы и других культур. Прирост урожая при этом существенно выше, чем при обычном дождевании.

*Импульсное дождевание* – одно из новых прогрессивных технологических направлений в орошении. Оно обеспечивает частые поливы при очень малых разовых поливных нормах, тем самым позволяя регулировать микроклимат, поддерживать относительную влажность воздуха на высоте растений в благоприятных пределах при снижении максимальной температуры в наиболее жаркие периоды дня в среднем на 2–3 °С.

Синхронное импульсное дождевание (СИД) позволяет осуществить принцип «непрерывного» снабжения сельскохозяйственных культур водой на протяжении всего вегетационного периода в соответствии с ходом их водопотребления. Приводится оно импульсными аппаратами нового типа, работающими по сигналам понижения давления в напорной сети. Работают аппараты одновременно на всей площади в режиме непрерывно чередующихся пауз накопления в гидропневмоаккумуляторах и периодов выброса воды под воздействием сжатого воздуха. Чтобы обеспечить водоподачу, равную водопотреблению сельскохозяйственных культур, продолжительность пауз накопления должна быть в 50–200 раз больше периодов выплеска воды; средняя интенсивность дождя при этом составляет 0,01–0,002 мм/мин.

*Приземное дождевание.* На качество обыкновенного дождевания большое отрицательное влияние оказывает ветер, который, кроме того, увеличивает общие потери воды при дождевании. Поэтому для орошаемого земледелия в засушливых зонах с частыми большими скоростями ветра и низкой влажностью воздуха разработана технология приземного дождевания. Суть ее заключается в том, что вода разбрызгивается на высоте не более 1 м от поверхности почвы. Это позволяет дождевальным машинам работать при ветре до 12 м/с без существенных потерь воды.

Приземное дождевание можно проводить серийно выпускаемыми дождевальными устройствами (ДДА-100МА, «Фрегат», «Кубань» и т. п.) путем их соответствующего переоборудования. Например, при переоборудовании ДДА-100МА дождевальные насадки заменяются шланговыми водовыпусками. Остальные узлы сохраняются полностью. Переоборудование этой машины для приземного дождевания позволяет повысить ее производительность, уменьшив потери воды на испарение до 20 %.

*Подкroновое дождевание.* Подкroновое дождевание, по сравнению с обычным, более экономично по затратам энергии и воды, оно позволяет получить прибавку урожая плодовых культур в 20–40 %. Применяется при орошении садов.

Для подкroнового дождевания используются малорасходные дождевальные микронасадки, расположенные под кроной, действующие под небольшим давлением и обеспечивающие качественное распыление дождя. При таком дождевании листовая поверхность растительности не увлажняется, при этом снижается распространение грибковых заболеваний, с листьев не смываются средства защиты растений, уменьшаются потери воды на испарение.

Увлажнение приземного слоя воздуха. В засушливых районах на урожайность сельскохозяйственных культур как на богарных, так и на орошаемых землях в значительной степени

вливают суховеи и пыльные бури. Степень повреждения культур зависит от интенсивности и продолжительности суховеев. Растения могут переносить без необратимых повреждений слабые суховеи в течение 4–6 сут, а очень интенсивные – только несколько часов.

В борьбе с суховеями наибольшее значение имеет орошение. Обычное орошение, в том числе и дождевание, смягчает действие атмосферных засух, но полностью снять их влияние, особенно при сильных суховеях, не может.

Однако наиболее кардинальным решением проблемы по борьбе с суховеями является аэрозольное увлажнение, применяемое на крупных массивах. Образовавшееся при таком аэрозольном увлажнении огромное облако мелкодиспергированной воды перемещается ветром и покрывает большую площадь, снижая температуру приземного слоя и повышая относительную влажность воздуха.

В Беларуси суховеи встречаются крайне редко. Но здесь есть другая опасность. Ранние и поздние весенние заморозки часто снижают урожай (или вообще приводят к гибели) овощных культур, ягодников, виноградников и садов. Для защиты растений от заморозков можно применять следующие разновидности поливов дождеванием: предзаморозковые или предупредительные, проводимые заблаговременно, до наступления заморозков; поливы охлаждающие, чтобы сдвинуть сроки наступления фазы цветения у плодово-ягодных культур; противозаморозковые, осуществляемые непосредственно в период заморозков. Наиболее надежен и практически отработан последний метод.

Противозаморозковое дождевание основано на выделении или поглощении тепла при переходах воды из одного фазового состояния в другое, например, из жидкого в твердое или из газообразного в жидкое. Увлажнение почвы увеличивает ее теплоемкость и теплопроводность, что способствует накоплению в ней тепла до заморозков, а также его передаче к поверхности почвы из более глубоких теплых слоев в период заморозков. Во время заморозков температура используемой на поливе воды обычно значительно выше температуры почвы и приземного слоя воздуха, поэтому подача оросительной воды уже способствует повышению температуры среды обитания растений.