

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ПРИ ПОЛИВАХ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ

Мусабеков К.К., Сарбасова Г.А
ТарГУ им. М.Х. Дулати, Тараз

Использование сточных вод на орошение является комплексным мелиоративным мероприятием, способным решить задачи охраны водных ресурсов от загрязнения, полной очистки сточных вод, а также повысить плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур.

Орошение сточными водами приобретает особую актуальность в южных областях Казахстана, где водные ресурсы каждым годом неуклонно уменьшаются. В этой ситуации использование сточных вод, годовой объем которых в Республике колеблется в пределах 15-18 млн. м³, позволит оросить около 500 тыс. га и сохранить соответствующее количество чистой воды в водоисточниках. Однако использование сточных вод сопряжено с целым комплексом проблем, заключающихся в трудности реализации режима орошения, т. е. в переводе их в состояние почвенной влаги.

Прямой переход на технологию полива сточной водой не обеспечивает экологической чистоты окружающей территории, грунтовых вод, водоисточников охрану труда поливальщиков. Причем наибольшая проблема состоит в трудности предотвращения сбросов воды в грунтовые воды за счет инфильтрации и поверхностных сбросов в процессе полива. Загрязнение грунтовых вод происходит из-за смыкания сточной воды с капиллярной каймой. По данным исследований [2, 3], в вегетационный период капиллярное поднятие от зеркала грунтовых вод в песчаных почвогрунтах происходит до глубины 0,5-0,9 м, в супесчаных - 1,0-1,2 м, в суглинистых - 1,5-2,0 м. Влагоперенос отмечен рядом авторов [1, 6, 7], при этом объем потерь воды на глубинный сброс достигает 10-15% от оросительной нормы. Почва не успевает пройти процесс самоочищения, т. к. срок ее обезвреживания от патогенных микроорганизмов за счет саморегулирования составляет один год.

Поверхностные сбросы воды, образующиеся при поливе, достигают еще больших размеров - 25-30% от поданной поливной нормы. Применение дождевальной техники не решает на полях проблемы сброса, который достигает 16-20% от поданного объема [4, 5], потому что интенсивность подачи воды после 30-40 мин полива в несколько раз превосходит впитывающую способность почв.

Еще одной причиной попадания сточных вод в грунтовые является неравномерность увлажнения орошаемого поля при поливе. По нашим наблюдениям, при поливах по бороздам в производственных условиях коэффициент равномерности увлажнения, т. е. соотношение площади недоувлажненных и переувлажненных участков, составляет 0,4-0,6. Это говорит о том, что на 40-60% площади глубина увлажнения почвы превышает расчетные пределы. При поливе дождеванием коэффициент равномерности

выше - 0,9. Однако это можно отнести только к равномерности увлажнения по площади. Глубина увлажнения в понижениях микрорельефа в несколько раз превосходит среднюю глубину поля. Коэффициент увлажнения, установленный по глубине, ненамного выше, чем при поверхностном поливе, и изменяется в пределах 0,55-0,75. Таким образом, причинами проникновения сточных вод в грунтовые можно считать инфильтрационные потери из оросительной сети, влагоперенос оросительной воды за счет смыкания ее с капиллярной каймой грунтовых вод, переувлажнение почвы из-за неравномерного распределения поливной нормы, поверхностные сбросы при поливе.

Для расчета вероятности загрязнения грунтовых вод можно использовать формулу вероятностей суммы несовместимых событий

$$P(\sum_{i=1}^n A_i) = \sum_{i=1}^n P(A_i) = \frac{m_A}{n}, \quad (1)$$

где m_A - число случаев, благоприятствующих событию A ;
 n - общее число случаев.

Однако не все причины загрязнения несовместны, поэтому сложение их вероятностей является некорректным и необходима группировка взаимосвязанных причин. Следует учесть, что потери оросительной воды на глубинный сброс не могут превышать саму оросительную норму, поэтому вероятность проникновения оросительных вод в грунтовые за счет потерь из-за влагопереноса, неравномерного распределения по площади и поверхностного сброса составляет взаимосвязанную группу. Вероятность загрязнения грунтовых вод может быть определена следующим образом:

$$P(\Phi_k) + P(S \cdot P \cdot I) = P(\Phi_k) + P(S) \cdot P(R/S) \cdot P(I/SR), \quad (2)$$

где Φ_k - показатель, характеризующий возможность потерь воды на фильтрацию из каналов, равный 0,2-0,3;

S - показатель потерь воды на поверхностный сброс, равный 0,2-0,3;

R - возможная доля переувлажненных участков, равная 0,15-0,25;

I - коэффициент возможных потерь воды на глубинный сброс за счет инфильтрации с орошаемого поля, равный 0,1-0,15.

Простой подсчет по формуле (2) показывает, что вероятность загрязнения грунтовых вод при прямом переносе технологий полива недопустимо высока и составляет 0,75-0,85, по требованиям санитарных условий она не должна превышать 0,01-0,03.

С помощью формулы (2) можно определить пути повышения экологической надежности систем орошения сточными водами. Как видно из уравнения, за счет применения противофильтрационных покрытий или материалов в транспортирующей оросительной сети можно добиться условия, когда $P(\Phi_k) = 0$, однако и в этом случае вероятность загрязнения грунтовых вод составит 0,45-0,65. Если не применять для орошения сточные воды на полях с близким залеганием грунтовых вод, с песчаными и супесчаными почвами, сократить поливные нормы на 10-15%, то сомножитель $P(I/SR)$ можно уменьшить. Можно считать, что главный вопрос

при орошении сточными водами - улучшение равномерности увлажнения и исключение потерь воды на поверхностный сброс. В целом эти явления тесно связаны, поэтому решение проблемы необходимо искать при воздействии на оба фактора.

Исключить потери воды на поверхностный сброс и улучшить равномерность увлажнения можно за счет применения принципов автоматизации при проектировании систем орошения сточными водами. В комплекс этого процесса могут быть включены приемы обработки почвы, конструкции регулируемой оросительной сети (полосы, борозды), средства подачи в нее воды.

Для культур сплошного посева (зерновых колосовых, сеяных трав) нами рекомендуется проведение полива сточной водой по секциям. Секция состоит из нескольких полос, нарезаемых полосообразователем и соединенных в нижней части прокопами в валиках таким образом, чтобы вода могла свободно перетекать из одной полосы в другую. Высота валиков должна составлять 12-15 см, ширина полос - 3,6-10,8 м. Наиболее рационально выдерживать уклон i вдоль полос от 0,001 до 0,002. Расход воды в начале основной полосы подбирается из условий неразмываемости в пределах 4-6 л/с на 1 м ширины полосы. Длина секции может быть рассчитана на ЭВМ по следующему алгоритму:

$$\begin{aligned}
 1. \quad C &= 40 \cdot \sqrt{i} \\
 2. \quad h_1 &= \sqrt{\frac{q_1}{C}} \\
 3. \quad t_1 &= \frac{1}{C h_1} \\
 4. \quad m_n &= K_o i_1^{-a} \\
 5. \quad q_{n+1} &= q_n - m_n \\
 6. \quad h_{n+1} &= \sqrt{\frac{q_{n+1}}{C}} \\
 7. \quad h_{\text{кон}} &> 0,03. \\
 8. \quad l &= n_i,
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

где C - скоростной коэффициент;

h_1 и $h_{\text{кон}}$ - соответственно глубина воды в начале и конце полосы, м;

m - величина поливной нормы, равная 0,08-0,09 м;

K_o - средняя скорость впитывания воды в почву за 1-й час;

a - степень изменения скорости впитывания, равная 0,35-0,65.

Расход воды, подаваемой во вспомогательные полосы q_2 , рассчитывают по формуле

$$q_2 = q_1 \left(\frac{2l - \Delta l}{2l + \Delta l} \right) \cdot \pi / c \quad (4)$$

где Δl - длина участка секции, в которой вода перераспределяется, Δl

$$= \frac{\pi}{i}, \text{ м.}$$

Количество полос в секции n определяем по формуле

$$n = \frac{3,6 \cdot q_1 \cdot c}{\pi \cdot l - 3,6 \cdot q_2} \quad (5)$$

Принципы автоматизации равномерности увлажнения и исключения потерь воды на поверхностный сброс заключаются в том что поперечный валик, устраиваемый в конце секции полос, задерживает накатывающийся слой воды по основной полосе, которая через прокопы в продольных валиках протекает во вспомогательные полосы. Вода сюда подается в меньшем количестве с учетом поступившей из основной полосы. Коэффициент равномерности увлажнения при поливе по секциям полос повышается до 0,9-0,91, сброс исключается полностью, а значение группы вероятностей $P(5)P(R/S)$ уменьшается до нуля.

На юге республики полив пропашных культур (сахарной свеклы, кукурузы, хлопчатника) проводится преимущественно по бороздам. В связи с тем, что добиться одновременного добегания воды при таком способе полива практически невозможно, со сбросом в конце борозд давно смирились. В последнее время широко рекламируется импульсная, или дискретная подача воды в борозды, которая должна обеспечить высокую равномерность увлажнения и снизить потери на сброс. Многочисленными замерами параметров поливных борозд нами установлено, что они имеют абсолютно разную субъективность, т. е. не встречаются 2 борозды, одинаковые по глубине, ширине, скорости впитывания воды в почву, изменениям уклона по участкам, шероховатости, заложениям откосов стенок, количеству трещин в них и т. д. Полив же является сложным динамическим процессом, включающим распределение воды в борозды, движение ее по ним, впитывание в почву, накатывание слоя накопления и т. д. Поэтому создание технологии, обеспечивающей равномерное увлажнение по всей длине борозды и исключение потерь воды на сброс, требует нетрадиционного подхода.

В целях орошения пропашных культур сточными водами нами предлагается автоматизация полива по безуклонным бороздам с применением дождевальных машин, специально для этого переоборудованных. На поливном участке должна быть проведена капитальная планировка с точностью $\pm 0,03$ м. Поливные борозды глубиной 0,12-0,15 м нарезают поперек уклона местности, что обеспечивает их бессточность. Скорость движения дождевальной машины подбирается так, чтобы подаваемая вода не заполняла борозды более чем наполовину. Количество проходов n_{np} дождевальной машины зависит от поливной нормы то и должно быть равно:

$$n_{np} = \frac{m_o}{n_{np}},$$

где m_o - поливная норма, мм;

n_{np} - слой дождя, выливаемый за 1 проход машины, мм.

Предлагаемые технологии могут быть использованы и для чистой воды, т. к. улучшение равномерности увлажнения, исключение почвенной эрозии и потерь на сброс актуально при всех видах орошения, но необходимость внедрения их при поливе сточными водами не вызывает сомнений.

В настоящее время необходимы рекомендации по выбору способов полива, поливной техники и конструкции оросительной сети. Руководители, специалисты хозяйств, бригадиры, звеньевые, фермеры еще слабо ориентируются в многофакторности природно-хозяйственного комплекса, диктующего выбор способа полива и поливной техники. При использовании сточных вод на орошение наряду с решением экономических вопросов резко возрастает ответственность за принятие технических решений.

Литература

1. Борисов В. С., Токтарбаев А. Г. Моделирование водно-солевого режима почвогрунтов в условиях самотечного поверхностного полива. Коллекторно-дренажные системы в аридной зоне // Науч. тр.- М.: ВНИИГиМ, 1986.- С. 85-88.
2. Беркалиев М. А. Усовершенствование способа полива люцерны по полосам для почв с низкой водопроницаемостью / Информ. листок Джамбулского ЦНТИ Джамбул, 1984.- 4 с.
3. Вальков В. Ф. Почвенная экология сельскохозяйственных растений.- М.: Агропромиздат, 1986.-208 с.
4. Воропаев Г. В. Новая техника орошения.Алма-Ата: Кайнар, 1970.-76 с.
5. Вентцель Е. С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения.- М.: Наука, 1988.- 480 с.
6. Кирейчева Л. В., Шрейдер В. А. Дренаж - один из компонентов повышения продуктивности орошаемых земель. Коллекторно-дренажные системы в аридной зоне // Науч. тр.- М.: ВНИИГиМ, 1986.С.4-21.
7. Мусабеков К. К., Воронин А. А., Беркалиев М. А. Оценка надежности полива пропашных культур по бороздам. Городская науч.-технич. конф. Вклад молодых ученых и специалистов в ускорение научно-технического прогресса.- Тез. докл.- Джамбул, 1988.- С. 20-21.