

## ВЫБОР СПОСОБА ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

**А.П. Лихацевич**, доктор технических наук

**Г.В. Латушкина**, кандидат технических наук

**А.А. Левкевич**, младший научный сотрудник

РУП «Институт мелиорации»

г. Минск, Беларусь

**Ключевые слова:** дождевание, капельный полив, экономические показатели, эффективность орошения

### Введение

В последние годы во многих странах мира широкое распространение получили новые технические средства орошения. Микродождеватели подкранового орошения плантаций и фруктовых садов заменили надкрановое, менее эффективное дождевание. Для орошения овощей на небольших площадях стали использоваться автономные дождеватели с высоким коэффициентом равномерности распределения поливной воды по орошаемой площади. Одной из наиболее инновационных технологий стал капельный полив. Более совершенными стали режимы и технологии дождевания. В связи с этим перед каждым руководителем аграрного проекта, в котором планируется использовать орошение для интенсификации производства растениеводческой продукции, появилась проблема выбора наиболее выгодного способа орошения и соответствующей конструкции оросительной системы.

Для того чтобы подобрать наиболее приемлемый способ орошения в конкретных условиях следует учитывать многие показатели. Наиболее важными из качественных характеристик, анализируемых предварительно, являются природно-хозяйственные факторы: климатические (1), агробиологические (2); экономические (3), хозяйственные (4), гидрологические и гидрогеологические (5), почвенно-мелиоративные (6), рельефные (7):

- (1) дефицит испаряемости;
- (2) биологическая отзывчивость культур на орошение;
- (3) стоимость (ожидаемая выручка от реализации) орошаемых культур, капиталовложения и эксплуатационные затраты на полив, наличие инвестиций и условия кредитования;
- (4) наличие квалифицированных работников;
- (5) наличие и качество водных ресурсов, глубина залегания пресных и минерализованных грунтовых вод;
- (6) мощность и инфильтрационная способность почвенного покрова;
- (7) уклон почвенной поверхности, объёмы планировочных работ.

Перед оценкой технической применимости орошения важно выбрать орошаемые культуры или севооборот для почвенно-климатических условий региона, а затем с учетом

экономической и социальной значимости культур, орошение которых планируется, можно анализировать приемлемость той или иной поливной технологии. Для сравнения систем орошения необходимо, прежде всего, знать преимущества и недостатки каждого способа полива (табл. 1) [1]. Однако следует отметить тот факт, что выбор, основанный на результатах анализа природно-хозяйственных факторов, преимуществ и недостатков различных конструкций оросительных систем, не всегда очевиден, поскольку для одного и того же участка приемлемыми по своим качественным характеристикам могут быть различные способы орошения. Конечно, каждый случай необходимо анализировать отдельно. Но качественного анализа явно недостаточно, окончательный выбор должен опираться на накопленный опыт и некоторые количественные показатели.

Таблица 1 - Преимущества и недостатки способов орошения

Преимущества	Недостатки
<b>Поверхностное орошение</b>	
1. Низкие капиталовложения	1. Большие потери воды
2. Низкие затраты на энергию (создание напора)	2. Низкая эффективность полива
3. Низкие эксплуатационные затраты	3. Возможность распространения заболеваний растений
4. Возможность полива при ветре	4. Данный способ неприемлем на неблагоприятных уклонах
5. Подходит для полива растений, чувствительных к заболеваниям листьев	5. Неприемлем в качестве освежительного и противозаморозкового поливов
<b>Дождевание</b>	
1. Возможно на полях со сложной топографией, где невозможно применить поверхностное орошение	1. Дополнительные затраты на энергию, потребляемую на создание нужных напоров в оросительных системах
2. Подходит для полива большинства культур	2. Потери воды на границах участка
3. Возможно экономное использование воды, высокая эффективность полива	3. Неравномерность распределения воды в поле при ветре
4. Обеспечивает широкую механизацию всех сельхозработ, их выполнение в сжатые сроки	4. Полив минерализованными водами отрицательно воздействует на лиственный покров (ожог листьев), снижая урожай
5. Широкий диапазон выбора размера сопла дождевателей облегчает проектирование и регулировку интенсивности полива	5. Проблемы уплотнения верхнего слоя почвы, связанного с образованием корки на поверхности почвы, и повышенный сток
6. Дает возможность точного измерения расхода воды на участке	6. Высокие начальные капиталовложения
7. Увеличивает коэффициент земельного использования	7. Усложняет проведение сельхозработ на орошаемом участке (вспашка, опрыскивание, уборка урожая)
8. Высокая мобильность систем орошения	
9. Подходит ко всем вспомогательным поливам	

Окончание таблицы 1

10. Подходит для промывки солей в почве	
11. Возможность достижения равномерного распределения воды в поле	
12. Удобство внесения удобрений с поливной водой	
<b>Капельный полив</b>	
1. Возможна более высокая урожайность, сопровождаемая экономией поливных норм, затраты воды на единицу продукции ниже	1. Кардинальный вопрос – окупают ли увеличения урожая и экономия воды капиталовложения на приобретение капельных систем орошения
2. Потери влаги за счет испарения меньше, чем при дождевании или поверхностном орошении (меньше поверхность увлажняемого участка)	2. Проблематично для орошения молодых деревьев (посадок) в засушливых районах с песчаными почвами и сильными ветрами
3. Не требует тщательной планировки поливного участка, предотвращает поверхностный сток даже в сложных топографических условиях	3. Не приемлемо для вспомогательных технических поливов
4. Дает возможность проведения сельхозработ во время орошения (в садах, виноградниках и др.)	4. Не пригодно как противозаморозковое орошение
5. Ветер не влияет на распределение влаги	
6. Обеспечивает подачу удобрений непосредственно в корнеобитаемый слой	
7. Нет периферийной потери воды	
8. При достаточных осадках или засолении не представляет проблем	
9. Возможность полива малыми поливными нормами и с короткими межполивными периодами	
10. Количество сорняков меньше, чем при других способах орошения	

Например, исходя из многолетнего опыта работы можно заключить, что полив дождеванием вряд ли будет разумным решением в следующих случаях[1]:

– на полях со сложным рельефом, где вода неравномерно распределяется по полю, стекая со склонов в понижения, поскольку урожай теряется как в зонах недостатка влаги (на вершинах и склонах), так и в зонах переувлажнений;

– на участках сложной геометрии, где даже фронтальные дождевальные агрегаты не решают проблему поля ломаной конфигурации, все они рассчитаны на прямоугольные участки;

– на солонцеватых почвах (не путать с засоленными), где вода слишком медленно впитывается и полив дождеванием приводит к образованию луж на поверхности и дефициту воздуха в корнеобитаемой зоне;

– на тяжелых глинах (по тем же причинам, что и на солонцах), а также на песках, где для поддержания оптимальной влажности в почве поливать приходится практически ежедневно;

– на полях, значительно удаленных от источников воды. Этот фактор также очень важен, т.к. чем дальше расположен водоисточник, тем дороже перекачка воды, тем больше потери давления в напорной трубопроводной сети. А рабочее давление, необходимое для дождевания, в несколько раз выше, чем для капельного орошения. Так например, компенсированные капельницы работают безупречно при избыточном давлении от 0,2 атм., в то время как дождевальная агрегат требует от 3 до 7 атм. Для оросительных систем в зависимости от удаленности поля от водоисточника и количества перекачивающих насосных станций стоимость воды для хозяйств может различаться в разы.

Выбор системы полива, помимо того, зависит от экологических ограничений, связанных с почвенно-климатическими и рельефными условиями участка орошения. Однако, в конечном итоге, целесообразность применения того или иного оросительного оборудования и технологии полива устанавливается путем сопоставления ряда количественных технико-экономических показателей, к важнейшим из которых относятся: цена поставки воды для орошения, размер требуемых капитальных вложений в орошение и условия их выделения, эксплуатационные затраты, общий доход и чистый доход (нетто) с одного гектара, срок окупаемости оросительной системы.

#### **Цена воды для орошения**

Для принятия решений при управлении затратами и планировании производства на орошаемых землях необходимо учитывать интересы водохозяйственных организаций, управляющих водными ресурсами, и сельскохозяйственных предприятий, производящих растениеводческую продукцию с использованием орошения. Столкновение этих интересов может возникнуть при установлении пороговых цен на поставку воды для орошения.

С целью учёта рыночной составляющей при оценке стоимости поливной воды может быть использован традиционный принцип формирования цен. Согласно этому принципу в орошаемом земледелии при дефиците водных ресурсов всё многообразие ценообразующих факторов может быть сведено к учёту спроса и предложения на воду.

Пороговый уровень цен на поливную воду представляет собой тот уровень цен, при котором покрываются затраты водохозяйственных организаций по организации поставки воды (включая затраты на ремонты и восстановление насосных станций, гидротехнических сооружений и оборудования), а сельскохозяйственным организациям (предприятиям) выгодно производство продукции на орошаемых землях.

На рис. 1 представлена структура взаимосвязи уровней цен и объёмов водопотребления в виде графика зависимости удельных средних затрат, которые несут водохозяйственные организации при поставке поливной воды сельскохозяйственным предприятиям[2]:

$$Z_{вх(уд)} = \frac{C_{а\bar{o}}}{W}, \quad (1)$$

где  $Z_{вх(уд)}$ – удельные затраты водохозяйственной организации при поставке поливной воды сельскохозяйственным предприятиям, руб./м<sup>3</sup>;  $Z_{вх}$ –общие затраты водохозяйственной организации при поставке поливной воды сельскохозяйственным предприятиям, руб.;  $W$ – общий объём поставки поливной воды сельскохозяйственным предприятиям, м<sup>3</sup>.

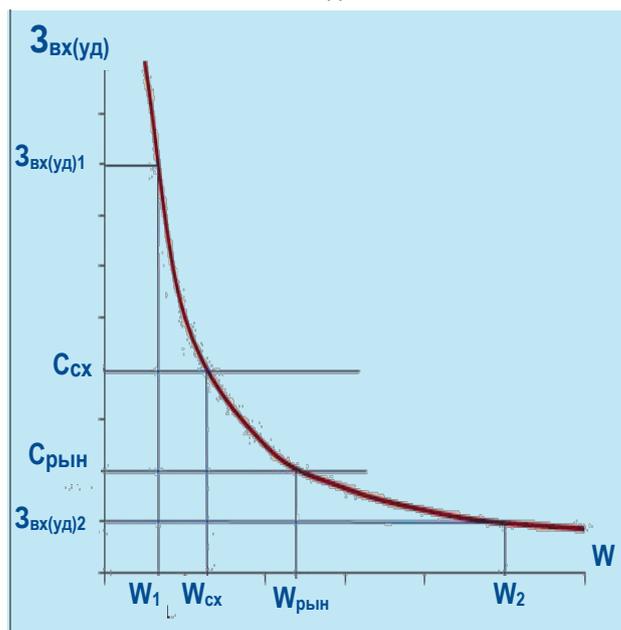


Рисунок 1– Взаимосвязь уровней цен на воду и объемов водоподачи

Анализ зависимости (1) показывает, что по мере увеличения объемов поставки воды уровень затрат снижается. Допустим, что объём поставляемой поливной воды составляет  $W_2$ . Очевидно, что при данном объёме поливной воды её отпускная цена, устанавливаемая водохозяйственной организацией, не может быть ниже порогового значения, равного  $Z_{вх(уд)2}$ .

Для получения прибыли расчёты между водохозяйственными и сельскохозяйственными предприятиями осуществляются по некоторым сложившимся рыночным ценам на воду  $C_{рын}$ , несколько большими, чем  $Z_{вх(уд)2}$ . Разница между этими ценами и определяет доход водохозяйственной организации:

$$D_{вх2} = C_{рын} - Z_{вх(уд)2}, \quad (2)$$

где  $D_{вх2}$ – доход водохозяйственной организации от поставки воды сельскохозяйственным предприятиям для орошения при объеме поставки  $W_2$ , руб./м<sup>3</sup>;  $C_{рын}$ – сложившиеся рыночные цены на воду, руб./м<sup>3</sup>.

Очевидно, что доход (2) для водохозяйственного предприятия будет тем больше, чем больше будут объёмы поставки воды. Ограничением здесь могут служить только экологические нормы и установленные правила водораспределения.

Вывод из зависимостей(1) и (2)однозначен – для водохозяйственной организации выгодно повышать объёмы поставки воды для орошения.

В свою очередь, для сельскохозяйственного предприятия пороговый уровень цен, по которым выгодно пользоваться услугами водохозяйственной организации на подачу воды для орошения, определяется уровнем  $C_{сх}$ , исходя из сложившихся на рынке цен на орошаемую растениеводческую продукцию, которую производит сельхозпредприятие. Этот уровень цен не может быть ниже  $C_{рынк}$ . Аналогично (2) доход сельскохозяйственного предприятия( $D_{сх}$ ) определится как:

$$D_{сх} = C_{сх} - C_{рынк}, \quad (3)$$

где  $D_{сх}$ – доход сельскохозяйственной организации от орошения в расчете на единицу объема поставляемой воды, руб./м<sup>3</sup>;  $C_{сх}$ – окупаемость поливной воды растениеводческой продукцией с учетом сложившихся на нее рыночных цен, руб./м<sup>3</sup>.

Для сельхозпроизводителя, наоборот, доход будет тем больше, чем меньше воды использовано для получения запланированного урожая. Но при сокращении объёмов поставки воды ситуация может кардинально измениться. Это очень важно, так как применение прогрессивных технологий, например таких, как капельное орошение, предполагает значительное сокращение объёмов поливной воды.

Согласно графика (рис. 1), при объёме поставки поливной воды, равном  $W_2$ , оба предприятия (водохозяйственное и сельскохозяйственное) получают доход. Но допустим, уровень потребления воды сельхозпредприятием снизится до уровня  $W_1$ , тогда пороговое значение цены  $Z_{ex(yd)1}$  превысит  $C_{рынк}$  и для водохозяйственной организации появится так называемый диспаритет цен, при котором эффективное взаимодействие водохозяйственных и сельскохозяйственных предприятий становится невозможным.

Данное противоречие между водохозяйственными организациями, поставляющими воду для орошения, и сельхозпроизводителями, возделывающими растениеводческую продукцию на орошаемых землях, всегда необходимо учитывать при организации контроля за водопользованием и водопотреблением, отдавая предпочтение сельскохозяйственным предприятиям, заинтересованным в сокращении объёмов потребления воды на орошение. В оптимальном варианте, поставкой воды для орошения, как и самим поливом, должно заниматься предприятие, получающее доход от орошения. Только в этом случае в орошаемом земледелии можно полностью исключить экономические противоречия между водохозяйственными и сельскохозяйственными предприятиями.

### **Экономические показатели, эффективность**

На сегодняшний день известны методики расчёта эффективности сельскохозяйст-

венного производства на основе оценки земель, планируемой урожайности сельскохозяйственных культур, фактических производственных затрат и др. В общем случае рентабельность производства растениеводческой продукции на орошаемых землях определяется с учетом всех факторов [2]:

$$R = \left( \frac{c_{пр} Q_{пр}}{C_{i\delta} + C_{i\tilde{e}} + C_{i\tilde{n}} + \tilde{n}_{\tilde{a}\tilde{a}} \tilde{I}} - 1 \right) \times 100\% \quad (4)$$

где  $R$  – уровень рентабельности производства, %;  $c_{пр}$  – цена реализации растениеводческой продукции, возделываемой при орошении, руб./т;  $Q_{пр}$  – объем производства продукции, т/га;  $Z_{пр}$  – затраты на возделывание орошаемой растениеводческой продукции, руб./га;  $Z_{пол}$  – годовые затраты на проведение полива, руб./га;  $Z_{ос}$  – постоянные ежегодные затраты на содержание оросительной системы, которая находится на балансе сельскохозяйственной организации, руб./га;  $c_{вод}$  – цена воды, подаваемой на орошение, руб./м<sup>3</sup>;  $M$  – норма орошения, м<sup>3</sup>/га.

Выражение (4) позволяет определить уровень рентабельности хозяйствующих субъектов с учётом сложившихся условий хозяйствования. Заметим, что сумма в знаменателе выражения (4), представляет собой себестоимость продукции.

В настоящее время для анализа себестоимости производства продукции широко используется метод калькулирования на основе прямых затрат, так называемый «direct costing» [3]. В конечном счёте «direct costing» позволяет определить либо критическую урожайность, либо критическую цену продукции, при которых за счёт выручки будут покрыты издержки производства без получения прибыли:

$$Q_{\hat{e}\hat{\delta}} = \frac{C_{i\delta} + C_{i\tilde{n}} + C_{i\tilde{e}} + \tilde{n}_{\tilde{a}\tilde{a}} \tilde{I}}{\tilde{n}_{i\delta}} \quad (5)$$

$$\tilde{n}_{i\delta(\hat{e}\hat{\delta})} = \frac{C_{i\delta} + C_{i\tilde{n}} + C_{i\tilde{e}} + \tilde{n}_{\tilde{a}\tilde{a}} \tilde{I}}{\hat{O}} \quad (6)$$

где  $U_{кр}$  – критическая урожайность орошаемой растениеводческой продукции, т/га;  $c_{пр(кр)}$  – критическая цена реализации растениеводческой продукции, возделываемой при орошении, руб./т;  $U$  – фактическая урожайность растениеводческой продукции, получаемая при орошении, т/га.

Из приведенных зависимостей (4)-(6) следует, что чем на большую величину урожайность, полученная при орошении, превысит критический уровень (5), тем больше рентабельность и доход получит сельхозпредприятие. Доход также увеличится с повышением рыночных цен на продукцию сверх критического значения (6). Кроме того, рентабельность орошаемого растениеводства также будет расти при снижении себестоимости

производства (сельскохозяйственных издержек, стоимости воды, поданной на орошение, и эксплуатационных затрат на содержание оросительной системы и проведение полива).

В свою очередь, себестоимость возделывания орошаемой культуры напрямую зависит от способа орошения и конструкции оросительной системы. Для различных конструкций оросительных систем различаются эксплуатационные затраты, т.е. доход, полученный от орошения также будет различным. Следовательно, задача выбора способа полива для конкретных условий может быть решена только путем сравнения экономических показателей производства растениеводческой продукции на орошаемых землях.

#### **Сравнение технологий и способов полива**

Приведем пример выбора между двумя способами орошения (дождевание и капельный полив) с использованием традиционных экономических подходов. Однако перед тем, как сопоставлять цифры по затратам, нужно уточнить имеющиеся конструкции систем капельного полива. На сегодняшний день выделяют три принципиально различающихся системы капельного орошения [4]:

1. С трубками однолетнего использования при неглубокой укладке в почву (1 - 3 см). Обычно толщина стенки трубки – 6 mils (*прим. ред.: 1 mil = 1/1000 дюйма, или 0,0254 мм*).

2. С трубками многолетнего использования при неглубокой укладке и ежегодным монтажом-демонтажом. Обычно толщина стенки – 15 - 16 mils.

3. С многолетними трубками при глубокой подпочвенной укладке (на 30 - 35 см). Толщина стенки трубки – 16 - 35 mils, срок эксплуатации соответственно 15 - 25 лет, система монтируется однократно на весь период использования. Именно на таких системах обычно применяется полная автоматизация полива, включая программирование режима орошения и питания растений.

У всех этих систем капельного орошения разные стоимости и сроки эксплуатации. Поэтому для большинства сельхозпроизводителей сложно быстро определиться с выбором одного из вариантов систем капельного полива.

Для обоснования выбора можно использовать сравнительные расчеты по ожидаемой экономической эффективности для указанных вариантов систем капельного полива. В табл. 2 в качестве примера приведен оценочный расчет амортизации и затрат на содержание разных типов систем капельного полива для кукурузы [4]. Популярность данной культуры в Беларуси в последние годы растет при возделывании на зерно.

Для сравнительного расчета рассмотрим поле ровной поверхности без уклонов, расположенное непосредственно на берегу водохранилища с источником электроэнергии у границы землеотвода. Цены на материально-технические ресурсы и оплату труда взяты по состоянию на конец 2013 года. Ширина междурядий кукурузы в расчетах принята равной 70 см. Все показатели рассчитаны на 1 га.

Эксплуатационные расходы включают в себя монтаж - демонтаж системы (в пересчете на год эксплуатации), расходы по ежегодному ремонту, заработную плату операто-

Таблица 2 – Расчет амортизации и затрат на содержание систем капельного орошения, долл/га в год

Системы капельного орошения	Стоимость системы орошения	Срок эксплуатации трубки, лет	Амортизация системы	Выплата банковского кредита (в среднем) при ставке		Затраты на обслуживание оросительной системы, в среднем	Итого затрат при ставке банковского кредита	
				14%	24%		14%	24%
Трубки однолетнего использования	1010+ 396	1	564,3	82,5	141,4	308,7	955,5	1014,4
Многолетние трубки с поверхностной укладкой	1010+ 936	6	324,3	158,9	272,4	183,0	666,2	779,7
Многолетние трубки с укладкой глубоко в почву	2020+ 2322	20	217,1	319,1	547,0	128,2	664,4	892,3

ров-поливальщиков (с начислениями). Все варианты включают в себя фильтры автоматической промывки, но только в последнем варианте предусмотрена полная автоматизация (в том числе программирование выполнения полива и питания растений). Для примера выплата банковского процента рассчитана исходя из ставки 14 и 24 % годовых, начисляемых на остаточную стоимость основных средств.

В колонке «Стоимость системы орошения» табл. 2 указаны отдельно стоимость самой капельной трубки (второе число суммы) и стоимость прочих элементов системы, таких как трубопроводы, фильтростанции и т. д. (первое число суммы). Средний срок эксплуатации трубопроводов, фильтростанций и запорной арматуры в первых двух случаях принят равным 6 годам, в третьем случае (многолетняя трубка) – 20 годам[4].

Из данных табл. 2 понятна роль банковского кредита в организации орошения в хозяйстве. Самой экономически выгодной при банковской ставке кредита в 14% является капельная система, базирующаяся на трубке многолетней эксплуатации с глубокой подпочвенной укладкой, а при банковской ставке в 24% наиболее выгоден капельный полив на трубке многолетней эксплуатации, но с поверхностной укладкой. Как видим, высокая стоимость первоначальных инвестиций нередко становится препятствием для применения технически более совершенных, но и более дорогих систем орошения. Поэтому все экономические расчеты необходимо выполнять в деталях применительно к конкретным условиям.

В ряде хозяйств еще с советских времен сохранилась дождевальная техника (типа «Фрегат», «Днепр», «Кубань» или др.). За несколько десятилетий использования эти дождевальные машины (ДМ) фактически полностью самортизиро-

ваны, все затраты на орошение в этом случае сводятся к оплате труда операторов полива, ежегодному ремонту, оплате воды и электроэнергии. Без особых детальных расчетов можно предположить, что на таких полях нет экономического резона переходить на систему капельного полива до тех пор, пока эти поливные машины не износятся окончательно.

Иное дело, когда систему полива только предстоит приобретать. Сегодня вряд ли кто всерьез будет рассматривать покупку морально устаревших «Фрегатов» и их аналогов. Эти машины во многом не подходят для интенсивного выращивания орошаемых культур (в том числе и потому, что из-за низкого расположения водопроводных труб ДМ поливы, например, кукурузы приходится прекращать значительно раньше, чем этого требует интенсивная агротехника культуры).

Дождевание в промышленных масштабах для Беларуси сегодня – это новая широкозахватная техника типа «Bauer», «Valley», «Reinke» последних модификаций и прочие надежные, но очень недешевые машины. Именно с таким дождеванием сравним капельное орошение кукурузы по экономическим показателям. Учтем, что использование барабанно-шланговой дождевальной техники на больших площадях не рекомендуется.

В табл. 3 приведена сравнительная оценка себестоимости выращивания кукурузы на оросительной системе при капельном орошении (представлены все рассмотренные выше три варианта типов капельных систем) и при дождевании с приобретением современной широкозахватной дождевальной машины «Reinke»[4].

**Таблица 3 – Структура себестоимости возделывания зерна кукурузы при дождевании и при капельном орошении, долл/га в год**

1	2	3		
		Системы капельного орошения		
Структура затрат	Дождевальная машина «Reinke»	трубки однолетнего использования	многолетние трубки с поверхностной укладкой	многолетние трубки с укладкой глубоко в почву
Выплата банковского кредита (14% годовых)	103,3	82,5	158,9	319,1
Затраты на содержание, включая амортизацию оборудования и эксплуатацию ОС	262,2	873,0	507,3	345,3
Стоимость семян, посев, агротехника	225,0	225,0	225,0	225,0
Средства защиты растений и удобрения	388,5	388,5	388,5	388,5
Административные расходы и оплата труда (кроме затрат на орошение)	14,4	14,4	14,4	14,4
ГСМ (включая насосную станцию и поливную технику)	138,3	93,7	93,7	93,7
Стоимость поливной воды (включая электроэнергию на подачу до поля)	387,5	337,5	337,5	337,5

Уборка и услуги элеватора	326,6	390,0	390,0	390,0
Охрана и услуги сторонних организаций	31,3	31,3	31,3	31,3
Аренда земли	50,0	50,0	50,0	50,0
<b>Себестоимость урожая</b>	<b>1927,1</b>	<b>2485,9</b>	<b>2196,6</b>	<b>2194,8</b>

Как видим, переход на капельное орошение вовсе не означает увеличения затрат по всем категориям. Некоторые затраты растут (кое-что нужно приобрести из специальной техники, например, укладчики капельной трубки), некоторые остаются неизменными (по крайней мере, в расчете на тонну урожая), но есть и статьи затрат, которые уменьшаются, благодаря большому урожаю капельного поля. Так, например, уменьшается потребность поля в воде (поскольку вода подается по линии посадки культуры, в зону корней без увлажнения междурядий, причем медленно, что почти исключает потери ее на стекание и физическое испарение). Экономия расхода воды в расчете на 1 га в зависимости от региона может составлять в среднем 20-30 %, а в расчете на 1 т получаемой продукции – достигать 50 %.

Кроме того, сами растения кукурузы при капельном орошении имеют большой габитус, высота их достигает 3-3,5 м, они покрыты широкими мощными листьями, и густота стояния в 75-79 тыс. стеблей к уборке абсолютно достаточна для формирования урожая зерна в 140-160 ц/га. При дождевании планируемый урожай несколько ниже – 100-130 ц/га.

Следует учитывать, что для масштабных проектов (для крупных производителей, ежегодно возделывающих кукурузу на нескольких тыс. га) сокращается потребность в дорогой технике. Поясним такую возможность. Как известно, провести посев необходимо за 5-7 дней, поскольку слишком ранняя посадка чревата повреждением растений низкими температурами (кукуруза не только гибнет от заморозков, но многие гибриды очень чувствительны и к низким положительным температурам в критические фазы развития). А задержка с посевом грозит потерей почвенной влаги, каждая капля которой очень важна для формирования будущего урожая. Потому крупные хозяйства имеют, как правило, по несколько мощных широкозахватных сеялок стоимостью 200-250 тыс. долл. каждая[4].

Иное дело – возделывание кукурузы при капельном орошении. Тут можно не торопиться со сроками посева. Проведение посева в течение двух и даже трех недель (при грамотном подборе гибридов по срокам высева) фактически никак не отразится ни на дружности всходов, ни на урожайности. Влагой растения будут обеспечены в нужном количестве и в нужное время (не надо всерьез воспринимать необоснованные рекомендации о том, что «капельные трубки на кукурузе надо укладывать после появления 4-6 листа»). А удлинение периода посева позволяет, соответственно, иметь, по крайней мере, на одну дорогостоящую сеялку меньше[4].

Кроме того, следует учесть соотношение затрат на минеральные удобрения. Безусловно, потребность растений в элементах питания пропорциональна планируемому уро-

жаю. К тому же при капельном орошении, когда почти все питание растений идет с поливной водой, используются только полностью растворимые удобрения, которые стоят дороже, чем традиционные «нитрофоски». Однако и расчеты планов применения удобрений под различные поля, и практика минерального питания при капельном орошении свидетельствуют о том, что общая сумма затрат по этой статье расходов на гектар капельного орошения почти не отличается от дождевания или интенсивного выращивания на богаре[4].

Этому есть не только практическое подтверждение, но и логическое объяснение – гораздо более высокая усвояемость элементов питания (как из почвы, так и из удобрений) наблюдается при фертигации (внесении с поливной водой). Во-первых, корневая система, усваивающая удобрительные растворы, сосредоточена возле капельниц (источника воды), и именно в это место подаются удобрения; во-вторых, поскольку удобрения даются дробно, малыми порциями, в соответствии с динамикой потребления их растениями, это практически исключает их потери; и в третьих, постоянное поддержание оптимальной влажности в корнеобитаемой зоне само по себе является важнейшим фактором повышения усвоения элементов питания. Ведь известно, что пересыхание почвы, как и ее переувлажнение, всегда ведет к проблемам с усвоением элементов питания, а значит, и к недобору урожая[4].

Табл. 3 позволяет наглядно оценить соотношение себестоимости выращивания кукурузы при дождевании и при капельном орошении. Для заявленной ставки банковского кредита (14% годовых, начисляемых на остаточную стоимость основных средств) себестоимость урожая кукурузы в расчете на 1 га существенно меньше при орошении дождеванием, чем на системах капельного полива любой конструкции.

Казалось бы, на этом можно и остановить выбор наиболее выгодной системы орошения. Вместе с тем, для полной оценки преимуществ того или иного способа полива необходим более детальный анализ экономических показателей (чистой прибыли, рентабельности, критической цены на зерно и др.) в соответствии с зависимостями (4)-(6). Уточним, что в конце 2013 года стоимость реализации зерна кукурузы в Беларуси составляла около 266 долл/т. Результаты расчета по (4)-(6) при разном биологическом эффекте дождевания и капельного орошения приведены в табл. 4.

**Таблица 4 – Экономические показатели возделывания зерна кукурузы при дождевании и при капельном орошении**

Структура затрат	Дождевальная машина «Reinke»	Системы капельного орошения		
		трубки одно-летнего использования	многолетние трубки с поверхностной укладкой	многолетние трубки с укладкой глубоко в почву
Себестоимость урожая, долл/га	1927,1	2485,9	2196,6	2194,8
Критический урожай (т/га)	7,24	9,35	8,26	8,25
При урожае зерна, т/га	13	14	14	14

Окончание таблицы 4

Выручка от реализации (долл/га)	3458	3724	3724	3724
Чистая прибыль (долл/га)	<b>1530,9</b>	1238,1	1527,4	1529,2
Рентабельность (%)	<b>79,4</b>	49,8	69,5	69,7
Критическая цена зерна, долл/т	<b>148,2</b>	177,6	156,9	156,8
<b>При урожае зерна, т/га</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>
Выручка от реализации (долл/га)	2926	4256	4256	4256
Чистая прибыль (долл/га)	998,9	1770,1	2059,4	<b>2061,2</b>
Рентабельность (%)	51,8	71,2	93,8	<b>93,9</b>
Критическая цена зерна, долл/т	175,2	155,4	137,3	<b>137,2</b>

В соответствии с данными табл. 4 при небольшой разнице между урожаями зерна кукурузы при дождевании и капельном орошении чистая прибыль и рентабельность производства зерна кукурузы выше, а себестоимость ниже на варианте с дождеванием. Распространяя полученный результат на другие культуры, можно оценочно заключить, что при невысоком различии между урожаями при дождевании и капельном поливе (примерно до 10%) выбор способа орошения можно останавливать на дождевании. Однако при росте прибавки урожая на варианте с капельным орошением по сравнению с дождеванием приоритеты (по чистой прибыли и рентабельности производства) смещаются к капельному способу полива (табл. 4).

Таким образом, согласно результатам анализа можно отметить, что основную роль в раскладе экономических показателей при выборе способа орошения играет величина ожидаемой прибавки урожая. Помимо того, как следует из табл. 2, важны размеры ставок банковских кредитов на инвестиции в строительство оросительной системы. Невысокие ставки способствуют приоритету более прогрессивной капельной технологии орошения.

Весьма информативными являются приведенные в табл. 4 критические урожаи и критические цены на зерно кукурузы по вариантам конструкций оросительных систем. На их основе сельхозпроизводитель может планировать ресурсы под урожай с ориентацией на рыночную стоимость конечной продукции. Кроме того, на основании полученных значений критических урожаев (табл. 4) можно сделать вывод, что для окупаемости капельного орошения необходима большая прибавка урожая, чем для окупаемости дождевания.

### Заключение

Экономическая оценка альтернативных технологий возделывания растениеводческой продукции при орошении очень индивидуальна и ее результаты существенно зависят от конкретных условий. Чтобы не ошибиться в принятии столь серьезного решения, как выбор способа орошения и конструкции оросительной системы, каждый руководитель аграрного проекта должен иметь на столе максимально детальные экономические расчеты и, прежде всего, уметь планировать урожайность орошаемой культуры в соответствии

с имеющимися ресурсами, знать уровень сельскохозяйственных издержек, стоимость воды, подаваемой на орошение, и эксплуатационные затраты на содержание оросительной системы и проведение полива.

**Библиографический список**

1. Лев, Я. Обобщение международного опыта развития передовых технологий полива сельскохозяйственных культур / Я. Лев // Национальный диалог о водной политике в рамках водной инициативы европейского союза, компонент для стран Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии: Доклад. (Бишкек, 17 марта 2015 г.). – [http://www.unecce.org/fileadmin/DAM/env/documents/2015/WAT/03Mar17Bishkek/KG\\_12SC\\_Lev\\_RU.pdf](http://www.unecce.org/fileadmin/DAM/env/documents/2015/WAT/03Mar17Bishkek/KG_12SC_Lev_RU.pdf). – дата доступа 17.09.2015 г.
2. Старцев, А.В. Повышение экономической эффективности орошаемого земледелия Оренбургской области за счёт рационального использования поливной воды / А.В. Старцев, О.В. Лычагина // Экономические науки. – С.139-142.– дата доступа 17.09.2015 г.
3. Кулакова, О. Метод на основе прямых издержек. (DirectCosting)/ О. Кулакова // Современные методы управления. – URL: <http://www.cis.2000.ru/Budgeting/Mailing/DirectCosting.shtml>.– дата доступа 17.09.2015 г.
4. Дудка, В. Экономика выращивания кукурузы на капельном орошении/ В. Дудка. – <http://www.avgust.com/newspaper/topics/detail.php?ID=4574>.– дата доступа 17.09.2015 г.

**Summary**

**A. Likhatchevich, G. Latushkina, A. Levkevich**

**SELECTING THE MODE OF IRRIGATION FOR AGRICULTURAL CROPS**

Detailed economic calculations, the rate of agricultural cost, the water cost for irrigation, operating cost to maintain irrigation system and watering should be taken into account to select the optimal irrigation mode and irrigation system. The alternative technologies of plant growing products are estimated both in sprinkling and drop irrigation regime, how its results depends on specific conditions is shown in this article.

*Поступила 21.10.2015*