

УДК 626.844

## **ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ АКТИВИРОВАННОЙ ВОДЫ**

**В.В. Карпунин**, кандидат технических наук

ГНУ «Поволжский научно-исследовательский институт эколого-мелиоративных технологий  
Российской академии сельскохозяйственных наук»  
Волгоград, Российская Федерация

**Ключевые слова:** инновационная технология, капельное орошение, активированная вода, эффективность

### **Введение**

Современные агроэкологические и экономические условия производства сельскохозяйственной продукции диктуют необходимость выбора экологически безопасных технологий и технических средств полива, к которым относится капельное орошение.

Наиболее перспективно применение капельного орошения в районах с ограниченными водными ресурсами и высокой себестоимостью оросительной воды, на почвах с высокой проницаемостью, при отсутствии дополнительных площадей, на участках с пересечённым или горным рельефом – там, где другие способы полива вообще не применимы, при выращивании, прежде всего, ценных, высокорентабельных культур.

Внедрение капельного орошения на значительных площадях продиктовано определёнными достоинствами перед другими способами полива. Основные преимущества капельного орошения заключаются в следующем:

- правильно спроектированная система капельного полива позволяет добиться максимально равномерного распределения поливной воды и питательных элементов по всему участку, обеспечивая стандарт в развитии растений и сроках их созревания, что облегчает сбор урожая и снижает его потери;
- ограниченное увлажнение поверхности поливного участка позволяет проводить все агротехнические мероприятия в оптимальные сроки одновременно с орошением;
- экономия оросительной воды, главным образом, связанная с увлажнением ограниченного объёма почвы, снижением потерь на глубинную инфильтрацию и испарение;
- капельное орошение не требует повышенного рабочего давления в трубопроводах (в отличие от дождевания), что позволяет снизить капитальные затраты на внедрение насосных агрегатов и эксплуатационные затраты при проведении орошения;
- исключение поверхностного стока, что позволяет избежать эрозии почв и орошать сельскохозяйственные культуры, возделываемые на склонах и на участках с пересечённым рельефом местности;

- возможность более глубокого промачивания (на всю глубину водообмена) по сравнению с поливом дождеванием, что очень важно при орошении садов на тяжёлых по механическому составу почвах;

- системы капельного орошения позволяют проводить полив в более сжатые сроки, что играет особую роль в условиях, где естественное увлажнение почвы весьма неравномерно в течение периода вегетации.

- при капельном орошении не происходит намокания вегетативной массы и плодов растений, что имеет существенное значение (особенно у овощных культур) для предотвращения заболеваний, солнечных ожогов и получения урожая высокого качества.

Несмотря на вышеуказанные преимущества капельного орошения перед другими способами водных мелиораций, имеется ещё целый ряд нерешённых вопросов, затрудняющих увеличение площадей с этим, несомненно, прогрессивным способом полива.

Основной недостаток капельного орошения – засорение капельниц фитопланктоном, биологические помехи в системах капельного орошения и необходимость дорогостоящей тонкой очистки воды. В этой связи требуется его дальнейшее исследование в различных почвенно-климатических зонах и рельефных условиях, а также принципиальное совершенствование с разработкой и использованием элементов повышения качества оросительной воды.

Перспективным направлением повышения эффективности современного орошаемого земледелия является повышение биологической активности оросительной воды.

Основными процессами роста и развития любого организма, в том числе и растений, являются окислительно-восстановительные реакции, связанные с передачей или присоединением электронов в молекулах. Энергия, выделяемая при этих реакциях, расходуется на обеспечение процессов жизнедеятельности.

Наиболее значимым фактором, влияющим на параметры окислительно-восстановительных реакций, протекающих в любой жидкой среде, является окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) среды, в которой протекает эта реакция. Если поступающая в растение оросительная вода имеет ОВП, близкий к значению ОВП внутренней среды растений, то жизненная энергия клеточных мембран не расходуется на коррекцию активности электронов воды и вода с питательными веществами хорошо усваивается растением, так как обладает биологической совместимостью по этому параметру. В этом случае энергия и жизненная сила растения возрастают и его урожайность значительно увеличивается. Если оросительная вода имеет более отрицательную величину ОВП, чем ОВП внутренней среды растения, то вода подпитывает растение этой энергией, которая используется клетками как энергетический резерв антиокислительной защиты растения от неблагоприятного влияния внешней среды [ 3 ].

Изменение окислительно-восстановительного потенциала оросительной воды позволяет создавать благоприятные условия для роста и развития сельскохозяйствен-

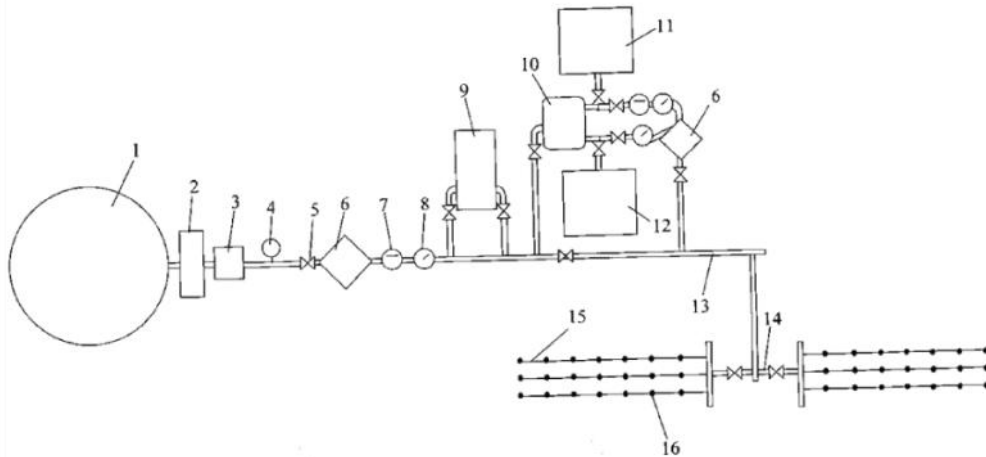
ных культур и значительного повышения их урожайности.

Протекание через воду постоянного электрического тока вызывает поступление электронов в воду у катода и удаление электронов из воды у анода [ 1 ].

В результате вышеуказанных электрохимических реакций образуются новые вещества, изменяется вся система межмолекулярных взаимодействий, в том числе и структура воды как растворителя. При катодной обработке вода приобретает щелочную реакцию за счёт превращения некоторой части растворённых солей в гидроксиды. При этом ОВП воды снижается, уменьшается поверхностное натяжение и содержание растворённых кислорода, азота, увеличивается концентрация водорода, свободных гидроксильных групп, уменьшается электропроводность, изменяется структура гидратных оболочек ионов и свободного объёма воды.

Количественной характеристикой кислотности или щёлочности воды является водородный показатель pH. Вода на две трети состоит из водорода и на одну треть из кислорода, т.е. молекула воды образуется соединением двух атомов водорода и одного атома кислорода. Молекула воды поляризована электрически – сторона водорода более положительная, а сторона кислорода более отрицательная. В молекуле воды два атома водорода присоединены к атому кислорода под углом  $104,5^{\circ}$ . Одним из свойств воды является её способность ионизировать – это процесс, при котором атом или молекула теряет электрон, переходящий к другому атому, либо, напротив, получает электрон от другого атома. При ионизации молекула воды расщепляется на две части – ион водорода (обозначается  $H^{+}$ ) и ион гидроксила (обозначается  $OH^{-}$ ). Ионизированные молекулы воды способны взаимодействовать с многими химическими веществами, в результате чего образуются разнообразные продукты реакции. Если в воде преобладают  $H^{+}$  ионы, она называется кислотной водой. Если в воде больше  $OH^{-}$  ионов, её называют щелочной водой. Если концентрация  $H^{+}$  и  $OH^{-}$  ионов равна, то вода нейтральная.

При анодной электрообработке кислотность воды увеличивается, ОВП возрастает за счёт образования устойчивых и нестабильных кислот (серной, соляной и др.), а также пероксида водорода, пероксосульфатов, пероксокарбонатов, кислотосодержащих соединений хлора и различных промежуточных соединений. В результате анодной электрообработки несколько уменьшается поверхностное натяжение, увеличиваются электропроводность, содержание растворённых хлора, кислорода, уменьшаются концентрация водорода, азота, изменяется структура воды. Таким образом, в активированной воде происходит значительное изменение структурных составляющих межмолекулярного энергетического взаимодействия, т.е. активная концентрация ионов изменяется за счёт изменения коэффициентов активности. В активированных растворах молекулы воды обладают дополнительными степенями свободы за счёт разорванных под влиянием электрического поля водородных связей. Это оказывает большое влияние на тонкие физико-химические и биологические реакции, обуславливает повышенную способность активированных рас-



**Принципиальная технологическая схема системы капельного орошения с модулем активации воды**

творов и воды проникать в межмолекулярные пространства различных веществ, в том числе через биологические мембраны, увеличивать гидратные оболочки вокруг отдельных ионов и молекул, а также на границах раздела фаз, повышать растворимость труднорастворимых соединений, усиливать экстракционную активность растворов и воды.

По результатам исследований и опытно-конструкторских работ, выполненных в ГНУ ПНИИЭМТ Россельхозакадемии, впервые разработана и защищена патентом на изобретение № 2374832 [ 5 ] новейшая система капельного орошения с модулем активации воды (см.рисунок).

В состав системы капельного орошения (СКО) с модулем активации воды входят: источник водоснабжения 1; насосная станция 2; блок автоматизации полива 3; регулятор давления с дистанционным управлением 4; запорная арматура в виде вентилей 5; фильтры 6; водомерное устройство 7; манометры 8; устройство для подачи удобрений в поливную сеть 9; модуль активации воды 10; ёмкости для набора католита и анолита 11, 12; магистральный 13, распределительные 14 и поливные 15 трубопроводы; капельницы 16.

Параметры модуля активации оросительной воды определяют из следующих теоретически установленных и экспериментально уточнённых нами зависимостей [ 2, 4 ]:

$$D_k = 0,6 \cdot k^4 \sqrt[3]{Q^2 / H_0} \cdot 11,5 \cdot 10^{-4} L \cdot k_1 \sqrt[3]{\Delta_1} \quad (1)$$

$$D_d = D_k - 2(D_1 + D_2 + d) \quad (2)$$

$$V_k = \frac{1,27 Q}{D_k^2 - D_d^2} \quad (3)$$

где  $D_k$  – внутренний диаметр полового цилиндрического катода, мм;

$k$  – коэффициент пропорциональности,  $65 \cdot \text{м}^{1/2} \cdot \text{с}^{1/2}$ ;

$Q_k$  – максимальная производительность модуля активации по выходу католита,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$H_0$  – напор воды перед входом в катодную камеру, м;

$L$  – длина катодной камеры, м;

$k_1$  – коэффициент пропорциональности,  $\text{м}^{-1}$ ;

$\Delta_1$  – зазор между внутренней поверхностью полого цилиндрического катода и диафрагмой,  $\Delta_1 \leq 0,004$  м;

$\Delta_2$  – зазор между поверхностью анода и внутренней поверхностью диафрагмы,

$\Delta_2 \leq 0,004$  м;

$D_a$  – диаметр стержневого анода, м;

$\delta$  – толщина диафрагмы, м;

$V_k$  – скорость движения воды в катодной камере, м/с;

$D_d = (D_k - 2\Delta_1)$  – внешний диаметр диафрагмы, м.

Максимальная производительность модуля активации воды по выходу католита ( $Q_k$ ) и анолита ( $Q_a$ ) установлена по результатам выполненных нами исследований:

$$Q_k = 0,5 \cdot k_2 \cdot \Delta_1 (D_k - \Delta_1) \cdot H_0^{1/2}, \quad (4)$$

$$Q_a = 0,5 \cdot \Delta_2 (D_a + \Delta_2) \cdot H_0^{1/2}, \quad (5)$$

где  $k_2$  – коэффициент снижения пропускной способности катодной камеры установки из-за образования минеральных отложений на поверхности пористой диафрагмы и электродов, образующихся в результате сложного физико-химического процесса электрохимической активации; по результатам экспериментальных исследований в процессе эксплуатации модуля активации  $k_2$  изменяется в пределах от 0,9 до 0,8.

Экспериментально подтверждено: погрешность определения параметров  $D_k$ ,  $D_a$ ,  $Q_k$  и  $Q_a$ , соответственно, по установленным зависимостям (1), (2), (4) и (5) не превышает  $\pm 6\%$ .

По результатам исследований установлено: для получения наиболее высокой урожайности полив выращиваемых культур следует осуществлять активированной смесью католита и анолита в соотношении, соответственно, 80...50 : 20...50% [6]. При этом нами определено оптимальное соотношение основных технологических и конструктивных параметров модуля электрохимической активации оросительной воды:

$$\frac{Q_a}{Q_k} = \frac{\Delta_2 \cdot D_a + \Delta_2}{\Delta_1 \cdot D_k - \Delta_1} = \frac{1}{4 \dots 1} \cdot k_2 \quad (6)$$

Оптимальное значение окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) активированной смеси в системах капельного орошения должно быть в пределах -100...-200 мВ.

Установки для электрохимической активации воды допускают регулирование количества конечных продуктов – католита и анолита; получать только католит или анолит не-

возможно. При поливах смесью католита и анолита в соотношении, соответственно, 80... 50 : 20...50% используются обе составляющие активированной воды, одновременно достигается стимулирование развития растений и происходит стерилизация растений и почвы.

При поливах томатов районированного сорта «Новичок» смесью католита и анолита в соотношении 50 : 50 и 80 : 20% урожайность томатов по сравнению с контролем возросла, соответственно, на 17 и 22%, а крупность плодов на 37 и 40% при экологичности технологии возделывания. Причём, поливы активированными растворами чередовали с поливами обычной водой (один полив активированной водой приходился на два полива обычной водой). Благодаря этому предотвращалось насыщение почвы активными ионами и промывалась почва, достигалось снижение энергозатрат на активацию [6].

При поливах томатов «минерализованными» католитом и анолитом в том же соотношении (80 : 20 %) – растворами, полученными за счёт добавления в исходную воду (до активации) комплексных минеральных удобрений (3 %), дополнительная прибавка урожая составляет 8-12 %.

Многолетними лабораторными и опытно-производственными полевыми исследованиями ГНУ ПНИИЭМТ и ГНУ ВНИАЛМИ Россельхозакадемии по оценке влияния электрохимически активированной воды на почву, энергию прорастания и всхожесть семян, предварительно обработанных католитом или анолитом, установлено, что активация обеспечивает регуляцию роста растений при воздействии на семенной материал, а также на корневую и листовую часть растений, при этом уменьшается возможность повреждений семян и растений болезнями и вредителями, повышается урожайность и достигается возможность получения экологически чистой растениеводческой и животноводческой продукции, так как исключается применение дорогостоящих и токсичных химических препаратов для протравливания семян и снижается доза удобрения растений.

Приведённых данных достаточно, чтобы судить о перспективности и эффективности технологий в растениеводстве за счёт применения экологически чистых активированных водных растворов.

За разработку инновационной технологии применения активированных водных растворов для повышения эффективности оросительных систем, урожайности и качества продукции ГНУ ПНИИЭМТ Россельхозакадемии удостоен I премии Волгоградской области в сфере науки и техники и награждён серебряной медалью и дипломом на Всероссийской выставке «Золотая осень – 2010».

### **Литература**

1. Бахир, В.М. Химический состав и свойства электрохимически активированных растворов / В.М. Бахир // Электроактивация, новая техника, новые технологии. Вып. 3. – М.: ВНИИЭМТ, 1990. – 11 с.
2. Карпунин, В.В. Инновационные технологии и технические средства повышения эффективности систем капельного орошения / В.В. Карпунин, А.Н. Чушкин, Е.И. Чушкина // Материалы научно-практической конференции «Инновационные технологии повышения эффективности мелиора-

- тивных систем и безопасности гидротехнических сооружений» 26-28 мая 2010 / ГНУ ПНИИ-ЭМТ: ФГОУ ВПО ВГСХА ИПК «Нива». – Волгоград, 2010. – С.14-20;
3. Карпунин, В.В. Технология предпосевной обработки семян пропашных и овощных культур с применением электрохимически активированной воды / В.В. Карпунин, А.Н. Чушкин, Е.И. Чушкина // Инновационные технологии повышения эффективности мелиоративных систем и безопасности гидротехнических сооружений : материалы научно-практ. конф., 26-28 мая 2010 / ГНУ ПНИИЭМТ: ФГОУ ВПО ВГСХА ИПК «Нива». – Волгоград, 2010. – С.82-86.
  4. Патент №2252920 Российская Федерация, МПК C02F1/46. Установка для электрохимической активации питьевой и оросительной воды [Текст] / Карпунин В.В., Алимов А.Г., Лагутин А.Н., Алимов А.А., Салдаев А.М., Абезин В.Г.; заявитель и патентообладатель ГНУ Поволжский НИИ эколого-мелиоративных технологий Россельхозакадемии – №2004119650; заявл. 28.06.2004; опубл. 27.05.2005, Бюл. №15.
  5. Патент №2374832 Российская Федерация, МПК A01G 25/02. Оросительная система с модулем активации воды [Текст] / Абезин В.Г., Карпунин В.В.; заявитель и патентообладатель ГНУ Поволжский НИИ эколого-мелиоративных технологий Россельхозакадемии – №2008140008/12; заявл. 08.10.2008 г., опубл. 10.12.2009, Бюл. №34.
  6. Пындак, В.И. Перспективы применения экологически чистых активированных водных растворов в растениеводстве / В.И. Пындак, В.В. Лагутин, А.В. Юшкин // Поволжский экологический вестник. Вып. 8. – Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2001. – С. 119-122.

#### **Summary**

***Karpunin V.V.***

#### ***TECHNICAL MEANS OF INCREASING THE EFFICIENCY OF THE DROP IRRIGATION SYSTEMS USING ACTIVATED WATER***

The technologies of obtaining activated water solutions and those of their application in the drop irrigation systems are considered in the article. The optimal proportions of activated water components necessary for receiving constant vegetable harvests are offered.

*Поступила 30 декабря 2010 г.*