

DOI: 10.58168/ROBOTICS2024\_36-41

УДК 631.674: 621.316.7

**ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПОЛИВА В ТЕПЛИЧНЫХ КОМПЛЕКСАХ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННОЙ  
ВОДЫ**

**TECHNICAL MEANS OF IRRIGATION IN GREENHOUSE COMPLEXES  
USING ELECTROCHEMICALLY ACTIVATED WATER**

**Грибанов А.А., к.т.н., доцент**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет  
имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

vgltaapp@mail.ru

**Gribanov A.A., PhD (Engineering), Associate professor**

FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after  
G.F. Morozov"

Voronezh, Russian Federation

**Аннотация:** В статье рассматриваются технические средства полива в тепличных комплексах, использующие электрохимически активированную воду (ЭАВ). Представлен анализ существующих систем, их эффективность и влияние на урожайность и качество растениеводства. Особое внимание уделено механизмам электрохимической активации воды, а также преимуществам и недостаткам её использования в условиях закрытого грунта.

**Abstract:** The article explores the technical means of irrigation in greenhouse complexes employing electrochemically activated water (ECAW). An analysis of existing systems, their efficiency, and impact on crop yield and quality of horticulture is presented. Special attention is given to the mechanisms of electrochemical activation of water, as well as the advantages and disadvantages of its use in controlled-environment agriculture.

**Ключевые слова:** тепличные комплексы, полив, электрохимическая активация воды, ЭАВ, урожайность, растениеводство, технические средства полива, системы полива, закрытый грунт, агротехнологии.

**Keywords:** greenhouse complexes, irrigation, electrochemical water activation, ECAW, crop yield, horticulture, irrigation technologies, irrigation systems, controlled environment, agritechnology.

Тепличные комплексы играют ключевую роль в современном сельском хозяйстве, обеспечивая устойчивое производство овощей и других культур в условиях изменяющегося климата. Эффективное управление поливом в тепличных комплексах имеет принципиальное значение для достижения высоких показателей урожайности и качества продукции. В последние годы активно исследуются новые технологии, направленные на оптимизацию процессов полива. Одной из перспективных технологий является использование электрохимически активированной воды.

Процесс ЭАВ можно описать следующим алгоритмом:

1. Вода поступает в электрохимический резервуар, где она подготавливается к процессу активации, пройдя необходимые стадии фильтрации и предварительной обработки.

2. В резервуаре вода подвергается воздействию постоянного электрического тока, проходящего через электроды – анод и катод.

3. На катоде формируется католит – вода с восстановленными свойствами и высоким рН. На аноде – анолит, вода с окислительными свойствами и низким рН.

4. Полученные католит и анолит собираются в разных резервуарах и используются согласно их функциональному назначению.

Полученная таким образом вода обладает уникальными свойствами, способствующими более эффективному увлажнению и питанию корневой системы растений.

Математическое описание процесса ЭАВ может быть задано с использованием моделей Нернста-Планка, Батлера-Вольмера, и макроскопического описания потока массы в ячейке ЭАВ.

Модель Нернста-Планка для описания диффузии и миграции ионов:

$$J = -D \cdot \frac{dC}{dx} - \mu \cdot z \cdot F \cdot C \cdot \frac{d\phi}{dx}$$

где  $J$  – плотность потока ионов;  $D$  – коэффициент диффузии;  $C$  – концентрация ионов;  $x$  – координата;  $\mu$  – подвижность ионов;  $z$  – заряд иона;  $F$  – постоянная Фарадея;  $\phi$  – электрический потенциал.

Модель Батлера-Вольмера для описания кинетики электродных реакций:

$$i = i_0 \cdot \left( \exp \left( \frac{\alpha \cdot F \cdot \eta}{RT} \right) - \exp \left( - \frac{(1-\alpha) \cdot F \cdot \eta}{RT} \right) \right)$$

где  $i$  – плотность тока,  $i_0$  – ток обмена,  $\alpha$  – коэффициент асимметрии,  $F$  – постоянная Фарадея,  $\eta$  – избыточное напряжение на электроде (разность между потенциалом электрода и потенциалом равновесия реакции),  $R$  – универсальная газовая постоянная,  $T$  – температура.

Макроскопическое описание потока массы в ячейке ЭАВ:

$$\frac{dC}{dt} = D \frac{d^2C}{dx^2} - v \frac{dC}{dx} - r(C, t)$$

Где  $\frac{dC}{dt}$  – скорость изменения концентрации  $C$  во времени  $t$ ;  $D$  – коэффициент диффузии;  $\frac{d^2C}{dx^2}$  – вторая производная концентрации по координате  $x$ , учитывающая диффузию;  $v$  – скорость потока, учитывающая конвекцию;  $\frac{dC}{dx}$  – градиент концентрации, учитывающий конвекцию;  $r(C, t)$  – скорость химической реакции в зависимости от концентрации  $C$  и времени  $t$ .

Одним из основных преимуществ использования ЭАВ является улучшение качества воды и повышение ее эффективности при полив, что позволяет снизить расход воды и удобрений, а также снизить риск заболеваний растений. Однако, существуют и некоторые недостатки, такие как высокие затраты на оборудование и электроэнергию, а также необходимость систематического обслуживания и контроля.

Технические средства автоматизации систем полива сегодня играют ключевую роль в развитии современного сельского хозяйства, повышении эффективности водопользования и оптимизации агротехнических процедур. Использование этих технологий позволяет улучшить условия выращивания растений, снизить потребление ресурсов и трудозатраты, а также повысить качество и количество урожая.

Автоматизированные системы полива опираются на комплексное использование программного обеспечения и аппаратных компонентов [1, 2]. Основой таких систем являются датчики влажности, температуры, pH и

питательных веществ в почве, которые обеспечивают сбор данных в реальном времени для мониторинга состояния почвы и потребностей растений. Анализируя полученные данные, центральный блок управления принимает решения о запуске полива, его продолжительности и интенсивности.

Система автоматического полива включает в себя насосы, клапаны, фильтры и капельницы или спринклеры. Насосы, работающие под управлением контроллера, обеспечивают подачу воды по запрограммированному графику. Клапаны направляют поток воды в нужные зоны полива. Фильтры предотвращают засорение системы твердыми частицами, а капельницы и спринклеры обеспечивают равномерное распределение воды по почве.

Среди преимуществ автоматизированной системы полива – точный контроль над водопотреблением, уменьшение объемов испаряемой воды, улучшение корневой системы растений за счет оптимальной влажности почвы и сокращение риска развития болезней. Эти системы также способствуют минимизации экологического влияния агрохозяйств за счет предотвращения переизбытка воды и улучшения использования удобрений.

На практике автоматизация полива может быть воплощена как в крупных аграрных холдингах, так и в частных подсобных хозяйствах. Малогабаритные системы капельного полива доступны для мелкосерийного производства и сюжетного садоводства, что позволяет увеличить доступность технологии.

Отдельное внимание заслуживают передовые методы ирригации, включающие применение ЭАВ – электрохимически активированной воды. Этот подход представляет собой экономно-эффективное решение для повышения качества полива, особенно в условиях ограниченного доступа к чистой воде.

Фундаментальным показателем для успешной автоматизации полива является программное обеспечение, способное интегрировать данные с различных сенсоров, предоставлять гибкие настройки полива и адаптироваться к меняющимся климатическим условиям. Разработка такого ПО представляет собой сложную ИТ задачу, требующую глубоких знаний как в области агрономии, так и в области программирования и кибернетики.

Таким образом, технические средства полива в тепличных комплексах с использованием электрохимически активированной воды представляют собой перспективное направление развития сельского хозяйства. Они позволяют совершенствовать процессы полива, повышать урожайность и качество

продукции, а также снижать нагрузку на окружающую среду. Однако, для успешной реализации таких систем необходимо учитывать как преимущества, так и недостатки данной технологии, а также применять современные средства автоматизации для эффективного управления

### Список литературы

1. Starikov, A. V. Automation of Combined Irrigation System Control in Greenhouses with Electrochemically Activated Water / A. V. Starikov, A. A. Gribanov, A. A. Starikova // International Ural Conference on Electrical Power Engineering : Proceedings - 2022 International Ural Conference on Electrical Power Engineering, UralCon 2022, Magnitogorsk, 23–25 сентября 2022 года. – Magnitogorsk: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2022. – P. 284-289. – DOI 10.1109/UralCon54942.2022.9906670.
2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023660385 Российская Федерация. Программа для конфигурации технологических режимов автоматизированной теплицы : № 2023619875 : заявл. 19.05.2023 : опубл. 19.05.2023 / А. В. Стариков, А. А. Старикова ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова".
3. Стариков, А. В. Конфигуратор технологических режимов автоматизированной теплицы: функциональность и особенности реализации / А. В. Стариков, А. А. Старикова // Современный лесной комплекс страны: проблемы и тренды развития : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 07 октября 2022 года / Отв. редактор А.А. Платонов. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2022. – С. 224-232. – DOI 10.58168/MFCCPTD2022\_224-232.

### References

1. Starikov, A. V. Automation of Combined Irrigation System Control in Greenhouses with Electrochemically Activated Water / A. V. Starikov, A. A. Gribanov, A. A. Starikova // International Ural Conference on Electrical Power Engineering : Proceedings - 2022 International Ural Conference on

Electrical Power Engineering, UralCon 2022, Magnitogorsk, 23–25 сентября 2022 года. – Magnitogorsk: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2022. – P. 284-289. – DOI 10.1109/UralCon54942.2022.9906670.

2. Certificate of state registration of computer program No. 2023660385 Russian Federation. Program for configuration of technological modes of automated greenhouse : № 2023619875 : applied. 19.05.2023 : published on 19.05.2023 / A. V. Starikov, A. A. Starikova ; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Voronezh State Forest Engineering University named after G.F. Morozov".
3. Starikov, A. V. Configurator of technological modes of the automated greenhouse: functionality and features of implementation / A. V. Starikov, A. A. Starikova // Modern forestry complex of the country: problems and trends of development : Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference, Voronezh, October 07, 2022 / Editor-in-Chief A. A. Platonov. - Voronezh: Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozov. G.F. Morozov, 2022. - С. 224-232. - DOI 10.58168/MFCCPTD2022\_224-232.