

## ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 635.1/8:628.166

DOI: 10.26897/2687-1149-2023-2-63-68



## Параметры режима работы электроактиватора для дезинфекции и роста овощных растений

**Владимир Федорович Сторчевой** <sup>✉</sup>, д-р техн. наук, профессор

v.storchevoy@rgau-msha.ru <sup>✉</sup>; <https://orcid.org/0000-0002-6929-3919>

**Дмитрий Александрович Гуров**, магистр

dim\_ok7@mail.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

**Аннотация.** Активированные растворы (католит и анолит) применяются для дезинфекции и роста овощных растений. Для полива овощных растений католитом и дезинфекции анолитом спроектирован однофазный электроактиватор проточного типа, состоящий из двух симметричных камер – катодной и анодной. Производительность каждой камеры – 25 л/ч. При номинальном режиме работы электроактиватора изменение водородного показателя используемой воды составляет 3,5. Для данных условий определены конструктивный параметр, расстояние между электродами, сопротивление электроактиватора, приращение температуры в катодной камере, потребляемые электроактиватором ток и мощность. С помощью трехфакторного эксперимента определены критерии оптимизации: мощность электроактиватора, его производительность и цикл работы. Полученные уравнения регрессии адекватно описывают процесс активации жидкости в электроактиваторе и определяют эффективные режимы его работы. Экспериментально установлено, что эффективность процесса электроактивации воды определяется величиной изменения водородного показателя активируемого раствора, потерей напряжения в камере электроактиватора и плотностью тока, обусловленных мощностью, производительностью и циклом работы активатора.

**Ключевые слова:** электроактиватор, активированные растворы, католит, анолит, обработка и дезинфекция, параметры режима работы электроактиватора

**Благодарности.** Исследования «Разработка и исследование комбинированной электроактивированной установки для дезинфекции и роста овощных растений» выполнено при финансовой поддержке внутриуниверситетского конкурса «Аспирантский научный контракт» программы развития Университета в соответствии с программой стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».

**Формат цитирования:** Сторчевой В.Ф., Гуров Д.А. Параметры режима работы электроактиватора для дезинфекции и роста овощных растений // *Агроинженерия*. 2023. Т. 25, № 2. С. 63–68. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-2-63-68>.

© Сторчевой В.Ф., Гуров Д.А. 2023

## ORIGINAL ARTICLE

## Parameters of the operation mode of the electric activator for disinfection and growth support of vegetable plants

**Vladimir F. Storchevoy** <sup>✉</sup>, DSc (Eng), Professor

v.storchevoy@rgau-msha.ru <sup>✉</sup>; <https://orcid.org/0000-0002-6929-3919>

**Dmitriy A. Gurov**, MSc (Eng)

dim\_ok7@mail.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation

**Abstract.** Activated solutions (catholyte and anolyte) are used for disinfection and growth of vegetable plants. To water vegetable plants with catholyte and disinfect them with anolyte, the authors have designed a single-phase flow-through electric activator consisting of two symmetrical chambers – that of a cathode and an anode type. The capacity of each chamber is 25 l/h. At the rated operating mode of the electric activator the change in the hydrogen index of water consumed is 3.5. The authors have determined design parameters, electrode spacing, electrode resistance, temperature increment in the cathode chamber, current and power consumed by the electric activator for these conditions. Using a three-factor experiment, they have determined optimization criteria: electric activator capacity, its productivity, and operating cycle. The obtained regression equations adequately describe the process of liquid activation in the electric activator and determine the effective modes of its operation. It has been experimentally established that efficiency of water electro-activation process is determined by the value

of change in hydrogen index of the activated solution, loss of voltage in the electric activator chamber, and current density determined by the capacity, productivity, and operating cycle of the electric activator.

**Key words:** electric activator, activated solutions, catholyte, anolyte, treatment and disinfection, operating mode parameters of the electric activator

**Acknowledgements.** The research “Development and research of combined electro-activator for disinfection and growth of vegetable plants” was performed with the financial support of intra-university competition “Post-graduate research contract” of University development programme according to “Priority 2030” strategic academic leadership programme.

**For citation:** Storchevoy V.F., Gurov D.A. Parameters of the operation mode of the electric activator for disinfection and growth support of vegetable plants. Agricultural Engineering (Moscow), 2023;25(2):63-68. (In Rus.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-2-63-68>

**Введение.** Методы электроактивации жидкости или раствора и электрофизические методы (воздействие электрическими, магнитными полями, озонирование и др.) экологически безопасны и востребованы в растениеводстве для стимулирования роста и развития растений.

Применение озонированных растворов позволяет увеличить урожайность и улучшить здоровье растений. Озон – сильный окислитель, эффективен в борьбе с бактериями, грибами, плесенью, вирусами и простейшими микроорганизмами<sup>1</sup> [1]. Озон очищает раствор, причем не требуются ни расходные реагенты, ни дополнительные работы. При обработке раствора озоном в нем не образуются вредные примеси, не изменяются уровень рН и минеральный состав. Системы озонирования обычно увеличивают содержание растворенного кислорода в растворе на 30...45% [2, 3]. Озонированные растворы используются для систем полива благодаря их эффективности, простоте, невысокой стоимости и безопасности, но ввиду своей сильной окислительной способности озон может стать причиной порчи растений и коррозии.

Технология электроактивации позволяет изменять уровень рН растворов удобрений без использования химических реагентов. Например, полив салата раствором католита существенно влияет на продуктивность его роста, а также оказывает благоприятное влияние на биохимический состав растений [4].

Полив электроактивированной водой (католитом и анолитом) способствует росту и развитию растений зеленных культур. По сравнению с водопроводной водой полив раствором католита приводит к приросту зеленой массы зеленных культур на 34%, а раствор анолита – на 29% [5].

Активированные растворы оказывают стимулирующее и антистрессовое воздействие на растения. ЭХА-раствор активизирует ростовые процессы, индуцирует устойчивость к вредителям и болезням и обеспечивает получение стабильного урожая [6, 7]. Активированные растворы имеют ряд неоспоримых достоинств: это экологичность, простота и экономичность.

**Цель исследований:** определение основных параметров и режимов работы электроактиваторной

установки (получение католита и анолита) для дезинфекции и роста овощных растений.

**Материалы и методы.** Обоснование технологических параметров электроактиваторной установки и оптимальных режимов её работы описываются уравнениями регрессии, полученными при проведении регрессионного анализа. Уравнения описывают связь критериев, влияющих на процесс активации жидкости (варьируемые параметры технологического процесса), с критериями оптимизации и оценки эффективности процесса, а именно воздействие постоянного тока на жидкость, проходящую через электроактиватор. Определение рациональных режимов работы однофазного проточного электроактиватора для дезинфекции и роста овощных растений осуществлялось с помощью программы STATISTICA V10.

**Результаты и их обсуждение.** Для полива овощных растений католитом и дезинфекции анолитом спроектирован однофазный электроактиватор проточного типа, состоящий из двух симметричных камер – катодной и анодной. Производительность каждой камеры составляет 25 л/ч. Диафрагма электроактиватора находится между камерами, разделяя их по всей длине, и представляет собой прочную бельтинговую ткань. При номинальном режиме работы электроактиватора изменение водородного показателя  $\Delta pH$  составляет 3,5. Принципиальная схема получения анолита и католита для дезинфекции и роста овощных растений представлена на рисунке 1.

Параметры электроактиватора рассчитывались исходя из производительности камеры:  $Q_{\text{кам}} = 25$  л/ч.

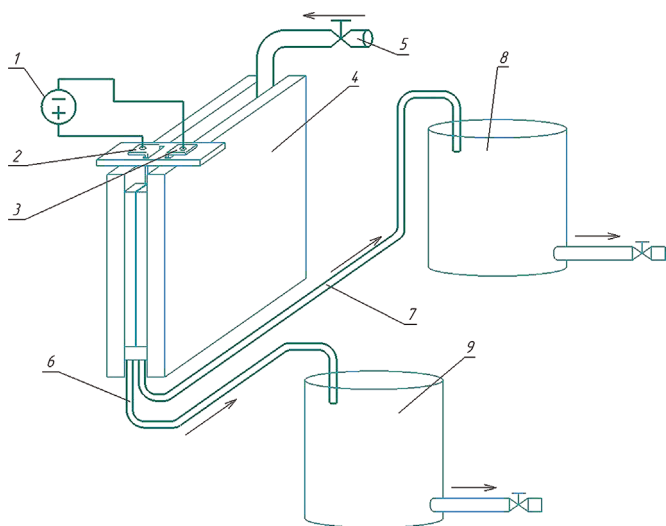
Мощность, потребляемая одной камерой [3], –

$$P_{\text{кам}} = Q_{\text{кам}} \cdot \rho_{\text{ж}} \cdot d' \cdot \Delta pH, \quad (1)$$

где  $d'$  – удельная энергоёмкость жидкости для изменения концентрации ионов с учетом КПД активатора (согласно опытам Оськина при КПД активатора  $\eta = 0,98$  принято значение  $d' = 10,1$  кДж/кг [3]);  $\rho_{\text{ж}}$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;  $\Delta pH$  – изменение водородного показателя.

Ввиду того, что конструкция электроактиватора представляет собой две симметричные камеры, разделенные диафрагмой, принимаем мощности этих камер одинаковыми (по 0,25 кВт). Мощность, выделяемую в диафрагме, тоже принимаем равной 0,25 кВт. Тогда итоговая мощность, потребляемая активатором, будет равна 0,75 кВт.

<sup>1</sup> Storchevoy V.F. Ионизация и озонирование воздушной среды: Монография. М.: МГУП, 2003. 169 с.



**Рис. 1. Принципиальная схема получения анолита и католита для дезинфекции и роста овощных растений:**

- 1 – источник постоянного тока; 2 – анод; 3 – катод;
- 4 – электроактиваторная установка; 5 – подача воды;
- 6 – патрубок для выхода анолита; 7 – патрубок для выхода католита;
- 8 – емкость с католитом; 9 – емкость с анолитом

**Fig. 1. Schematic diagram of producing anolyte and catholyte for the disinfection and growth of vegetable plants:**

- 1 – direct current source; 2 – anode; 3 – cathode; 4 – electric activator;
- 5 – water supply; 6 – outlet pipe for anolyte; 7 – outlet pipe for catholyte;
- 8 – tank with catholyte; 9 – tank with anolyte

Для расчета мощности камеры необходимо знать pH используемой воды. Водородный показатель водопроводной воды и воды из артезианских источников колеблется в интервале 7...8, в среднем – 7,5. Для стимулирования роста и дезинфекции овощных растений было решено обрабатывать их католитом pH = 11 и анолитом pH = 4. В таком случае значение изменения водородного показателя ΔpH, которое должен обеспечивать проектируемый электроактиватор, равно 3,5.

Мощность, потребляемая одной камерой активатора, –

$$P_{\text{кам}} = Q_{\text{кам}} \cdot \rho_{\text{ж}} \cdot d' \cdot \Delta p\text{H} = \frac{0,025 \cdot 1000 \cdot 10,1 \cdot 3,5}{3600} = 0,25 \text{ кВт.}$$

Определить конструкцию электроактиватора с требуемыми параметрами расхода воды Q и изменения водородного показателя используемой воды ΔpH можно с помощью конструктивного параметра. Для этого необходимо задать напряжение на электроактиваторе. Для подключения к однофазной сети (до выпрямления напряжение – 220 В) падение напряжения на камерах и диафрагме принимаем как U = 60 В.

Конструктивный параметр определяется по формуле:

$$K = \frac{U_{\text{кам}}^2}{\rho_{\text{см}} \cdot Q_{\text{кам}} \cdot D_{\text{ж}} \cdot \Delta p\text{H}}, \quad (2)$$

где ρ<sub>см</sub> – удельное сопротивление смеси вода-водород, Ом·см (при температуре 20°C ρ<sub>см</sub> = 1600 Ом·см); D<sub>ж</sub> – параметр жидкости, связанный с ее плотностью и способностью к активации [8, 9].

$$K = \frac{60^2 \cdot 3600}{1600 \cdot 0,025 \cdot 10100 \cdot 3,5} = 9,165 \text{ см}^{-1}.$$

Поскольку катодная и анодная камеры одинаковы, следовательно, их конструктивные параметры тоже одинаковы.

Определим активную площадь электродов:

$$l = S_{\text{акт}} \cdot K, \quad (3)$$

где S<sub>акт</sub> – активная площадь электродов, м<sup>2</sup>; l – расстояние между электродами и диафрагмой.

Принимаем расстояние между электродами и диафрагмой как l = 4 см.

Тогда 
$$S_{\text{акт}} = \frac{4}{91,65} = 0,0436 \text{ м}^2.$$

Определим расстояние между электродами l<sub>м.эл</sub>:

$$l_{\text{м.эл}} = 1 \cdot 2 + l_{\text{д}} = 0,04 \cdot 2 + 0,002 = 0,082 \text{ м}, \quad (4)$$

где l<sub>д</sub> – толщина диафрагмы l<sub>д</sub> = 0,002 м.

Воспользуемся формулой для определения температуры воды на выходе электроактиватора:

$$\Delta t = \frac{P}{Q \cdot \rho_{\text{ж}} \cdot c}. \quad (5)$$

В нашем случае приращение температуры в катодной камере составит

$$\Delta t_{\text{к}} = \frac{P_{\text{кам}}}{Q_{\text{к}} \cdot \rho_{\text{ж}} \cdot c} = \frac{0,25 \cdot 3600}{0,025 \cdot 1000 \cdot 4,19} = 8,6^\circ\text{C},$$

где c – удельная теплоемкость воды, 4,19 кДж/кг·°C.

Принимаем Δt<sub>к</sub> = 8,6.

Сопротивление камеры определяется по формуле:

$$R_{\text{кам}} = \rho_t \frac{l}{S_{\text{акт}}} = \frac{40 \cdot \rho_{20}}{25,6 + 20} \cdot \frac{4}{436} = \frac{40 \cdot 1600}{45,6} \cdot \frac{4}{436} = 12,91 \text{ Ом}, \quad (6)$$

где ρ<sub>t</sub> – удельное сопротивление воды, Ом·см; ρ<sub>20</sub> – удельное сопротивление воды при 20°C, Ом·см.

Газообразование осуществляется только на электродах, следовательно, удельное сопротивление жидкости принимаем без учета газообразования.

Сопротивление диафрагмы определяется по формуле:

$$R_{\text{д}} = \rho_t \frac{l_{\text{д}}}{S_{\text{акт}} \cdot \alpha_{\text{д}}} = \frac{40 \cdot \rho_{20}}{25,6 + 20} \cdot \frac{0,2}{436 \cdot 0,666} = \frac{40 \cdot 1600}{45,6} \cdot \frac{0,2}{436 \cdot 0,666} = 0,97 \text{ Ом}.$$

Общее сопротивление электроактиватора –

$$R_{\text{общ}} = R_{\text{к}} + R_{\text{д}} + R_{\text{а}} = 12,91 + 0,97 + 12,91 = 26,79 \text{ Ом}. \quad (7)$$

Определив сопротивление катодной камеры и величину подаваемого на нее напряжения, рассчитаем потребляемый электроактиватором ток:

$$I = \frac{U_{\text{кам}}}{R_{\text{кам}}} = \frac{60}{12,91} = 4,64 \text{ А}. \quad (8)$$

Потребляемая мощность одной камеры электроактиватора будет равна

$$P_k = U_k \cdot I = 60 \cdot 4,64 = 0,28 \text{ кВт.} \quad (9)$$

Оптимальные параметры режима работы электроактиватора определялись с помощью матрицы планирования трехфакторного эксперимента типа 2<sup>3</sup>. Критериями оптимизации, влияющими на процесс активации воды, являлись мощность электроактиватора P (χ<sub>1</sub>), его производительность Q (χ<sub>2</sub>) и цикл работы активатора (χ<sub>3</sub>).

Эффективность процесса электроактивации воды определялась величиной изменения водородного показателя активируемого раствора (Y<sub>1</sub>) потерей напряжения U в камере электроактиватора (Y<sub>2</sub>); плотностью тока J, (Y<sub>3</sub>) (табл. 1).

После статистической обработки экспериментальных данных и регрессионного анализа по каждому критерию

оптимизации получены уравнения множественной линейной регрессии. Данные уравнения адекватно описывают процесс активации жидкости в электроактиваторной установке и определяют эффективные режимы работы электроактиватора.

Графики поверхностей для Y<sub>1</sub>, χ<sub>1</sub> и χ<sub>2</sub> представлены на рисунке 2; для Y<sub>2</sub>, χ<sub>1</sub> и χ<sub>2</sub> – на рисунке 3.

Для более подробного исследования режимов работы электроактиваторной установки введем переменную «Цикл» – величину, характеризующую изменение режима работы установки с момента начала работы до забивания диафрагмы (засорения активатора солями, выпавшими в осадок), выраженную в относительных единицах (табл. 2). Графики поверхностей для Y<sub>1</sub>, χ<sub>1</sub> и χ<sub>3</sub> представлены на рисунке 4; для Y<sub>2</sub>, χ<sub>1</sub> и χ<sub>3</sub> – на рисунке 5; для Y<sub>3</sub>, χ<sub>1</sub> и χ<sub>3</sub> – на рисунке 6 [8].

Таблица 1

Матрица трехфакторного эксперимента оптимизации параметров режима работы проектируемого однофазного электроактиватора

Table 1

Matrix of three-factor experiment for optimizing the operation mode parameters of the designed single-phase electro-activator

№ п/п	Варьируемые параметры / Varying parameters		Критерии оптимизации (отклик) / Optimization criteria (response)	
	Мощность одной камеры, P <sub>кам</sub> , Вт Power output of one chamber, P <sub>кам</sub> , W χ <sub>1</sub>	Производительность одной камеры, Q <sub>кам</sub> , л/ч Performance rate of one chamber, Q <sub>кам</sub> , l/h χ <sub>2</sub>	Изменение водородного показателя, ΔрН Change of hydrogen ion exponent, ΔрН Y <sub>1</sub>	Падение напряжения в одной камере, U <sub>кам</sub> , В Voltage drop in one chamber, U <sub>кам</sub> , V Y <sub>2</sub>
1	150	15	3,56	43,75
2	150	25	2,14	45,50
3	150	35	1,53	46,30
4	250	15	5,94	53,24
5	250	25	3,56	56,48
6	250	35	2,55	58,07
7	350	15	8,32	59,75
8	350	25	5,00	64,45
9	350	35	3,56	66,83

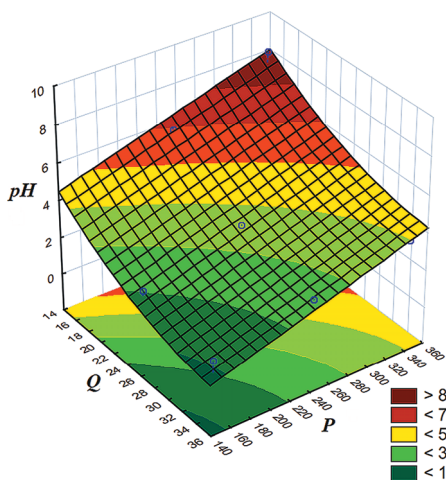


Рис. 2. Трехфакторная модель изменения водородного показателя в электроактиваторе  
Fig. 2. Three-factor model of hydrogen ion exponent change in the electric activator

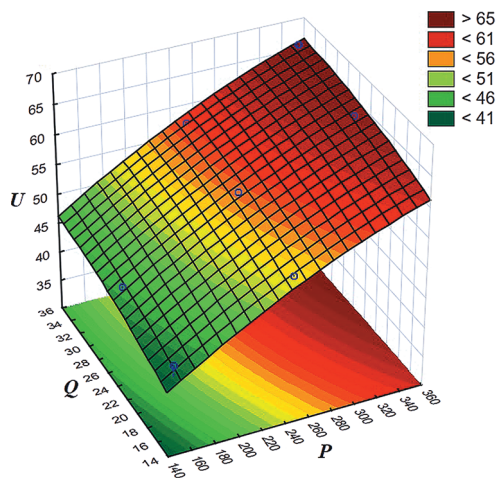


Рис. 3. Трехфакторная модель изменения падения напряжения в одной камере электроактиватора  
Fig. 3. Three-factor model of the voltage drop change in one chamber of the electric activator

Таблица 2

Матрица трехфакторного эксперимента оптимизации параметров режима работы проектируемого однофазного электроактиватора

Table 2

Three-factor experiment matrix for optimizing the operation mode parameters of the designed single-chamber electric activator

№ п/п	Варьируемые параметры / Varying parameters		Критерии оптимизации (отклик) / Optimization criteria (response)		
	Мощность, выделяемая в одной камере, $P_{\text{кам}}, \text{Вт}$ <i>Power output in one chamber; <math>P_{\text{кам}}, W</math></i>	Цикл работы электроактиватора, цикл <i>Operation cycle of the electric activator, cycle</i>	Изменение водородного показателя, $\Delta pH$ <i>Change in the hydrogen ion exponent, <math>\Delta pH</math></i>	Падение напряжения в одной камере, $U_{\text{кам}}, \text{В}$ <i>Voltage drop in one chamber <math>U_{\text{кам}}, B</math></i>	Плотность тока, $\text{А}/\text{см}^2 \cdot 10^3$ <i>Current density, <math>J, \text{A} / \text{cm}^2 \cdot 10^3</math></i>
	$X_1$	$X_2$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$
1	150	1	2,14	45,50	9,10
2	150	2	1,97	47,43	8,34
3	150	3	1,48	54,77	6,30
4	250	1	3,56	56,48	12,20
5	250	2	2,67	65,19	9,10
6	250	3	1,82	79,00	6,20
7	350	1	5,00	64,45	14,90
8	350	2	2,96	83,67	8,86
9	350	3	1,85	105,83	5,50

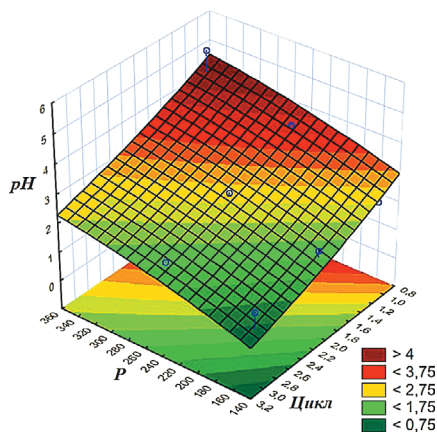


Рис. 4. Трехфакторная модель изменения водородного показателя в электроактиваторе производительностью 25 л/ч

Fig. 4. Three-factor model of the hydrogen index change in the 25 l/h electric activator

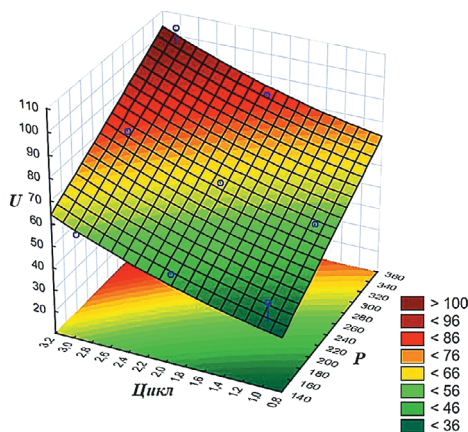


Рис. 5. Трехфакторная модель изменения падения напряжения в одной камере электроактиватора производительностью 25 л/ч

Fig. 5. Three-factor model for the voltage drop change in one chamber of the 25 l/h electric activator

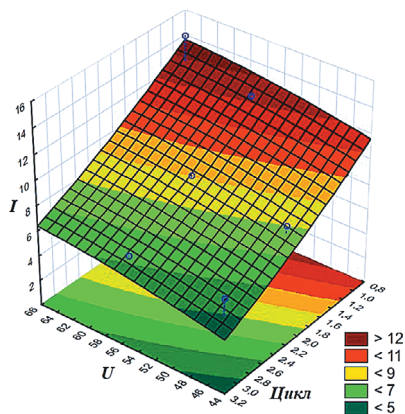


Рис. 6. Трехфакторная модель изменения плотности тока в электроактиваторе производительностью 25 л/ч

Fig. 6. Three-factor model for the current density change in the 25 l/h electric activator

Проанализировав данные многофакторного эксперимента, по каждому критерию оптимизации получили уравнения регрессии:

$$Z_1 = 4,2386 - 0,1697Q + 0,0161P;$$

$$Z_2 = 25,79 + 0,0925P + 0,241Q;$$

$$Z_3 = 2,677 - 0,925Ц + 0,007P;$$

$$Z_4 = -1,736 + 0,177P + 12,195Ц;$$

$$Z_5 = 9,579 - 3,033Ц - 0,098P.$$

Полученные уравнения позволяют определить рациональные режимы активации жидкости:

– изменение водородного показателя от подаваемой мощности  $P$  и производительности активатора  $Q$

$$\Delta pH = 4,2386 - 0,1697Q + 0,0161P$$

– падение напряжения от мощности  $P$  и производительности  $Q$

$$U = 25,79 + 0,0925P + 0,241Q$$

– изменение водородного показателя от цикла и подаваемой мощности  $P$

$$\Delta pH = 2,677 - 0,925Ц + 0,007P$$

– падение напряжения от цикла и подаваемой мощности  $P$

$$U = -1,736 + 0,177P + 12,195Ц$$

– плотность тока от цикла и подаваемого напряжения

$$J = 9,579 - 3,033Ц - 0,098P$$

#### Список использованных источников

1. Бородин И.Ф., Сторчевой В.Ф. Совершенствование прединкубационной обработки куриных яиц // Техника в сельском хозяйстве. 2002. № 2. С. 32-33.
2. Барабаш В.И. Применение озонированной воды для полива растений // Colloquium-Journal. 2021. № 4-1 (91). С. 33-34.
3. Шилов Г.Ю. Современные методы дезинфекции салатных культур, овощей и фруктов // Пищевая промышленность. 2013. № 8. С. 13-17.
4. Нугманов С.С., Иралиева Ю.С., Гриднева Т.С. Влияние электроактивированной воды при поливе на состав и продуктивность листового салата // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 4. С. 32-35.
5. Судаченко В.Н., Мишанов А.П. Эффективность использования активированной воды для полива и минеральной подкормки растений в теплице // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2003. № 73. С. 106-110.
6. Белицкая М.Н., Нефедьева Е.Э., Шайхиев И.Г. Электроактивированная вода: возможности использования в растениеводстве // Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 24 (17). С. 124-128.
7. Белоухов С.Л., Дмитриевская И.И., Прохоров И.С., Сторчевой В.Ф. Активированные защитно-стимулирующие комплексы для обработки семян льна-долгунца // Научная жизнь. 2016. № 2. С. 75-83.
8. Гуров Д.А., Сторчевой В.Ф. Определение основных параметров работы электроактиватора для обработки грубых кормов // Безопасность и качество сельскохозяйственного сырья и продовольствия: Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. 2020. С. 563-568.
9. Оськин А.С. Технические средства повышения эксплуатационных показателей электроактиваторных установок для приготовления консерванта при силосовании кукурузы: Дис. ... канд. техн. наук. Краснодар: КубГАУ, 2012. 134 с.

В.Ф. Сторчевой, Д.А. Гуров имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 01.01.2023; поступила после рецензирования и доработки 20.03.2023; принята к публикации 21.03.2023

#### Выводы

Для электроактиваторной установки производительностью 25 л в час, предназначенной для получения анолита и католита с определенными значениями pH для дезинфекции и роста овощных растений, эффективные режимы активации жидкости определяются величиной изменения водородного показателя активируемого раствора, потерей напряжения в камере электроактиватора и плотностью тока, обусловленных мощностью, производительностью и циклом работы активатора.

#### References

1. Borodin I.F., Storchevov V.F. Improvement of pre-hatching treatment of chicken eggs. *Tekhnika v selskom khozyaystve*. 2002;2:32-33. (In Rus.)
2. Barabash V.I. Application of ozonated water used for watering plants. *Colloquium-Journal*. 2021;4-1 (91):33-34. (In Rus.)
3. Shilov G.Y. Modern methods of the disinfection of salad crops, vegetables, and fruits. *Food Industry*. 2013;8:13-17. (In Rus.)
4. Nugmanov S.S., Iralieva Y.S., Gridneva T.S. Effect of electro-activated water used for irrigation on the composition and productivity of leaf lettuce. *Bulletin Samara State Agricultural Academy*. 2016;4:32-35. (In Rus.)
5. Sudachenko V.N., Mishanov A.P. Effectiveness of using activated water for irrigation and mineral feeding of plants in a greenhouse. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rastenievodstva i zhivotnovodstva*. 2003;73:106-110. (In Rus.)
6. Belitskaya M.N., Nefedyeva E.E., Shaikhiyev I.G. Electro-activated water: ways to use it in crop production. *Herald of Technological University*. 2014;24 (17):124-128. (In Rus.)
7. Belopukhov S.L., Dmitrevskaya I.I., Prokhorov I.S., Storchevov V.F. Activated protective and stimulating complexes for treatment of fiber flax seeds. *Nauchnaya zhizn' = Scientific Life*. 2016;2:75-83. (In Rus.)
8. Gurov D.A., Storchevov V.F. Determination of the basic parameters of the electric activator for roughage processing. *Bezopasnost i kachestvo selskokhozyaystvennogo syrya i prodovolstviya: Sbornik statey Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. 2020:563-568. (In Rus.)
9. Oskin A.S. Technical means to improve the operational performance of an electric activator for preservative preparation during maize ensiling: CSc (Eng) thesis. Krasnodar: KubGAU, 2012. 134 p. (In Rus.)

V.F. Storchevov, D.A. Gurov have copyright on the article and are responsible for plagiarism.

#### Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

Received 01.01.2023; revised 20.03.2023; accepted 21.03.2023